

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**DINÁMICA DEL NITRÓGENO TOTAL EN EL SUELO ANTES Y  
DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN EN PLANTACIONES DE *Pinus patula*  
SCHIEDE ex. SHTDL. & CHAM. EN CAJAMARCA.**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTION AMBIENTAL**

Presentado por:

**RODOLFO BRYAN QUISPE**

Asesor:

**M.Sc. WALTER RONCAL BRIONES**


Cajamarca, Perú

2024

### CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
Rodolfo Bryan Quispe Soriano  
DNI: 47386122  
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.  
Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Gestión ambiental
2. Asesor: M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones
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:  
Dinámica del Nitrógeno total en el suelo antes y después de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex. Schtdl. & Cham. en Cajamarca.
6. Fecha de evaluación **28/11/2024**
7. Software antiplagio:                       TURNITIN                       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **8%**
9. Código Documento: **3117:410328762**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 **APROBADO**                       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **11/12/2024**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones</b> <b>DNI: 26632728</b>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT ©2024 by  
**RODOLFO BRYAN QUISPE SORIANO**  
Todos los derechos reservados



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 17:05 horas, del día 22 de agosto del dos mil veinticuatro, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. AUGUSTO HUGO MOSQUEIRA ESTRAYER**, **Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ**, **M. Sc. LUIS DÁVILA ESTELA** y en calidad de Asesor el **M. Sc. WALTER RICARDO RONCAL BRIONES**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **DINÁMICA DEL NITRÓGENO TOTAL EN EL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN EN PLANTACIONES DE *Pinus patula* SCHIEDE ex. SHTDL. & CHAM. EN CAJAMARCA**, presentada por el **Bachiller en Ciencias Forestales RODOLFO BRYAN QUISPE SORIANO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobado con la calificación de dieciséis (16) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ciencias Forestales, RODOLFO BRYAN QUISPE SORIANO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las 18:10 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones**  
Asesor

.....  
**Dr. Augusto Hugo Mosqueira Estrayer**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. Sc. Luis Dávila Estela**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A mis padres Rodolfo y Elena,  
quienes me dieron la vida y por su apoyo incondicional.

A mis hermanos, quienes me motivaron  
e impulsaron a lo largo de la maestría.

A mis amigos, por su amistad incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Cooperativa Agraria “Atahualpa Jerusalén” a la persona de Alejandro Quispe Chilón, por haberme permitido ejecutar mi investigación dentro de las plantaciones forestales.

Al Ing. Jaime Malimba Ishpilco, quien de una u otra forma, han incidido en el desarrollo de esta investigación, y fueron quien de posiciones teorías y no teóricas, me han permitido profundizar mis conocimientos.

Al Ing. M.Sc. Walter Roncal Briones, por aceptar y dirigir este trabajo de tesis, quien además de brindarme su amistad y asesoría incondicional, me alentó a seguir en esta línea de investigación.

A quienes posiblemente sigan en esta línea de investigación, les auguro un camino lleno de satisfacción por cuanto encontraran otra forma de entender la importancia que tienen la forestación y reforestación para la conservación de suelos.

El autor

## ÍNDICE

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1 . ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	3
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	4
2.2. <i>Bases teóricas</i> .....	5
2.2.1. Clasificación taxonómica del <i>Pinus patula</i> .....	5
2.2.1.1. Generalidades .....	5
2.2.1.2. Descripción botánica .....	6
2.2.1.3. Ecología.....	7
a) Requerimientos Ambientales.....	7
2.2.2. Nitrógeno.....	8
2.2.3. Formas del Nitrógeno en el suelo .....	8
2.2.3.1. Nitrógeno orgánico .....	9
2.2.3.2. Nitrógeno inorgánico .....	9
2.2.3.3. Función del nitrógeno.....	10

2.2.4. Mineralización del Nitrógeno.....	10
2.2.5. Factores que influyen sobre la mineralización y la nitrificación del Nitrógeno del suelo.....	14
2.2.5.1. pH.....	14
2.2.6. Nitrificación.....	15
2.2.7. Factores que inciden en pérdidas del nitrógeno.....	15
2.2.7.1 Inmovilización.....	15
2.2.7.2. Volatilización.....	16
2.2.7.3. Desnitrificación.....	17
2.2.7.4. Lixiviación.....	18
2.2.8. Relación carbono/nitrógeno.....	19
2.2.9. Causas de la extracción forestal .....	19
a) Compactación del suelo.....	19
b) Erosión del suelo .....	20
c) Contenido en materia orgánica .....	20
2.3. <i>Definición de términos básicos</i> .....	21
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1. ACCESIBILIDAD.....	23
3.1.2. HIDROGRAFÍA.....	23
3.1.3. SUELOS.....	25
3.1.4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	25
3.1.5. VEGETACIÓN FORESTAL.....	26



3.2.	MATERIALES .....	26
3.2.1	<i>Material Biológico:</i> .....	26
3.2.2	<i>Herramientas y equipos de Campo</i> .....	26
3.2.3	<i>Materiales y equipos de laboratorio:</i> .....	26
3.2.4	<i>Materiales de gabinete</i> .....	27
3.3.	METODOLOGÍA .....	27
3.3.1	TRABAJO DE CAMPO.....	27
A.	SELECCIÓN DE ZONA DE MUESTREO.....	27
B.	REGISTROS DE DATOS DE LA ZONA.....	27
C.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	28
D.	Población.....	28
E.	Muestra.....	28
F.	Unidad de observación.....	28
G.	Registros de datos de la especie en estudio.....	28
H.	Toma de muestras de suelo.....	28
I.	Trasporte de la muestra de suelo.....	29
J.	Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.3.2.	TRABAJO DE LABORATORIO .....	31
3.3.3.	TRABAJO EN GABINETE.....	32
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>33</b>
4.1.	PORCENTAJE DE NITRÓGENO TOTAL EN EL SUELO .....	33
4.2.	RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO.....	39
4.3.	Determinación del aumento o disminución del fosforo y potasio en el suelo .....	45

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO VII. ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación taxonómica del <i>Pinus patula</i> Scheide ex Schl Tdl y Cham .....	5
Tabla 2. Análisis descriptivo del porcentaje de nitrógeno total al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción .....	34
Tabla 3. Análisis descriptivo del pH al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción .....	36
Tabla 4. Análisis descriptivo de la materia orgánica al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	38
Tabla 5. Análisis descriptivo de la relación Carbono/Nitrógeno al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción. ....	42
Tabla 6. Análisis descriptivo del carbono orgánico al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	44
Tabla 7. Valores totales de las propiedades físicas y químicas del suelo (15cm) en el área de estudio.....	45
Tabla 8. Análisis descriptivo del fósforo al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción...	46
Tabla 9. Análisis descriptivo del potasio al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio .....	24
Figura 2. Precipitación, temperatura máxima y mínima de Granja Porcón- Cajamarca .....	25
Figura 3. Mapa de ubicación de las muestras.....	30
Figura 4. Nitrógeno total en un suelo con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	34
Figura 5. pH con y sin plantación (inicio, 3 meses y 6 meses) después de la extracción .....	36
Figura 6. Materia orgánica con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción .....	38
Figura 7. Relación C/N con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	41
Figura 8. Carbono orgánico con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	43
Figura 9. Fósforo con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.....	46
Figura 10. Potasio con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción. .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Ficha de evaluación de 20 individuos de <i>Pinus patula</i> schlect. Et cham en Granja Porcón – Cajamarca .....	60
Anexo 2. Rótulo de toma de muestras.....	61
Anexo 3. Resultados de los análisis de suelos.....	62
Anexo 4. Panel fotográfico del trabajo.....	65

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>AC</b>	Altura comercial
<b>AT</b>	Altura Total
<b>CAT</b>	Cooperativa Agraria de Trabajadores
<b>C/N</b>	Relación Carbono – Nitrógeno
<b>C-min</b>	Carbono mineralizado
<b>DAC</b>	Diámetro de copa
<b>DAP</b>	Diámetro a la altura de pecho
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico del Perú
<b>NT</b>	Nitrógeno total
<b>NH<sub>4</sub></b>	Amonio
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoníaco
<b>N – min</b>	Nitrógeno mineralizado
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrógeno
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrato
<b>NPD</b>	Nitrógeno potencialmente disponible
<b>VM</b>	Volumen maderable

## RESUMEN

El presente estudio, se realizó en las plantaciones de *Pinus patula* ubicadas a una altitud de 3250 msnm, en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y Departamento de Cajamarca, con el objetivo de determinar el porcentaje de Nitrógeno antes y después de la extracción forestal. La unidad de estudio han sido rodales de *Pinus patula* de Granja Porcón y para ello se evaluó durante 6 meses el Nitrógeno total y la pérdida de fosforo y potasio en el suelo entre diciembre del 2022 a junio del 2023. Los resultados obtenidos indican que el Nitrógeno total en el suelo no disminuyo, obteniéndose al inicio de 0,47% de nitrógeno, y después de la extracción forestal 0,60% de nitrógeno, esto debido a que el grado de mineralización del nitrógeno en el suelo después de la extracción forestal es bajo, a causa de que el nitrógeno en el suelo se mineraliza mucho más rápido cuando existe dosel arbóreo, debido a que la acumulación de materia orgánica en el suelo (hojarasca). Se observó también que existe un aumento en la relación C/N al final de la evaluación (19.00), lo que indicó que el proceso de descomposición de la materia orgánica fue mucho más lenta al inicio de la evaluación en comparación a los 3 y 6 meses siguientes. Finalmente, se observó que para el fosforo y el potasio, los valores obtenidos no fueron significativamente diferentes entre el suelo con plantación forestal y después de la extracción forestal, determinándose que no existe una pérdida significativa de nutrientes.

Palabras claves: Mineralización del nitrógeno, macronutrientes, *Pinus patula*, plantación forestal, degradación de suelos.

## ABSTRACT

The present study was carried out in the plantations of *Pinus patula* located at an altitude of 3250 meters above sea level, in the district of Cajamarca, province of Cajamarca and Department of Cajamarca, with the aim of determining the percentage of nitrogen before and after forest extraction. The study unit has been the stands of *Pinus patula* from Granja Porcón and for this purpose, the total nitrogen and the loss of phosphorus and potassium in the soil between December 2022 and June 2023 were evaluated in 6 months. The results obtained show that the total nitrogen in the soil was low, obtaining a percentage of nitrogen at the beginning of 0.47%, lower than that obtained after forest extraction (0.60%), this because the degree of mineralization of nitrogen in the soil after forest extraction is low, because the nitrogen in the soil is mineralized much faster when there is a tree canopy. because the accumulation of organic matter in the soil (leaf litter). It was also observed that there is an increase in the C/N ratio at the end of the evaluation (19.00), which indicated that the process of decomposition of organic matter was much slower at the beginning of the evaluation compared to 3 and 6 months. Finally, it was observed that of the other parameters evaluated (organic matter, phosphorus, potassium, organic carbon), the values obtained were not significantly different between the soil with forest plantation and after forest extraction, so it was determined that there is no significant loss of nutrients.

Keywords: Nitrogen mineralization, macronutrients, *Pinus patula*, forest plantation, soil degradation.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La tasa de extracción forestal en el Perú se estima que es de 149 631.76 ha al año; mientras que en el departamento de Cajamarca es de 15 341 ha anuales, lo que representa el 10,25% del total nacional; además, se ha incrementado la extracción de madera en plantaciones forestales ya establecidas (MINAM, 2022), en este contexto, la interrogante que se plantean diversos investigadores es si existe un aumento o disminución del porcentaje de Nitrógeno total en el suelo después de la extracción forestal.

El Nitrógeno total (NT), forma parte de los residuos vegetales y animales depositados en el suelo que pasan por un estado de degradación y se almacena en la materia orgánica (MO), a partir de su forma química y cantidad, puede cumplir su función como nutriente, mejora el crecimiento y la productividad, pero las necesidades de N varían por ecosistema, por lo que es importante su disponibilidad (NADP, 2010). Se ha demostrado que existen formas de incorporarse N al suelo mediante la mineralización, composición de las sustancias orgánicas, acción de algunos microorganismos y finalmente en menor proporción por medio de las lluvias. (Barriera et al., 2018).

De todo lo manifestado anteriormente, el presente trabajo importante debido a que el Nitrógeno total en el suelo permite determinar cuál es el grado de degradación de los suelos después de realizada la extracción forestal en plantaciones. Es por ello por lo que surgió la necesidad de determinar cuál es el porcentaje de Nitrógeno total en el suelo antes y después de la extracción forestal en una plantación de *Pinus patula*.

En ese contexto, desde el punto de vista edafológico, se formulan las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta general: ¿Cuál es el porcentaje de nitrógeno total en el suelo antes y después de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca?

Preguntas específicas

- ¿Existe aumento o disminución del porcentaje de Nitrógeno total en el suelo a causa de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca?
- ¿Cuál es la relación carbono nitrógeno del suelo causado por la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca?
- ¿Existe aumento o disminución del fosforo y del potasio en el suelo después de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca?

Los objetivos propuestos en esta investigación son los siguientes.

Objetivo general: Determinar cuál es la dinámica del Nitrógeno total en el suelo antes y después de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca.

Objetivos específicos

- Determinar el aumento o disminución del porcentaje de Nitrógeno total en el suelo a causa de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca.
- Determinar la relación carbono nitrógeno del suelo causado por la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca.
- Determinar el aumento o disminución del fósforo y potasio en el suelo después de la extracción en plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schtdl & Cham. en Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2. 1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Martiarena y Wallis (2019) investigaron en Argentina sobre la pérdida de nutrientes durante la cosecha y el establecimiento forestal, en un rodal de *Pinus taeda*, para lo cual realizaron muestreos de suelo en diferentes épocas del año (6, 9 y 12 meses), concluyeron que la pérdida de nutrientes después de realizar la extracción de árboles es de 47, 55, 38 y 21% de N, P, K y Ca, respectivamente.

Investigaciones realizadas por realizadas Yessica et al. (2019) sobre la mineralización del nitrógeno, carbono y actividad enzimática del suelo en un bosque de *Nothofagus obliqua* y una plantación de *Pinus radiata* del centro-sur de Chile, evaluaron mensualmente la tasa de mineralización del nitrógeno (N-min), carbono (C-min) y la actividad enzimática potencial del suelo, les permitió registrar una menor tasa de descomposición de la materia orgánica equivalente a  $6.0 \text{ kg}^{-1} \text{ N ha}^{-1}$  en plantaciones de *Pinus radiata*; en comparación al *Nothofagus obliqua* con  $3.0 \text{ kg}^{-1} \text{ N ha}^{-1}$  (p. 22).

Un estudio realizado por De Marco et al. (2021), sobre la diferencia de fuentes de carbono y nitrógeno entre un área de pino forestada y un matorral en Italia, realizaron captura de estos dos elementos en el área de estudio a los 12 y 18 meses, obtuvieron una mayor captura de Carbono en suelos de bosque de pinos forestados a comparación con los matorrales con  $43.9 \text{ gm}^{-2}$  y  $24,6 \text{ gm}^{-2}$  respectivamente; además, la alta concentración de Nitrógeno en la capa orgánica superior fue de  $7.1$  y  $3,7 \text{ gm}^{-2}$ .

Shun et al. (2021) investigaron la variabilidad temporal en la mineralización neta del Nitrógeno del suelo entre patrones de regeneración forestal en China, evaluaron los efectos dinámicos de la regeneración forestal después de la tala de bosques y la

mineralización del nitrógeno en el suelo (N-min), comparando la tasa de amonificación y la tasa de nitrificación, en un bosque mixto (regeneración natural después de plantar *Picea asperata*), un bosque secundario natural (regeneración natural) y una plantación de *Picea asperata* en un periodo de 6 meses, donde obtuvieron tasas de mineralización de - 0,29-0,52 y 0,004 mg kg<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> respectivamente.

Estudios realizados por Hernán, Castellanos y Alejandro (2018), sobre la mineralización de Nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas en Chile, hicieron muestreos de suelo al azar en los dos tipos de suelo, donde obtuvieron como resultado que existe un alto valor de mineralización bajo el dosel de árboles y arbustos, específicamente en las leguminosas comparado con lugares abiertos.

La investigación realizada por Hazlett et al., (2021), sobre los efectos de intensidad de la cosecha, el control de la vegetación y la fertilización en la disponibilidad de N postcosecha de 5 a 20 años en suelos forestales de pino y abeto negro, realizada en Canadá, se obtuvo tasas de mineralización de Nitrógeno en la cosecha de tallo y tala completa de árboles de 15 kg N ha<sup>-1</sup>, en comparación con el bosque de referencia sin cortar de 10 a 14 años después de la cosecha que obtuvieron 8 kg N ha<sup>-1</sup>.

Cano y Heyner (2016) investigaron la respiración del suelo y mineralización de Nitrógeno en parcelas de pinar sometidas a un tratamiento silvícola de entresaca por bosquetes en España; obtuvieron como resultado que después de realizar tala rasa a un bosque de Pinar, se disminuye la actividad microbiana, la tasa de transpiración y mineralización de N.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Huaccha (2019) investigó el mejoramiento de la composición físico – química del suelo por la influencia de la forestación con *Pinus radiata* en la comunidad de Yamachay en Perú, obteniendo como resultado la mejora de suelos con respecto al pH, contenido de

materia orgánica, N, P y K después de realizar reforestación en lugares donde solo existía ichu.

En plantaciones de *Pinus patula* de 7 y 15 años, realizadas en Puno, con el fin de evaluar el efecto de las plantaciones en las características físicoquímico de los suelos en tres pisos altitudinales, obtuvieron valores en cuanto al potasio en plantaciones de pino y sin pino de 109,50 ppm y 135,73 respectivamente, valores de fósforo de 6,83 y 6,81 ppm y en la materia orgánica para las plantaciones de pino un valor de 5,54 % y sin pino con 3,93 %, incrementándose también a mayores altitudes y menores profundidades (Olivia, et al. 2015).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Clasificación taxonómica del *Pinus patula*

#### Tabla 1.

*Clasificación taxonómica del Pinus patula Scheide ex Schl Tdl y Cham.*

Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Género:	<i>Pinus</i>
	<b><i>P. patula</i></b>
Especie:	SCHIEDE EX SCHLTDL. Y CHAM.

Fuente: Trópicos, 2024

#### 2.2.1.1. Generalidades

Orwa (2019) indica que el *Pinus patula* es una especie nativa de las zonas subtropicales de México; perteneciente a la familia Pinaceae, que se desarrolla bien sobre suelos con acidez y buen suministro de humedad, por lo que esta especie puede alcanzar alturas de hasta 40 m, su tronco es erecto en forma cónica con una copa extendida con ramas largas y colgantes con un buen sistema radicular.

El *Pinus patula* es originario de un paisaje totalmente distinto al que encontramos en el ande peruano, siendo una especie exótica. Por otro lado, la introducción a regiones lejanas de su habitat natural, va acompañada habitualmente por problemas de carácter ecológico (Olivia y Collazos, 2016). Los impactos negativos más importantes de las plantaciones de pino posiblemente se relacionan con el suelo. Además, de las alteraciones de micro climáticas y edáficas provocan a su vez, cambios importantes en la estructura del suelo y la diversidad de la vegetación natural.

La siembra deliberada de esta especie exótica ha sido alentada a lo largo de los trópicos, la introducción de esta especie fue realizada para ayudar a mitigar la degradación del suelo y la erosión (Ramírez et al., 2014). Sin embargo, uno de los efectos negativos es su alto consumo de agua debido a su alta tasa de evapotranspiración (Díaz, et al., 2017).

También se ha reportado que las plantaciones del género *Pinus*, no permiten la regeneración natural de especies nativas en densidades mayores de 1500 pinos/ha afectado así a la biodiversidad del lugar (Gomez, et al., 2019). No obstante, una ventaja es que estos bosques son considerados como sumideros de carbono cuyas partículas son almacenadas en la biomasa de las plantas (Crespo et al., 2016).

#### 2.2.1.2. Descripción botánica

El árbol de *Pinus patula* alcanza una altura aproximadamente de 35 – 40 m y en plantaciones hasta los 50 m, con un DAP de hasta 120 cm. La corteza es suberosa, de color grisáceo-marrón y con profundos surcos longitudinales; en un árbol maduro, esta puede constituir hasta el 12% del volumen total (Catpo, 2014). En sitios secos y en tierras bajas algunos árboles desarrollan una corteza casi completamente lisa. Las hojas aciculares están en hacecillos de tres a cuatro y miden aproximadamente de 15 a 30 cm de largo, son colgantes y permanecen en el árbol de 2 a 4 años. Los conos son brillantes,

de color gris claro a marrón, miden de 4 a 12 cm de largo y tienen un diámetro de 2.5 a 4 cm, su forma es cónica, asimétrica y torcida; se encuentra en haces de 3 a 6. Un cono contiene de 40 a 80 semillas viables, aladas y de color marrón-negruzco. (Gomez et al., 2009).

### 2.2.1.3. Ecología

#### a) Requerimientos Ambientales

El rango altitudinal en los que se desarrolla de manera óptimamente va desde 1800 a 2800 msnm., mientras que a mayores altitudes su crecimiento es menor; en Ecuador se han reportado ensayos a altitudes que van desde los 2500 a 4000 msnm. (Ospina et al., 2018).

El mejor tipo de suelo en los que se desarrolla de manera óptima son en suelos ácidos con rangos desde los 4.5 a 5 pH, además, se observa que requiere de un clima moderadamente cálido, con temperaturas de 12 a 18°C. Así mismo, medra bien en las regiones tropicales y subtropicales, con lluvias de verano o monzónica y se observa un desarrollo óptimo en zonas templadas con exposiciones norte y aquellas que reciben una gran cantidad de niebla durante el año (Diaz et al. 2017),

La precipitación media anual varía entre los 1000 y 2000 mm, distribuidos preferentemente entre los meses de mayo y octubre; se desarrolla principalmente en zonas templadas con exposiciones norte, aquellas que reciben una gran cantidad de niebla durante el año, es posible encontrarlos en lugares donde llegan vientos húmedos del Golfo de México, aunque también pueden crecer en donde no exista humedad relativa (Catpo, 2014).

### **2.2.2. Nitrógeno**

De acuerdo con Rodríguez (2020) el nitrógeno es un elemento necesario para la multiplicación celular y desarrollo de órganos vegetales, es componente importante de muchos compuestos orgánicos; además, los compuestos nitrogenados constituyen un 40 a 50% de la materia seca del protoplasma, sustancia viva de las células vegetales. Es el elemento más abundante en los vegetales después del carbono, hidrógeno y el oxígeno, ya que participa en los procesos de crecimiento como un componente estructural y funcional (Bell et al., 2014).

La presencia del nitrógeno en el suelo es consecuencia, en gran parte, de la descomposición de los materiales orgánicos, esencialmente se considera que el 99% del nitrógeno total se encuentra en forma orgánica. Se ha demostrado que existen formas de incorporarse N al suelo mediante la mineralización, composición de las sustancias orgánicas, acción de algunos microorganismos y finalmente en menor proporción por medio de las lluvias. En los suelos minerales se los encuentran en cantidades relativamente pequeñas de 0.05% solo en las capas superficiales (Barrera, 1978 & Fox, et al 2009).

### **2.2.3. Formas del Nitrógeno en el suelo**

El ciclo biogeoquímico del Nitrógeno comprende en su totalidad la circulación de este elemento químico en todas sus formas entre la biomasa, el mantillo, el suelo y las fuentes externas del ecosistema; es decir, comprende los procesos de absorción, acumulación, translocación y redistribución interna de elementos nutritivos en las plantas; además, comprenden procesos de intercambio de los elementos químicos con la atmósfera y el suelo (Fassbender H., 2013).

En la naturaleza el N se encuentra en un 98 % en la litósfera y el 2 % restante está distribuido entre la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera. En la atmósfera existen los



mayores contenidos del elemento bajo diversas formas gaseosas ( $N_2$ , NO,  $NO_2$ ), la hidrosfera, la biosfera y en los suelos solamente se encuentra en un 0.00014 % bajo la forma  $NH_4^-$ ,  $NH_3^-$  (Rivero, 2019).

La mayor parte del Nitrógeno del suelo se encuentra representada en forma orgánica (85 - 95 %) del total del elemento y en su mayoría tiene carácter proteico, ya que constituye la reserva real del mismo, que es cedido lentamente a los cultivos. El contenido de N inorgánico oscila entre 5 y 15 % del total y se presenta generalmente en las formas de óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), ion amoniacal ( $NH_3^-$ ), ion amonio ( $NH_4^-$ ), ion nitrito ( $NO_2^-$ ) y ion nitrato ( $-$ ). El N-atmosférico, existe en forma elemental libre ( $N_2$ ) y en cualquiera de sus otras formas gaseosas ( $N_2O$ , NO,  $NO_2$ ,  $NH_3^-$ ), y también posiblemente puede ser encontrado en forma orgánica adherido a partículas de polvo (Bertch, 1998; Rivero, 1999).

#### 2.2.3.1. Nitrógeno orgánico

De acuerdo con Schlesinger (2016) menciona que el estiércol, plantas, microorganismos y animales muertos en descomposición, son principales fuentes de nitrógeno para el suelo, la mayor parte de este nitrógeno es insoluble y no está disponible de inmediato para que lo utilicen las plantas. Esta fracción orgánica se abastece también de este elemento a partir de microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico en forma simbiótica y de la inmovilización de la fracción soluble que realizan los microorganismos y representa comúnmente, entre el 85 y el 95 % del N total.

#### 2.2.3.2. Nitrógeno inorgánico

El primer producto resultante de la descomposición de la materia orgánica es la mineralización del ion amonio ( $NH_4^-$ ), proveniente de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos. La fuente de  $NH_4^-$ , proviene de la mineralización del N orgánico y de los fertilizantes. Los porcentajes de N mineral tienden a ser más altos

en suelos de regiones áridas y semiáridas, y los valores menores corresponden a suelos volcánicos. El N inorgánico se presenta como óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico ( $NO$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), amoníaco ( $NH_3^-$ ) en cantidades mínimas; además, como ion amonio ( $NH_4^-$ ), ion nitrito ( $NO_2^-$ ) y iones nitratos ( $NO_3^-$ ) (Fassbender & Bornemisza, 2015).

#### 2.2.3.3. Función del nitrógeno.

El nitrógeno es el mineral más importante en la nutrición de las plantas. Es fundamental en el crecimiento y producción, forma parte de todas las proteínas, de la clorofila que da color verde a las plantas y muchas enzimas. Es importante seleccionar la forma más adecuada del suministro de nitrógeno tomando como indicadores el estado fenológico o el estado de desarrollo de la planta o de la zona del área radicular (Philippot & Gremon, 2017).

Fassbender (2015) investigó que la alta disponibilidad de nitrógeno en especial si un cultivo es bien regado, estimula un crecimiento vegetativo muy vigoroso y disminuye la producción. Cuando se aplican dosis de fertilizantes nitrogenados muy altas, se produce toxicidad rápidamente: las hojas aparecen quemadas en el borde y entre las nervaduras, y antes de secarse el tejido se pone flácido como si estuviera cocido.

#### 2.2.4. Mineralización del Nitrógeno

Philippot & Gremon (2015), mencionan que el primer producto de la mineralización es el ion amoníaco ( $NH_3^-$ ) el cual puede adquirir un hidrógeno y formar ion amonio ( $NH_4^-$ ), que puede ser fijado por las arcillas del suelo o por la materia orgánica, volatilizado como amoníaco, asimilado por plantas o microorganismos, lixiviado u oxidado por bacterias autotróficas mediante el proceso de nitrificación, en donde pierde dos átomos de

hidrógeno para formar nitrito inorgánico que es tomado por los microorganismos incorporándolas a su biomasa y es llamada inmovilización.

El nitrato puede pasar al proceso de desnitrificación donde se convierte a óxido nitroso ( $N_2O$ ) y nitrógeno elemental. De acuerdo con Blinkey & Hart (2019) la cantidad total de nitrógeno liberado de la materia orgánica es llamada mineralización gruesa o bruta, mientras que la cantidad resultante después de eliminar la inmovilización microbiana se denomina mineralización neta y se expresa como la tasa de cambio en un periodo de tiempo.

La mineralización neta se ha utilizado para estimar el nitrógeno disponible para la planta, por lo que se han desarrollado formas in situ y de laboratorio para determinar dicha tasa. Algunas dificultades se presentan en su medición debido a los procesos de desnitrificación, volatilización, inmovilización, adquisición por la planta y lixiviado (Campbell et al., 2015).

La tasa neta de mineralización de nitrógeno y la cantidad total de nitrógeno son indicadores de fertilidad del suelo. El nitrógeno total puede usarse para clasificar sitios de acuerdo con la disponibilidad de nitrógeno en grandes extensiones, sin embargo, para sitios y hábitats específicos no lo es, así como donde la perturbación del suelo es importante. Los métodos para evaluar la mineralización son un indicador de la cantidad de nitrógeno orgánico que pasa a inorgánico en un periodo de tiempo, para lo cual se realizan incubaciones de muestras de suelo que permiten calcular la tasa de amonio y nitrato que se mineraliza después de la incubación (Schlesinger, 2017). El mismo autor explica que existen técnicas de laboratorio con incubaciones anaeróbicas y aeróbicas, en las primeras a pesar de que no representan condiciones normales en el suelo se utilizan para estimar la toma de nutrientes en cultivos agrícolas. Las incubaciones aeróbicas

consisten en incubaciones de 10 a 30 días, utilizando de 5 a 20 g de muestra a temperatura de 20 o 25°C, donde se obtiene la mineralización neta potencial.

El primer método, utiliza bolsas de polietileno, se las llena con suelo y luego se sellan, durante varios días permanecen en el sitio de muestreo bajo las mismas condiciones de temperatura del suelo. Hanselman (2014) mencionan que es importante considerar que las bolsas pueden presentar daño por insectos o raíces de las plantas, pudiendo contribuir a pérdidas de mineralización de nitrógeno, mientras que concentraciones elevadas de nitratos y dióxido de carbono en las bolsas pueden promover la desnitrificación.

Destaca la característica impermeable de la bolsa por lo que la humedad es constante, sin tener las fluctuaciones en humedad del suelo, y si la bolsa conserva su integridad durante el periodo de incubación no existirá lixiviado de nutrientes. La mineralización neta de nitrógeno por el método de bolsas enterradas es la mineralización que excede a la inmovilización microbiana, y al estar la muestra de suelo en la bolsa se evita la toma por la planta. Dada la importancia que posee el N en la nutrición de las plantas, es necesario desarrollar procedimientos que permitan determinar el nitrógeno potencialmente mineralizable, es decir, el nitrógeno orgánico que se mineralizará durante el período de cultivo, que con toda probabilidad interviene en la nutrición de la planta. La cantidad total del N mineral en el suelo resulta de la diferencia entre la tasa en que es producido de las reservas de materia orgánica del suelo y la tasa en que es removido por lixiviación, por el crecimiento de los cultivos y por otras vías de pérdida en que intervienen los microorganismos del suelo; y la proporción de nitrato y amonio depende. (Schlesinger, 2017).

Cano & Heyner (2016) mencionan que en el suelo se tienen procesos de mineralización de nitrógeno orgánico que están directamente relacionados con la relación C/N. Cuando dicha relación es elevada, como es el caso de la paja, los microorganismos

necesitan nitrógeno adicional, cuya asimilación les permite formar sus propias proteínas. Este proceso, origina un descenso temporal en la concentración de  $\text{NO}_3$  (inmovilización), lo que demuestra que la relación C/N juega un papel crucial en relación con el nitrógeno orgánico potencialmente asimilable (Appel et al, 1990).

Schlesinger (2011) menciona que los restos vegetales y animales son polímeros de compuestos orgánicos que, durante el proceso de su transformación, son primeramente degradados y polimerizados hasta 6 constituyentes básicos. A este proceso en donde se produce la formación de componentes inorgánicos (N, P, S) se le llama mineralización, y es el proceso de transformación mediante el cual el nitrógeno orgánico del suelo pasa a la forma inorgánica, siendo la principal fuente para ser usado por las plantas que no la fijan en simbiosis. El nitrógeno resiste al ataque microbiano, siendo cambiado a formas inorgánicas a un ritmo de 1 – 2 % anualmente (Alexander, 1987).

Los compuestos nitrogenados forman complejos en los que se demuestran que las proteínas unidas a polifenoles y aminoácidos enlazados con fenoles forman polímeros resistentes al ataque microbiano, como resultado, se forman sustancias nitrogenadas menos susceptibles a la digestión, en contraste con las proteínas y aminoácidos libres. (Bell et al., 2014)

Según Rodríguez (1990), citado por García (1993), la curva de mineralización de los residuos orgánicos nitrogenados muestra en una primera fase, una mineralización rápida, y en una segunda, una mineralización más lenta, la principal razón que puede ocasionar la velocidad de descomposición de la materia orgánica depende de su composición química fácil de degradar proteínas y minerales. Además, el Nitrógeno total raras veces es un buen indicador de la disponibilidad de N en el suelo, pero este se encuentra estrechamente relacionado con la materia orgánica. Se mide para relacionarlo con el porcentaje del carbono, el cual es una buena estimación de la probabilidad de que ocurra mineralización o inmovilización de N en el suelo.

Según Solórzano (1997) y Bertsch (1998), indican que la mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra asociado a la materia orgánica en forma de aminoácidos o proteínas. Este N orgánico se acumula en el suelo y sufre una serie de transformaciones en el suelo que lo llevan a N mineral en el cual se dan básicamente tres procesos de la mineralización.

### **2.2.5. Factores que influyen sobre la mineralización y la nitrificación del Nitrógeno del suelo**

Se ha estimado que anualmente se mineraliza entre el 1 – 2 % del N total de los compuestos nitrogenados del suelo (Hanselman, 2004). Este mismo autor también menciona los factores que afectan a este proceso de mineralización como: la temperatura, humedad, aireación, mineralogía de arcilla, pH, adición de materiales orgánicos, calidad de la materia orgánica (taninos, relación C/N) y manejo.

La mineralización se paraliza en estado seco y bajo condiciones de inundaciones se detiene en la etapa de amonificación. Altos contenido de arcillas disminuyen el proceso de mineralización debido a que son capaces de retener altas cantidades de carbono por la formación de complejos organominerales (Bertsch,1998).

#### **2.2.5.1. pH**

En resultados obtenidos por Li et al. (2019) indican que la forma dominante del nitrógeno fue ligada más al tipo de bosque que al valor del pH del suelo. Los valores del pH del suelo fueron para todos los tipos de bosque de 4.5. Sin embargo, el contenido del nitrato fue alto entre los rangos de 24.47 a 26.08 mg kg<sup>-1</sup> suelo, para las especies de leguminosas del género Acacia y bajo desde 4.19, 6.47 y 4.24 mg kg<sup>-1</sup> suelo, para especies no leguminosa forestales como *Pinus elliotii*, *Eucalyptus. citriodora* y *Schima superba*.

Mogollón et al. (2017), muestra el efecto positivo de árboles leguminosos sobre el nitrógeno potencialmente disponible en plantaciones de café manejado bajo diferentes tipos de sombra en suelos con pH moderadamente ácidos.

Por otro lado, Solórzano (2017) señala que existen inhibidores de la nitrificación los cuales suprimen las bacterias que oxidan el amonio, los cuales son responsables de la oxidación de amonio a nitrito lo que ocurre en la primera etapa de la nitrificación.

### **2.2.6. Nitrificación**

La nitrificación se inicia a una temperatura de 2°C y aumenta progresivamente de ritmo hasta alcanzar un máximo cuando llega a 30°C, temperatura superior a esta hay poca nitrificación (Barahona, 2015), Además de esto, el otro factor dominante que limita y afecta las tasas de mineralización del N es el contenido de humedad en el suelo, debido modifica la acidez de los suelos. Huaccha (2019), sugiere que a  $\text{pH} < 5$ ; pobre en aireación, puede darse la acumulación de N amoniacal ( $\text{NH}_4^-$ ), el cual provoca un efecto tóxico para las plantas cultivadas al absorber y acumular en sus tejidos excesos de amonio reduciendo el rendimiento.

### **2.2.7. Factores que inciden en pérdidas del nitrógeno.**

#### **2.2.7.1 Inmovilización.**

En el suelo ocurre un proceso contrario a la mineralización como es la inmovilización del N; que es la transformación de compuestos inorgánicos de nitrógeno como  $\text{NH}_4^-$ ,  $\text{NH}_3^-$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , al estado orgánico. Esto ocurre por los microorganismos del suelo que asimilan los compuestos de N inorgánico y los transforman en constituyentes nitrogenados orgánicos de sus células y tejidos (Hazlett et al., 2021)

Marschener (2015), menciona que el proceso de inmovilización ocurre con valores de relación C/N mayores de 30 en residuos aplicado; que al morir esto el nitrógeno orgánico retorna al suelo nuevamente. El proceso se ve favorecido por la presencia de materiales con elevados contenidos de carbono como fuente energética, es decir si la concentración de compuestos nitrogenados en el material orgánico no es suficiente para las necesidades de los 11 microorganismos durante la descomposición probablemente induzca a la inmovilización (Solórzano, 1997; Rivero, 1999; Fuentes, 1994).

#### 2.2.7.2. Volatilización.

Comprende pérdidas de nitrógenos inorgánicos principalmente, en forma de gas amoníaco, hacia la atmósfera por medio estrictamente químicos; el hidróxido del amonio formado se disocia en amoníaco y agua  $NH_4OH$ ,  $NH_3^-$ ,  $H_2O$ . Así mismo, Crespo et al. (2014), recalca que las pérdidas dependen del suelo y factores climáticos, es por eso por lo que, con valores de pH, mayores de 7, los iones  $NH_4^-$  pueden convertirse en ion  $NH_3^-$  (gas amoníaco) el cual se pierde en la atmósfera si el suelo este seco. El mismo autor indica que la volatilización del Nitrógeno está asociada a la textura del suelo, disminuyendo desde suelo arenosos a arcillosos por incremento en la absorción física y química debido a incrementos en la superficie específica y en la capacidad de intercambio cationico (CIC) (Solórzano, 1997).

FAO (2020) indican que la inyección de amoníaco al suelo como fertilizante no es recomendable en texturas gruesas. Por otro lado, el incremento del contenido de humedad del suelo tiende disminuir las pérdidas del amoníaco, porque se llega a un punto donde el contenido de humedad es suficientemente alto para formar  $NH_4OH$ .



### 2.2.7.3. Desnitrificación

Según Ramírez et al. (2014) la desnitrificación es la reducción del ion nitrato ( $NO_3^-$ ), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o diatómico ( $N_2$ ), la sustancia más abundante en la composición del aire. Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno. Lo realizan ciertas bacterias heterótrofas, como *Pseudomonas fluorescens*, para obtener energía.

Bertsh (2008), explica que este proceso es parte de un metabolismo degradativo de la clase llamada respiración anaerobia, en la que distintas sustancias, en este caso el nitrato, toman el papel de oxidante en la respiración celular normal o aerobia de oxígeno ( $O_2$ ). El proceso sigue unos pasos en los que el átomo de nitrógeno se encuentra sucesivamente bajo las siguientes formas: Nitrato  $\rightarrow$  nitrito  $\rightarrow$  óxido nítrico  $\rightarrow$  óxido nitroso  $\rightarrow$  nitrógeno molecular.

Barahona (2012) sostiene que el nitrógeno es el mineral más importante en la nutrición de las plantas. Es fundamental en el crecimiento y producción, forma parte de todas las proteínas, de la clorofila que da color verde a las plantas y muchas enzimas.

El nitrógeno incrementa la capacidad de intercambio de cationes de las raíces de la planta y, por consiguiente, hace que sean más eficientes para la absorción de otros iones nutrientes (Catpo, 2014).

Díaz (2017) alude que el nitrógeno desempeña funciones fundamentales en la planta, como la participación esencial en la formación de compuestos orgánicos como son las proteínas, los nucleótidos y la clorofila, y su influencia es notable en el crecimiento vegetativo.

Fassbender & Bornemisza (2015) afirma que es importante seleccionar la forma más adecuada del suministro de nitrógeno tomando como indicadores el estado fenológico o

el estado de desarrollo de la planta o de la zona del área radicular. La urea, es usualmente la fuente de nitrógeno de menor costo (en forma de amida  $\text{NH}_2$ ).

Docampo (2012) explica que dentro de los efectos positivos por una adecuada cantidad de nitrógeno, se encuentra más cantidad de clorofila, por lo tanto el color verde es más intenso existiendo una mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, como consecuencia se tiene una mayor producción de hojas, frutas y semillas; al contrario, una deficiencia de nitrógeno se manifiesta con la caída de las hojas, desarrollo y crecimiento lento y escaso, coloración verde amarillenta, necrosis o muerte de tejido.

Una alta disponibilidad de nitrógeno en especial si un cultivo es bien regado, estimula un crecimiento vegetativo muy vigoroso y disminuye la producción. Cuando se aplican dosis de fertilizantes nitrogenados muy altas se produce toxicidad rápidamente: las hojas aparecen quemadas en el borde y entre las nervaduras, y antes de secarse el tejido se pone flácido como si estuviera cocido (Dominguez, 2017).

#### 2.2.7.4. Lixiviación.

Garcia (2013) afirma que otra vía de pérdida importante del N en el suelo es el lavado hacia las partes más profundas del perfil del suelo. Los nitratos son los que se pierden mayormente por lavado, aunque en suelo arenoso el  $\text{NH}_4^+$  también puede perderse por esta vía. Docampo (2012) manifiesta que las pérdidas están determinadas por la cantidad e intensidad de lluvias, las condiciones de la superficie del suelo que permiten una mayor o menor infiltración, y la permeabilidad del perfil, la pérdida por lixiviación es importante cuando hay un gran movimiento descendente del agua y la actividad radical es escasa.

En suelo desnudo que en suelo cultivados y pueden ser de consideración en la época lluviosa. En suelos desnudos estas pérdidas pueden variar de 30 a 150  $\text{kg ha}^{-1}$ , mientras que en suelos cultivados varían 30 a 80  $\text{kg ha}^{-1}$ . Como orden de magnitud del

movimiento de infiltración de los nitratos, puede establecerse que con una lluvia de 100 mm los nitratos descienden 60 cm en los suelos arenosos, 30 cm en los suelos medios y tan solo 20 cm en los suelos arcillosos (Dominguez,1997).

#### **2.2.8. Relación carbono/nitrógeno.**

Es importante el contenido de nitrógeno en relación con el del carbono en el medio de crecimiento. La materia orgánica se descompone principalmente por la acción de microorganismos. El C es el mayor componente de la materia orgánica (50% o más) (Docampo, 2012). Así mismo, la relación C/N se ha utilizado ampliamente como indicador del origen, del grado de madurez, y de la estabilidad de la materia orgánica, puesto que su valor nutrimental depende del material y este valor decrece a medida que fermenta la materia orgánica; un material compostado presenta valores entre 5 y 30. Una relación C/N inferior a 20 se suele tomar como indicadora de madurez y estabilidad y proporcionará nitrógeno para el crecimiento de las plantas.

#### **2.2.9. Causas de la extracción forestal**

##### **a) Compactación del suelo**

Los restos de corta, junto con el mantillo, constituyen una capa muy eficaz para amortiguar el peso de la maquinaria pesada que se emplea en el desembosque y en la preparación del terreno para la siguiente rotación. Por consiguiente, la retirada de todos los restos de corta deja el suelo expuesto directamente al peso de la maquinaria. En estas condiciones los suelos, especialmente los de textura más fina, se puede compactar más fácilmente. Además, el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desprotegido favorece el desarrollo de costras superficiales en el suelo (Mwendwea y Reyen, 2014).

## b) Erosión del suelo

La erosión del suelo es un aspecto de especial interés en aquellos terrenos de fuertes pendientes, donde los suelos someros pueden ser considerados como un recurso no renovable. La erosión afecta al propio sistema forestal, a través de las pérdidas de espesor y de fertilidad del suelo que repercuten sobre la productividad. Además, este proceso también afecta a los sistemas acuáticos ligados a las cuencas forestales, reduciendo la regulación del caudal y aumentando la turbidez y la concentración de solutos en el agua.

Aunque los sistemas forestales ofrecen la mejor protección del suelo frente a la erosión, en explotaciones forestales intensivas la pérdida de suelo está muy influenciada por el tipo de tratamiento posterior a la corta. Si los restos de corta y el mantillo permanecen sobre el terreno, la escorrentía tan sólo incrementa ligeramente y la tasa de erosión es muy baja. Por el contrario, si se realiza una extracción importante de estos restos en laderas de pendiente acusada, la erosión puede ser importante (Miller, 2018).

## c) Contenido en materia orgánica

El conjunto de restos de corta acumula es del 20-35% del carbono contenido en el árbol, por lo que su aporte sobre el terreno contribuye a mantener los niveles de materia orgánica en el suelo. Esto es especialmente importante porque la materia orgánica del suelo no sólo es la reserva a corto plazo más importante de algunos nutrientes, sino también es el componente del suelo que más interviene en la reserva de agua para las plantas y en la protección del suelo frente a la erosión. También hay que considerar que los aumentos de temperatura en el suelo después del aprovechamiento tienden a potenciar la actividad microbiana del suelo, aunque este efecto también depende de si existe la suficiente humedad del suelo. Los menores aportes de residuos vegetales, junto

con la mayor actividad microbiana del suelo, hace que en los terrenos donde se extraiga restos sea previsible una pérdida progresiva de la materia orgánica del suelo a medio plazo. De hecho, algunos estudios han mostrado una reducción del contenido de materia orgánica en los suelos de las plantaciones intensivas (Turner y Lamberty , 2010).

Se puede considerar que este aspecto no sólo afecta al contenido de materia orgánica, sino también a la diversidad de los microorganismos del suelo, por lo que también puede afectar a determinados procesos biológicos en su suelo. Entre ellos, destaca el papel que tienen los suelos forestales como consumidores de CH<sub>4</sub> atmosférico (Mosier, 2021), cuyo potencial se reduce considerablemente a medida que el suelo va perdiendo materia orgánica.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Degradación de suelos:** se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana (Gomez, et al., 2019).

**Desnitrificación:** Según Fassbender (2013) la desnitrificación es la reducción del ion nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o diatómico (N<sub>2</sub>), la sustancia más abundante en la composición del aire. Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno.

**Extracción forestal:** Es una actividad del sector primario que consiste en aprovechar los recursos naturales maderables y no maderables de la superficie forestal del país que incluye bosques, selvas y matorrales (Rivas et al., 2019)

**Macronutrientes:** elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Es importante afirmar que la presencia de

una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no asegura por sí misma la correcta nutrición de las plantas, ya que estos elementos se tienen que encontrar en una forma asimilable los cultivos y haya un correcto desarrollo de esta. (Marschener, 2015).

**Micronutrientes:** Los micronutrientes del suelo forman parte de los nutrientes esenciales, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas como parte de diversos sistemas enzimáticos de las plantas. Aquellos esenciales para las plantas son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). (FAO, 2020).

**Mineralización del Nitrógeno:** es la conversión de N orgánico en N inorgánico en un proceso mediado por microorganismos del suelo. La mineralización no solo se lleva a cabo en el suelo, durante el proceso de compostaje, en las enmiendas orgánicas, también ocurre el proceso de mineralización (Philippot & Gremon, 2017).

**Nitrificación:** es la oxidación biológica de amonio con oxígeno para dar nitrito, seguida por la oxidación de esos nitritos a nitratos. La nitrificación es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos (Docampo, 2012).

**Nitrógeno:** elemento necesario para la multiplicación celular y desarrollo de órganos vegetales, es componente importante de muchos compuestos orgánicos, los compuestos nitrogenados constituyen un 40 a 50% de la materia seca del protoplasma, sustancia viva de las células vegetales (Hanselman, 2004).

**Relación carbono/nitrógeno:** es utilizado ampliamente como indicador del origen, del grado de madurez, y de la estabilidad de la materia orgánica, puesto que su valor nutrimental depende del material y este valor decrece a medida que fermenta la materia orgánica; un material compostado presenta valores entre 5 y 30 (Marschener, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en las plantaciones de *Pinus patula* pertenecientes a la Cooperativa Agraria de trabajadores- Atahualpa Jerusalén Granja Porcón, distrito de Tumbaden en la provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca, ubicadas a una altitud de 2800 a 3500 msnm, en una zona con frecuentes neblinas, lluvias, granizadas y tormentas eléctricas.

##### **3.1.1. Accesibilidad**

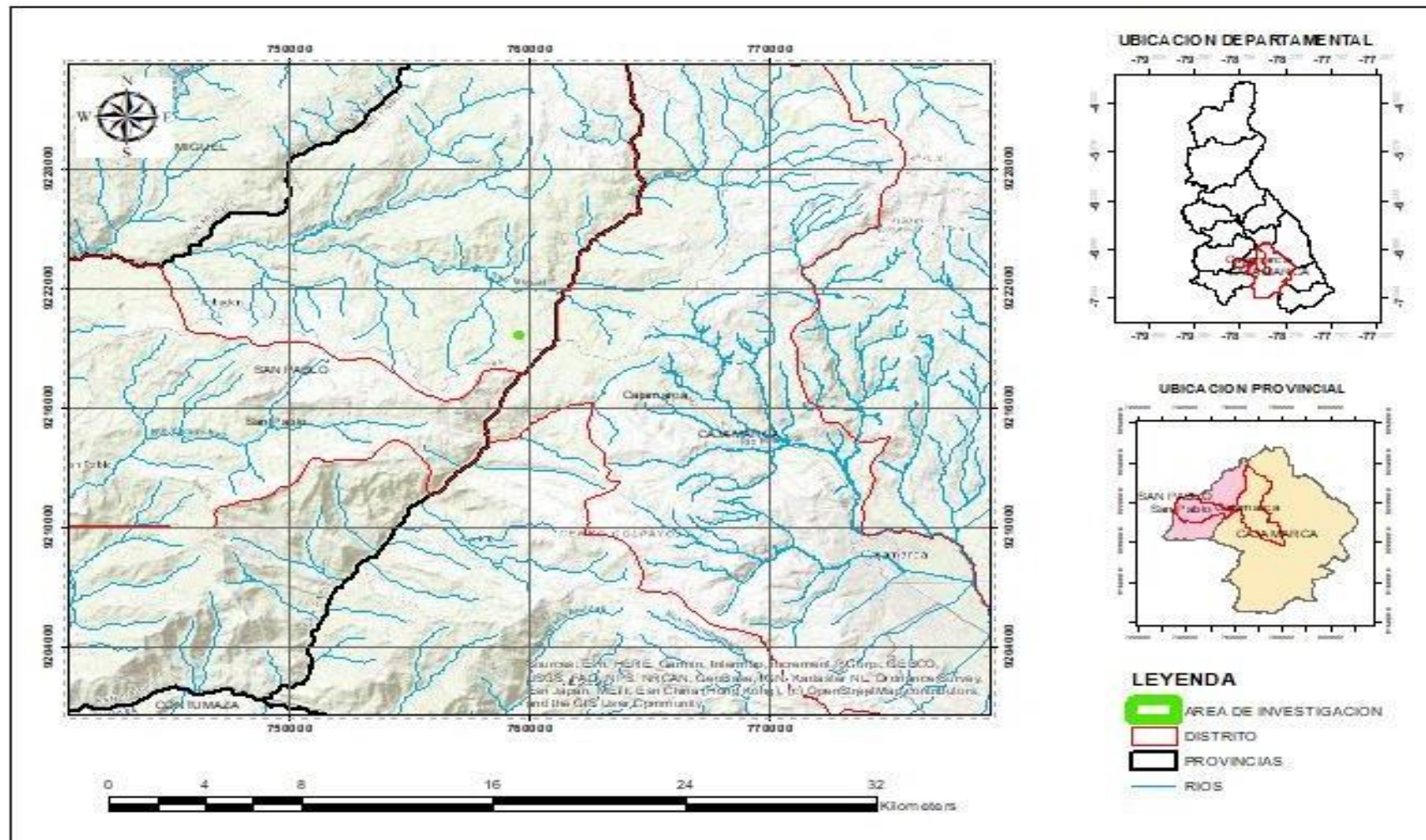
El acceso a Granja Porcón es desde Cajamarca por la carretera hacia la provincia de Hualgayoc, en el km 32, se encuentra el desvío a Granja Porcón transitando sobre una trocha carrozable de 12 km. El tiempo aproximado a la parcela es de 50 min, a partir del km 25.

##### **3.1.2. Hidrografía**

Los recursos hídricos en la CAT Atahualpa Jerusalén provienen principalmente del Río Rejo y de las quebradas " La tranca", " Piedra Grande" o " Pululo", " Lazareto", "Balconcillo" y "Tambillo" que discurren en el Río Rejo formando un sistema natural de drenaje. El Río Rejo se funda en la parte alta, con la unión de los ríos "Cocán" y "Shoccla", ésta última drena la cuenca formada por la "Pampa de cerro negro" y las laderas de los cerros "Shoglia" y "Negritos". El Río Rejo atraviesa y drena el predio de CAT Atahualpa Jerusalén y confluye con otros hacia el río San Miguel, principal tributario del Jequetepeque, que alimenta al embalse de Gallito Ciego (Catpo, 2014).

**Figura 1**

*Mapa de Ubicación del área experimental.*



*Nota.* La figura muestra el área de estudio. Fuente: Elaboración propia según datos cartográficos del IGP



### 3.1.3. Suelos

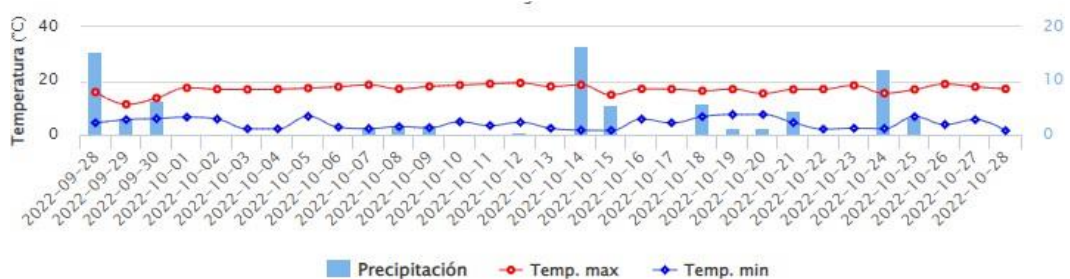
Los suelos en el área de estudio según la leyenda del mapa mundial de suelos de la FAO (2020), clasifica de la siguiente manera: En las cumbres montañosas se clasifican como Leptosols, los cuales se caracterizan por tener un horizonte "A" espeso, de color oscuro, ácido y con alto contenido de materia orgánica En las cumbres a lo largo de las laderas montañosas y en áreas de valles y praderas se clasifican generalmente como Cambisoles; estos se caracterizan por tener un horizonte "A" oscuro, ácido, espeso y rico en materia orgánica, el cual descansa son: u horizonte "B" Cambicoácido y con menor cantidad de materia orgánica; eventualmente se encuentra un horizonte "A" de más de 25 cm de espesor que descansa sobre un horizonte "C" pedregoso y grueso derivado de materiales volcánicos, normalmente la roca volcánica se encuentra a mayor profundidad. El alto contenido de materia orgánica de los suelos del área de estudio produce condiciones acidas con un pH aproximado de 3,5 a 5,4.

### 3.1.4. Características climáticas

La temperatura promedio anual en Granja Porcón es de 10.64°C, presenta una humedad relativa media anual de 83.26% y una precipitación media anual de 1015.80 mm. en los meses de lluvia también se presentan granizadas esporádicamente, de poca duración, (SENAMHI, 2022).

**Figura 2**

*Precipitación, temperatura máxima y mínima de Granja Porcón- Cajamarca.*



*Nota.* La figura muestra datos de precipitación y temperatura. Fuente: SENAMHI (2022)

Según la Zonificación Económica y Ecológica de Cajamarca; la zona de vida dominante corresponde a la formación bosque muy húmedo-Montano Tropical (bmh-MT) y en menor proporción bosque húmedo Montano Bajo tropical (bh-MBT).

### **3.1.5. Vegetación forestal**

Las plantaciones forestales de Granja Porcón tiene un área total de plantaciones de 8,736 ha y está conformado básicamente por 6 especies forestales, predominando la especie *Pinus patula* con el 51.30% (4481,5 ha), seguido el *Pinus radiata* con 35,13% (3069 ha), *Pinus muricata* con 4,50% (393 ha), *Pinus pseudostrobus* 4,30% (376 ha), *Pinus monstezumae* 4,16% (363 ha) y finalmente el *Pinus gregii* con 0,61% (53 ha) (Mendo, 2008).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1 Material Biológico:**

Árboles de la especie de *Pinus patula* de 25 años, las mismas que no cuentan con poda ni raleo y muestra de suelo.

### **3.2.2 Herramientas y equipos de Campo:**

Libreta de apuntes, cinta diamétrica, hipsómetro de Suunto, fichas de caracterización, bolsas plásticas, palana, balde de 20 l, registro de evaluación, wincha de 50 m, rafia, cordel, GPS, cámara fotográfica.

### **3.2.3 Materiales y equipos de laboratorio:**

Vaso beker de precipitación, potenciómetro, pipeta volumétrica 20 ml, varilla de vidrio piseta, estufa eléctrica, balanza analítica, termómetro, matraz Erlenmeyer de 500 ml, pipeta de 5, 10, 20 y 50 ml, bureta de 50 ml, gotero.

### **3.2.4 Materiales de gabinete:**

Libreta de apuntes, registros de evaluación, papel bond A4, impresora, cámara digital, memoria USB, calculadora, laptop, software estadístico SPSS ver 25.

### **3.3. Metodología**

Para el presente estudio, se desarrollaron las siguientes fases:

#### **3.3.1. Trabajo de campo**

##### **a. Selección de la zona de muestreo**

Se identificó un rodal dentro de la plantación de *Pinus patula* en el sector piedra grande de la Cooperativa Agraria Trabajadores Atahualpa Jerusalén Ltda. en Granja Porcón, teniendo en cuenta la mayor homogeneidad en calidad de sitio (suelo, clima, exposición y altitud). Se adoptó una parcela de 400 m<sup>2</sup> (20\*20 m), por ser el tamaño más utilizado en inventarios de masas forestales y se tomaron 20 árboles; que es lo recomendable para evaluar calidades de sitio (FAO, 2020; USDA, 2015). De estos, se obtuvieron los siguientes datos: altura total (AT) y altura comercial (AC), para lo cual se empleó el hipsómetro, diámetro a la altura de pecho (DAP) a 1.30 m, empleando cintas métricas y volumen maderable (VM); empleando formula volumetría de árboles en pie; además, se analizó el tipo de suelo, textura, estructura, pedregosidad, profundidad efectiva y pendiente.

##### **b. Registro de datos de la zona**

Para los datos de precipitación, humedad relativa, temperatura, se recolectó la información de la estación meteorológica de la CAT Atahualpa – Jerusalén Granja Porcón, donde se cuenta temperatura promedio anual de 10.64°C, presenta una humedad relativa media anual de 83.26% y una precipitación media anual de 1015.80 mm. en los meses de lluvia también se presentan granizadas esporádicamente, de poca duración, (SENAMHI, 2022)

### **c. Unidad de análisis**

La unidad de análisis estuvo constituida por rodales de la especie *Pinus patula*, ubicados en las plantaciones de Granja Porcón, en los niveles altitudinales que correspondan a la región quechua (2800 a 3500 msnm).

### **d. Población**

La población estuvo representada por los individuos de la especie *Pinus patula* ubicadas en el sector piedra grande, área ubicada dentro de las plantaciones de Granja Porcón, en una extensión de 10 ha.

### **e. Muestra**

Se identificó un rodal de la especie en estudio, en el sector piedra grande, donde se seleccionaron y evaluaron 20 árboles, lo cuales no contaban con podas ni raleos y tenían 25 años; además, se tomaron 03 muestras de suelo, de las cuales se tomaron en X en cada punto un total de 05 submuestras representativas.

### **f. Unidad de observación**

Se recolectaron parámetros dendrométricos de 20 individuos de *Pinus patula* en un área de 400 m<sup>2</sup> (20\*20m) dentro del área de estudio.

### **g. Registro de datos de la especie en estudio**

Dentro la parcela representativa de 400 m<sup>2</sup>, se seleccionaron 20 árboles al azar, de los cuales se midieron específicamente la altura total (AT), altura comercial (AC), diámetro a la altura de pecho (DAP), y volumen maderable (VM); ya que con estos parámetros dendrométricos, permiten determinar la calidad de sitio de la especie (USDA, 2015).

### **h. Toma de muestras de suelo**

Dentro de la parcela de 400 m<sup>2</sup>, para la toma de muestra de suelo, se realizó mediante calicatas los cuales tuvieron las siguientes dimensiones de 0.4 m. de ancho por 0.4 m de largo y 0.15 m de profundidad (Downard, 1998; Nowak et al. 1991; Barahona, 2012; Broquen, 2009).

Luego se procedió a tomar 5 submuestras de suelo de medio kilogramo cada una, en forma de X, siendo el método más apropiado y sencillo para identificación de N, P, K y C (USDA, 2015), luego se mezclaron las 5 submuestras dentro de un balde para obtener una sola muestra representativa de un kilogramo; la cual fue almacenada en una bolsa plástica. Después de tres meses de la extracción de los árboles de *Pinus patula* del rodal, se retornó para extraer otra muestra, la cual fue tomada al costado de donde se extrajo la primera muestra dentro de la parcela, y se repitió el mismo procedimiento después de transcurrido 6 meses de la extracción de los individuos de la especie en estudio.

**i. Transporte de muestra de suelo**

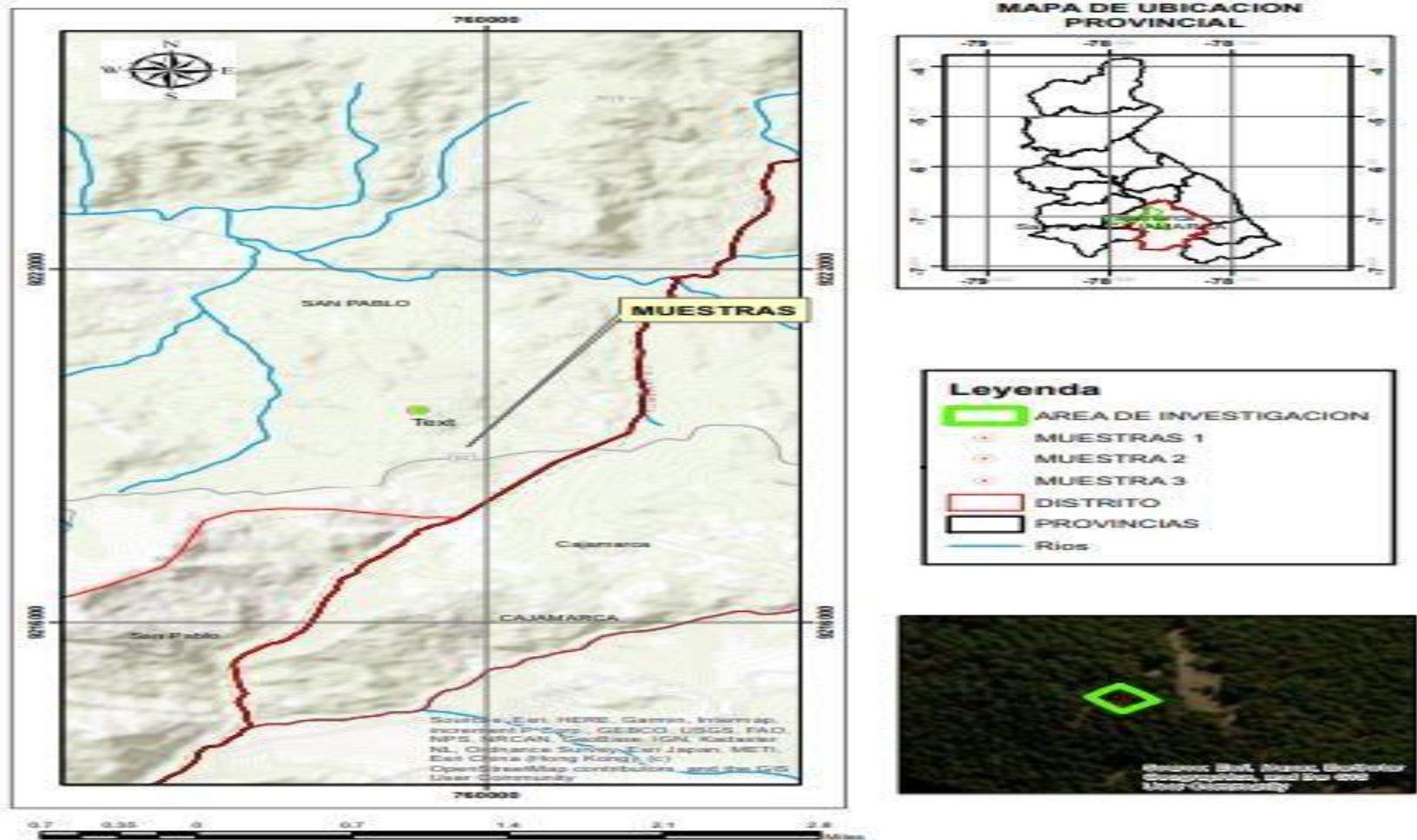
La muestra de suelo fue almacenada en una bolsa plástica, y se procedió a colocar la etiqueta con los datos como fecha, las coordenadas, la altitud y la cantidad en kg de la muestra, se rotuló la muestra para su transporte y posterior análisis fisicoquímico en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

**j. Instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de la información de campo, se utilizó los registros de evaluación de los rodales y de los parámetros dendrométricos de las especies forestales.

**Figura 3**

*Mapa de ubicación de las muestras.*



*Nota.* La figura muestra la ubicación de las muestras. Fuente: Elaboración propia según datos cartográficos de IGP.

### 3.3.2. Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo fueron analizadas con la metodología de Epa 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH, ISO 11265 y la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), donde se realizó el análisis fisicoquímico, donde se analizó el porcentaje de Nitrógeno y Carbono, cantidad de Fósforo y Potasio, pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arena, limo y arcilla; y la clase textural.

Para calcular el porcentaje de Nitrógeno total, se lo realizó con el método de Kjeldahl. La versatilidad de este método y la fácil ejecución del análisis con una precisión elevada lo han convertido en modelo de referencia. En el análisis de suelos, del agua y allí donde deba determinarse el nitrógeno, este método sigue teniendo la misma importancia que antes. Ocampo (2013), menciona que la muestra debe ser descompuesta con ácido Sulfúrico y ácido de sulfato de potasio en presencia del catalizador de sulfato de cobre. De esta manera se transfieren los compuestos orgánicos conectados con el nitrógeno con los compuestos inorgánicos de sulfato de amonio. Esto debe ser llevado a cabo por medio de vapor de agua y un dispositivo de destilación. De esto resulta una solución líquida de amoníaco, la cual es introducida en una definida cantidad de solución de ácido bórico y finalmente se determina el contenido de nitrógeno.

Para el potasio ( $K_2O$ ), se realizó el test turbimétrico, el que consiste en colocar muestras de en un tubo de ensayo, luego se coloca el tubo contra la tarjeta de lectura, colocándolos a contraluz para observar la línea blanca de la zona de lectura.

En el caso del pH se llena un tubo de ensayo hasta la marca más baja (2ml) con el reactivo indicador de pH, luego con una cucharita se añade 6 medidas de muestra de suelo; se coloca la tapa y se agita suavemente por un minuto, se deja reposar por 5 minutos y se coloca la tarjeta de color de pH y se anota el valor (Martinez et al., 2014).

Para el caso del N, P y K, se llenó el tubo de reacción hasta la marca de graduación de 7.5ml con la solución de extracción HI3896, luego se añade 9 medidas de muestra de suelo, se coloca la tapa y se agita suavemente durante 1 minuto, se deja en reposo por 5 minutos hasta que se vuelva más claro el extracto (Villarroel, 2015).

Para el caso del análisis de textura de suelo, se utilizó el triángulo de texturas, con el que los suelos pueden ser clasificados en Arenoso, Franco arcilloso, Franco limoso, etc. (USDA, 2015).

El método de Bouyucos, consisten en observar la densidad de la suspensión, la cual es medida por el hidrómetro a diferentes tiempos, de acuerdo con la velocidad de caída de las partículas, las que están en relación con su diámetro. De acuerdo con USDA (2015), se debería de pesar 50 gr. de suelo (TFSA), se coloca la muestra en el vaso de dispersión, luego se adiciona agua destilada hasta los  $\frac{2}{3}$  del volumen del vaso de dispersión. Se adicionó el dispersante y 10 ml del dispersante habilitado, se agita por 5 minutos con el agitador eléctrico.

Con el hidrómetro dentro de la probeta, enrazar la suspensión, hasta la marca de 1130 CC. Se usó agua destilada y se agitó la probeta sellándola con la mano y finalmente se esperó los primeros 40 seg para realizar la lectura del hidrómetro, así hasta que pasen 2 horas para la segunda lectura.

### **3.3.3. Trabajo en gabinete**

Se usó análisis de varianza (ANOVA) de medias repetitivas para los parámetros evaluados en el análisis fisicoquímico del suelo (Marschener, 2015). Se usó análisis de correlación simple para estimar el grado de asociación entre la variable dependiente (mineralización del nitrógeno) e independiente (*Pinus patula*). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa SPSS versión 25.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Porcentaje de nitrógeno total en el suelo

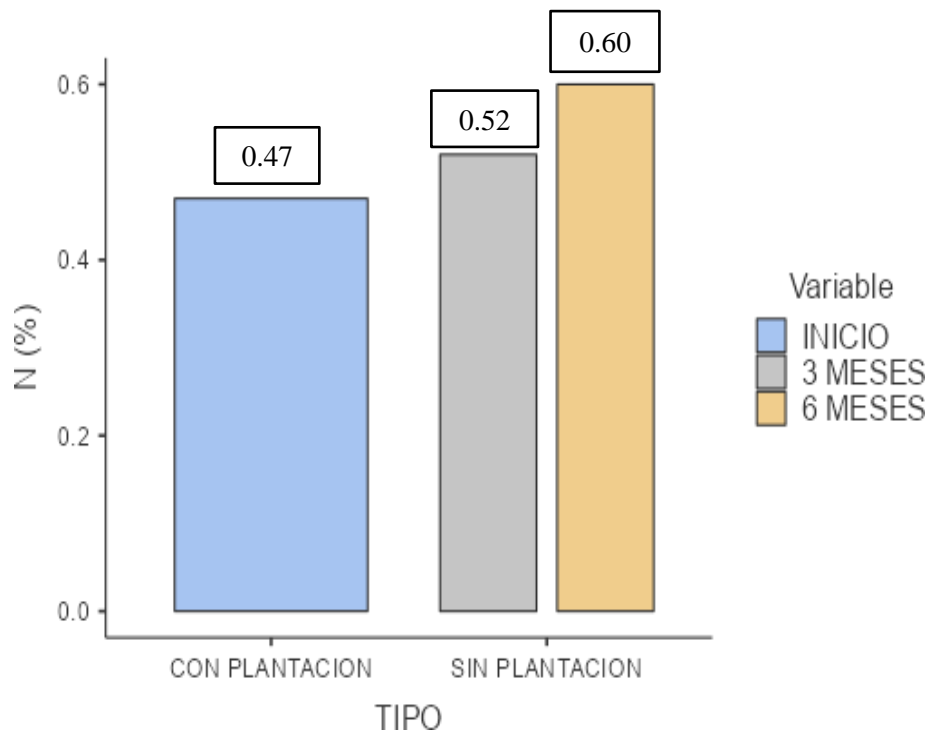
El porcentaje de nitrógeno total al inicio fue de 0,47, diferente a lo obtenido a los 3 meses de evaluación (0,52%); sin embargo, se obtuvo un mayor porcentaje de nitrógeno a los 6 meses después de la extracción forestal (0,60%), tal y como se muestran los resultados de la figura 4, el porcentaje de nitrógeno total a los 3 meses se incrementa en un 0.05% para finalmente a los 6 meses incrementar en un 0.08%, básicamente esto se debe a que se incorpora materia orgánica como acículas y ramas al suelo inmediatamente después realizada la extracción, lo que ocasiona un incremento de nitrógeno al suelo mediante estos.

Así mismo, la dinámica que tiene el nitrógeno en el suelo después de la extracción forestal se debe a la mineralización del nitrógeno, el cual es el proceso en el que el nitrógeno orgánico pasa a la forma inorgánica  $NH_4^-$  (Mensah, 2016), y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía. Este proceso de descomposición de la materia orgánica se debe a que los microorganismos en el suelo tienen condiciones de humedad y temperatura adecuadas e inician el proceso de descomposición mucho más rápido en el suelo sin dosel arbóreo, como resultado de esto, fijan el nitrógeno en el suelo de forma inorgánica por lo que el porcentaje de nitrógeno total aumenta en el suelo, tal y como menciona Sohr (2017), que los suelos forestados presentaron un 70% menos de N, que el suelo deforestado, esto lo evidenció a los 0,10m, registrando incrementos del 75 al 80% en áreas taladas. Finalmente, la hojarasca y materia orgánica que queda después de la extracción forestal crea condiciones de temperatura y actividad microbiana más favorables para descomponer la materia orgánica, pero luego disminuye ya que las condiciones de temperatura y escaso nivel de Nitrógeno en el suelo disminuye y se incrementan los

porcentajes de carbono, ocasionando la lenta descomposición de la materia orgánica en el suelo.

**Figura 4**

*Nitrógeno total en un suelo con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



*Nota.* En la figura se muestra que existe una mínima diferencia entre los datos tomados al inicio de la evaluación y después de la extracción de *Pinus patula*, lo que indica los niveles de nitrógeno se han mantenido debido a la incorporación de la materia orgánica al suelo como acículas y ramas que caen después de la extracción.

**Tabla 2**

*Análisis descriptivo del porcentaje del nitrógeno total al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
N (%)	3	0.530	0.520	0.470 <sup>a</sup>	1.59	0.0656	0.00430

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

*Nota.* La tabla 2, nos muestra el análisis descriptivo para el nitrógeno, al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza (0.00430), indica que no existe una notable diferencia entre los valores del porcentaje de nitrógeno total al inicio, 3 meses y 6 meses; esto debido a que se incorpora materia orgánica mediante la caída de ramas y acículas lo que causa aumento de la fertilidad del suelo (Martínez et al., 2014); además, el porcentaje de nitrógeno total en el suelo, indican que existe permanente actividad metabólica después de realizada la extracción de las plantaciones forestales, tal y como menciona Yakabi (2014), en su estudio realizado sobre los procesos de descomposición, mineralización de la materia orgánica y las capacidades enzimáticas de la biota del suelo, son indicadores y sirven para realizar un análisis de sus actividades y proporciona información cualitativa respecto a los procesos de transformación de N y C y los ciclos biogeoquímicos, gracias a esto, la dinámica del nitrógeno total en el suelo se refleja con un aumento y disminución del porcentaje de este elemento, obteniéndose valores mucho más bajos al inicio de la evaluación e incrementando de manera no tan significativa al final de la evaluación.

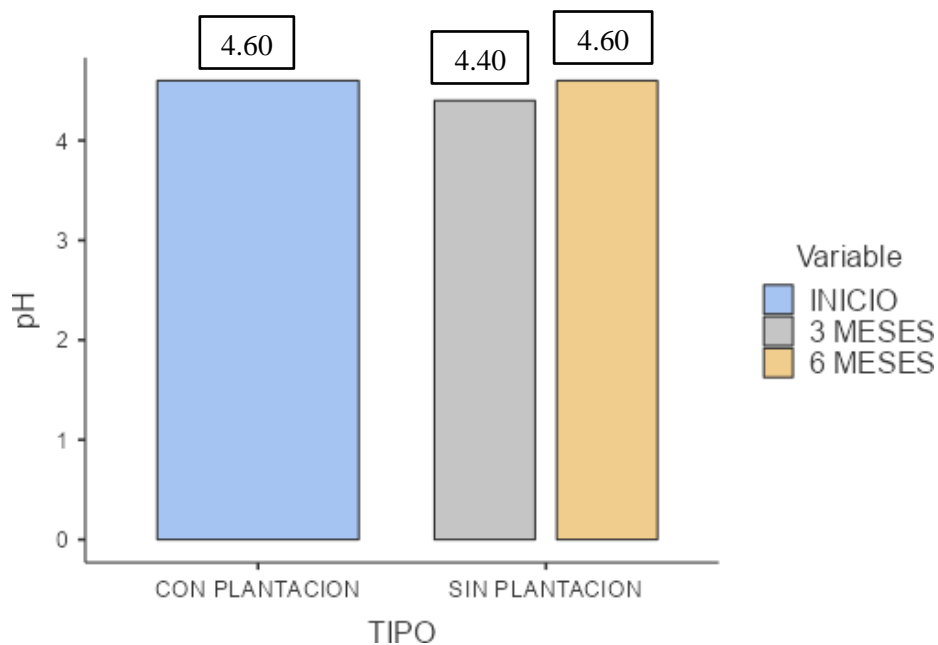
Otro factor que influye en la dinámica del Nitrógeno total en el suelo es el pH, en la zona de estudio se obtuvo un valor de 4,6 al inicio de la evaluación, evidenciándose que no hubo variación significativa, debido que a los 3 meses se registró un valor de 4,4 y a los 6 meses un valor de 4,6 (figura 5). De acuerdo con Gordillo y Cabrera (2017), el pH influye en la forma química del nitrógeno presente en el suelo, debido a que la probabilidad de pérdidas por volatilización en forma de amoníaco ( $NH_3^-$ ) aumenta con el pH, disminuyendo la cantidad de nitrógeno que se puede mineralizar. Además, el pH también influye sobre la actividad microbiana desarrollándose mejor los microorganismos responsables de la mineralización del nitrógeno en condiciones ácidas, como consecuencia se produce una dinámica del nitrógeno en el suelo, aumentando lentamente debido al lento proceso de descomposición de la materia orgánica por

presentar los suelos un pH ácido.

Los resultados obtenidos coincidieron con lo reportado por Donoso (2010), quien afirma que, en los bosques de coníferas, la hojarasca se acumula en la capa superficial mezclada con los micelios de los hongos, lo que impide que haya una variación en los niveles del pH del suelo.

**Figura 5**

*pH con y sin plantación (inicio, 3 meses y 6 meses) después de la extracción*



*Nota.* La gráfica de barras para el pH en el suelo nos muestra ha existido una mínima variación en los valores a lo largo del tiempo antes y después de la extracción de *Pinus patula*; ya que el tipo franco-arcilloso lo que permite tener capacidad buffer sin embargo, no existe diferencia significativa.

**Tabla 3**

*Análisis descriptivo para el pH, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
pH	3	4.53	4.60	4.60	13.6	0.115	0.0133

*Nota.* La Tabla 3, nos muestra el análisis descriptivo para el pH, al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran un valor de 0.0133, indicando que no existe una diferencia entre los valores del pH al inicio, 3 meses y 6 meses; tal y como menciona Martínez et al. (2014), esto se debe a la resistencia del suelo a la acidificación, propiedad de los pares conjugados ácido-base presente en el intercambio de protones con sustancias que tienen capacidad buffer. Este poder amortiguador depende del contenido y tipo de acidez, tipo de arcilla, presencia de sales, contenido de materia orgánica. Así mismo, la velocidad de la acidificación depende de la capacidad de buffer del suelo, es decir, al inicio del proceso el suelo pierde cationes como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^{+}$  y  $K^{+}$  que se intercambia por protones; de esta manera se explica la saturación de bases en el suelo analizado sin que se muestre una acidificación notable (Sá Mendoza et al. 2006).

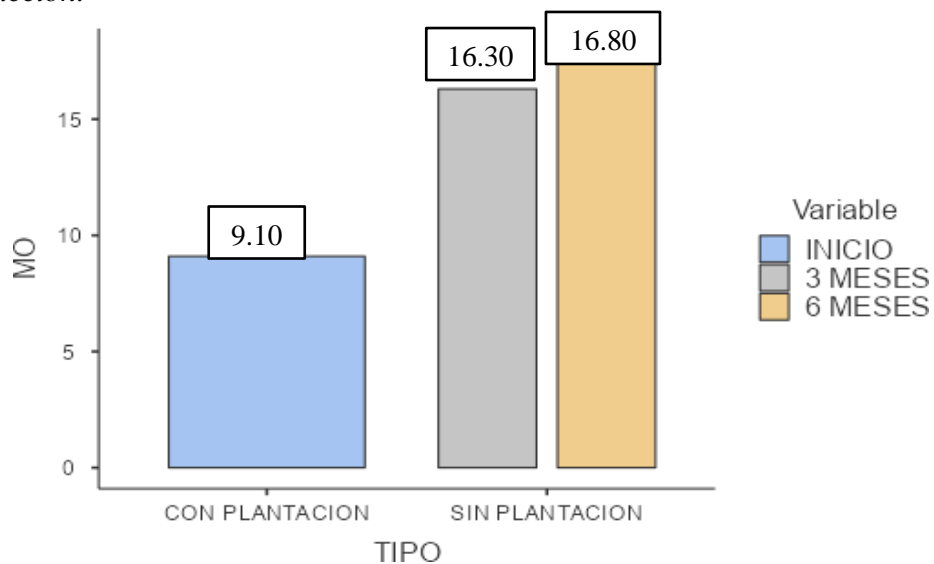
El pH determina los tipos de organismos presentes y en su actividad; a menor pH de 5.5, la actividad de las bacterias y actinomicetos es baja; los hongos se adaptan y desarrollan en un pH más amplio. Los procesos de nitrificación, fijación de nitrógeno, mineralización y amonificación prosperan mejor bajo condiciones neutras, porque la participación de las bacterias en estos procesos es determinante.

Otro factor que influye en el aumento del Nitrógeno total en el suelo fue el porcentaje de materia orgánica. El porcentaje registrado al inicio de la evaluación fue de 9,1 %; sin embargo, después de 3 meses de haberse realizado la extracción forestal, se registró un 16,3% de materia orgánica en el suelo; finalmente, a los 6 meses se midió un 18,0% de materia orgánica en el suelo, tal y como se muestra en la figura 6; existiendo una diferencia al inicio con respecto a los 3 meses de 7.20%, y a los 6 meses la diferencia fue de 7.70% (esto se debe a que la temperatura bajo dosel es mucho menor que la temperatura sin dosel durante el día), tal y como indica Beer (2018), debido a que la existencia de “mulch”, producto de la caída de las hojas y residuos de la poda, ayuda a mantener la

humedad del suelo en la época seca e incrementa la cantidad de materia orgánica del suelo, haciendo que los microorganismos disminuyan la capacidad de bajar la relación Carbono Nitrógeno, por lo que el nitrógeno total del suelo se mantiene y no aumenta de manera exponencial tal y como se observa en los resultados. Con esto se observa que la dinámica del nitrógeno después de los 6 meses de la extracción aumenta lentamente.

**Figura 6**

*Materia orgánica con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



*Nota.* La grafica de la materia orgánica en el suelo nos muestra que ha existido un incremento de materia orgánica, ya que al momento de la extracción forestal existe incorporación de material orgánico (ramas y acículas); sin embargo, no existe diferencia significativa.

**Tabla 4**

*Análisis descriptivo de la Materia Orgánica, al inicio, 3meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
MO	3	14.5	16.3	9.10 <sup>a</sup>	43.4	4.72	22.3

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

*Nota.* La Tabla 4, nos muestra el análisis descriptivo de la materia orgánica, al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran que existe una diferencia entre los valores de materia orgánica al inicio, 3 meses y 6 meses; coincidiendo con lo reportado por Fox (2009), menciona que los suelos bajo plantación de *Pinus patula* registraron contenidos de materia orgánica menores (de 4,53 a 4,82%) que los suelos sin plantación de *Pinus patula* (5,50%); esto se explica por la influencia de la hojarasca de especies coníferas se descompone rápidamente en los primeros meses después de la tala de árboles (Docampo, 2012); además, mientras más rica en materiales nutritivos es, más rápidamente se descompone la hojarasca, mientras más rico es el mantillo en resinas y lignina, más lenta será la descomposición.

Por otro lado, el tipo de humus, que desarrollan las coníferas es el humus mor, un tipo de materia orgánica que no se ha incorporado al suelo mineral, de modo que se puede separar como una capa perfectamente diferenciada del suelo mineral subyacente. Es una acumulación superficial de restos vegetales; este tipo de humus se asocia normalmente a los bosques de coníferas, y particularmente a las regiones más frías de las zonas templadas y a las partes altas de las montañas (Docampo, 2012). De acuerdo con lo descrito anteriormente, se observa que la dinámica del nitrógeno es notable después de que se realiza la extracción forestal, esto debido a que cuando se produce la caída de los árboles incorpora restos orgánicos al suelo (ramas, acículas), provocando así que haya una dinámica de fijación del nitrógeno en el suelo.

#### **4.2. Relación Carbono/Nitrógeno**

La relación carbono – nitrógeno bajo dosel fue menor (11,28), diferente a lo registrado a los 3 meses de la extracción forestal que fue de 18,18; sin embargo, a los 6 meses de la extracción forestal, se registró un valor de 19,00 (figura 7), esto se debe a

que el porcentaje de nitrógeno total en el suelo se mineraliza mucho más rápido cuando existe dosel arbóreo, ya que la variación de materia orgánica del suelo provoca que la actividad microbiana disminuya, tal y como mencionan Palma et al. (2012), la competencia entre vegetales y microorganismos por el nitrógeno mineral es importante cuando éstos disponen de abundante sustrato carbonado, esto ocurre cuando se acumula hojarasca en el suelo y la mayor parte es entonces asimilada por los microorganismos, ya que éstos son competidores más hábiles que las plantas. Así mismo, según DoSantos (2015) menciona que la relación C/N es alta, ya que el propone que los valores óptimos de C/N oscilan entre 15:1 y 25:1, y que con rangos mayores de 25:1 puede resultar que el nitrógeno quede atado a los microorganismos del suelo, ya que los mismos necesitarán de mayores cantidades de N en el proceso de descomposición de los materiales ricos en carbono, además de restringir el nitrógeno de las plantas que lo necesitan, y el resultado obtenido al finalizar la evaluación fue 19, considerándose un valor alto lo que influye en la fijación del nitrógeno después de la extracción forestal.

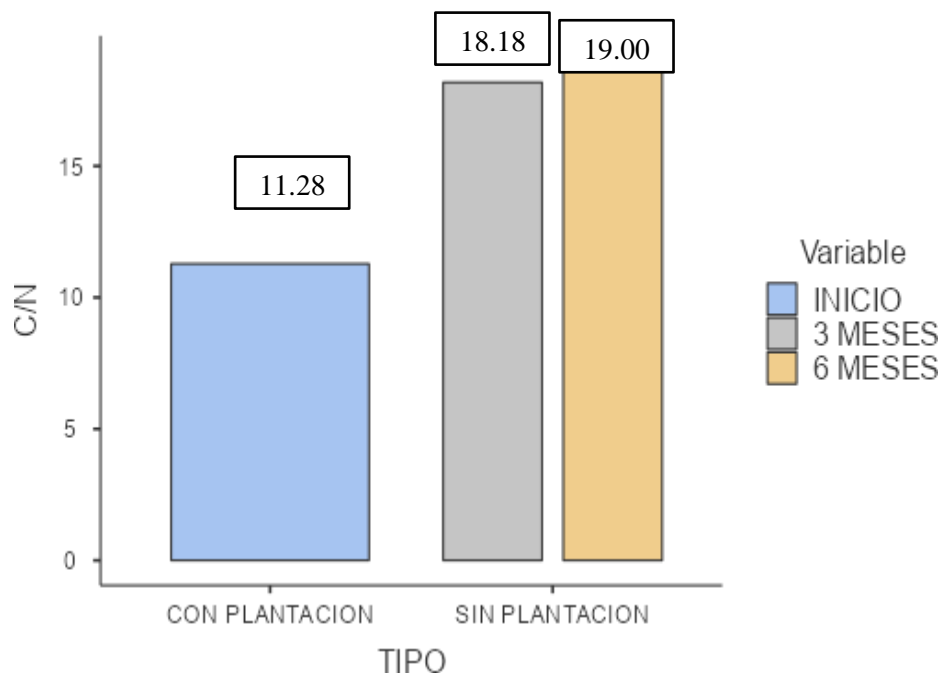
La hojarasca y materia orgánica que queda después de la extracción forestal, crea condiciones de temperatura y actividad microbiana más favorables para descomponer la materia orgánica, pero luego disminuye ya que las condiciones de temperatura y escaso nivel de Nitrógeno en el suelo disminuye y se incrementan los porcentajes de carbono, lo que genera que la relación carbono nitrógeno aumente tal y como lo indican Gordillo y Cabrera (2015), la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de los residuos orgánicos que se están descomponiendo es uno de los factores más importantes que afecta a la tasa de descomposición y la mineralización o inmovilización, de forma que cuanto mayor es la relación C/N menor es el nitrógeno potencialmente mineralizable. Así mismo, la inmovilización ocurre cuando los microorganismos descomponen material orgánico con una relación C/N mucho mayor que la propia, que suele oscilar en promedio entre 6-8, y después de que las demandas de carbono para la respiración han sido satisfechas. Para



mantener su relación C/N constante, los microorganismos deben incorporar nitrógeno exógeno, preferiblemente sin la asimilación adicional de carbono en el proceso (Bell, 2014). En los estudios de Gomez et al.(2019), se muestra que la mineralización del nitrógeno estuvo significativamente correlacionada con la relación C/N en las fracciones ligera y pesada de la materia orgánica del suelo, así como también con el nitrógeno total, el carbono total, el nitrógeno microbiano y el nitrógeno hidrolizable en medio alcalino.

**Figura 7**

*Relación C/N con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



*Nota.* El gráfico de barras para la relación C/N en el suelo nos muestra que hubo un aumento de los valores entre los datos tomados antes y después de la extracción de *Pinus patula*, lo que indica el valor de la relación C/N se ha incrementado por el incremento del carbono orgánico; sin embargo, el incremento no ha sido significativo.

**Tabla 5**

*Análisis descriptivo de la relación Carbono/ Nitrógeno al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
C/N	3	16.2	18.2	11.3 <sup>a</sup>	48.5	4.24	18.0

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

*Nota.* La tabla 5, nos muestra el análisis descriptivo de la relación carbono/nitrógeno, al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran que existe una diferencia entre los valores del C/N al inicio, 3 meses y 6 meses. La relación carbono/nitrógeno (C/N) de los residuos orgánicos que se están descomponiendo es uno de los factores más importantes que afecta a la tasa de descomposición y a la mineralización del nitrógeno, de forma que cuanto mayor es la relación C/N menor es el nitrógeno potencialmente mineralizable (Barahona, 2012).

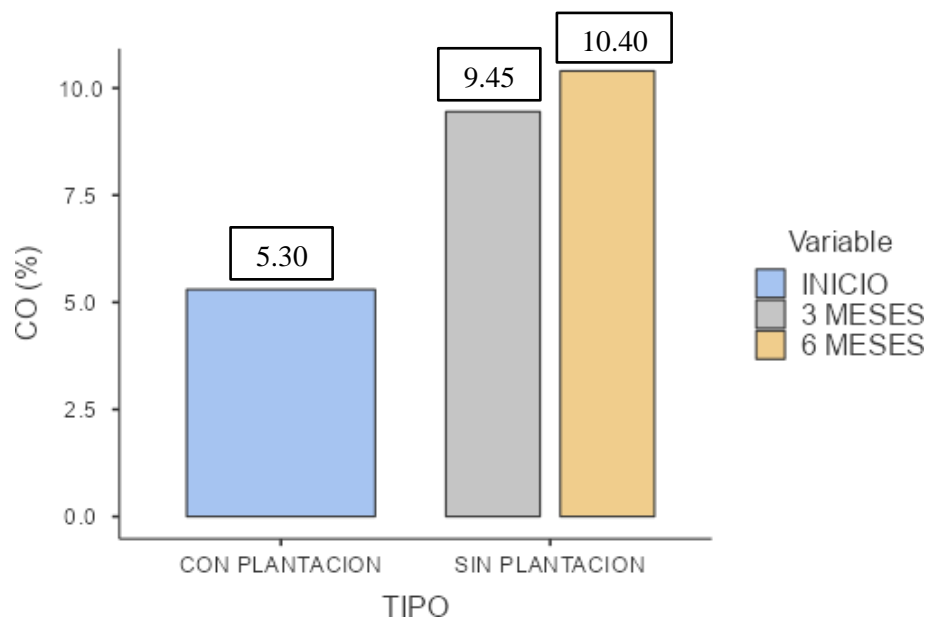
La inmovilización ocurre cuando los microorganismos descomponen material orgánico con una relación C/N mucho mayor que la propia, que suele oscilar en promedio entre 6-8, y después de que las demandas de carbono para la respiración han sido satisfechas. Para mantener su relación C/N constante, los microorganismos deben incorporar nitrógeno exógeno, preferiblemente sin la asimilación adicional de carbono en el proceso (Donoso, 2010). Frecuentemente se ha establecido como relación C/N crítica entre inmovilización y mineralización neta, una relación de entre 8-18, aunque los trabajos en los que se establece este valor umbral se han desarrollado mayoritariamente sobre restos de plantas (Barahona, 2012).

Otro factor que influye en la relación C/N es el porcentaje de carbono orgánico, de los cuales se obtuvo al inicio de la evaluación, un valor de 5,3%, diferente a lo obtenido a los 3 meses después de realizada la extracción forestal (9,45%), y al finalizar el estudio

(6 meses), se registró un 10,40% siendo el valor más alto registrado después de realizada la extracción en la zona de estudio (figura 8), lo que indica que el tiempo y la ausencia de cobertura boscosa influyen directamente en el aumento del CO; tal y como mencionan Turner et al. (2016), el aumento en el porcentaje de carbono orgánico, aumenta con el tiempo por causa de factores climáticos (aumento de temperatura y humedad del suelo), lo que genera disminución en la descomposición de materia orgánica después de la tala, ocasionando que los valores del nitrógeno disminuyan y se fijen en el suelo como nitrógeno inorgánico.

### Figura 8

*Carbono orgánico con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



*Nota.* El gráfico de barras para el carbono orgánico en el suelo nos muestra que ha existido un aumento del porcentaje de carbono orgánico respecto al inicio de la evaluación, lo que indica que el carbono orgánico se incrementa porque la materia orgánica se incrementa.

**Tabla 6**

*Análisis descriptivo del Carbono orgánico, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
CO (%)	3	8.38	9.45	5.30 <sup>a</sup>	25.1	2.71	7.36

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

*Nota.* La tabla 6, nos muestra el análisis descriptivo del carbono orgánico, al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran que existe diferencia entre los valores del Carbono orgánico al inicio, 3 meses y 6 meses; ya que el carbono desempeña un papel central en el control de la tasa de ciclaje del nitrógeno. Suelos en los que el suministro de carbono coincide estrechamente con el ingreso de nitrógeno vía ciclaje, mantienen el nitrógeno dentro del sistema. Sin embargo, cuando los suelos están saturados de nitrógeno, pero son deficientes en carbono son más propensos a perder nitrógeno hacia el ambiente (Marschener, 2011).

Gordillo y Cabrera (2015) mencionan que en profundidades de 15 a 20 cm el CO después de la cosecha forestal, los restos orgánicos en combinación con la brusca exposición del suelo luego de la cosecha y la posterior preparación del terreno, acelera los procesos de descomposición, responsables de la pérdida del CO del suelo; sin embargo, después de un periodo de tiempo, el CO aumenta de manera exponencial, ya que los restos orgánicos demoran mucho más en descomponerse porque la tasa de mineralización del nitrógeno disminuye y la disponibilidad de nitrógeno es baja, lo que ocasiona un aumento del porcentaje de CO, como resultado de esto se incrementa la relación C/N del suelo.

### 4.3. Determinación del aumento o disminución del fósforo y potasio en el suelo.

**Tabla 7**

Valores totales de las propiedades físicas y químicas del suelo (15cm) en el área de estudio.

Variable	Inicio	3 meses	6 meses
P (ppm)	7,05	2,39	5,00
K (ppm)	160	395,9	210,8
A (%)	25	20	34
L (%)	46	46	24
Ar (%)	29	34	42

Fosforo (P), potasio (K), arena (A), limo (L), arcilla (Ar).

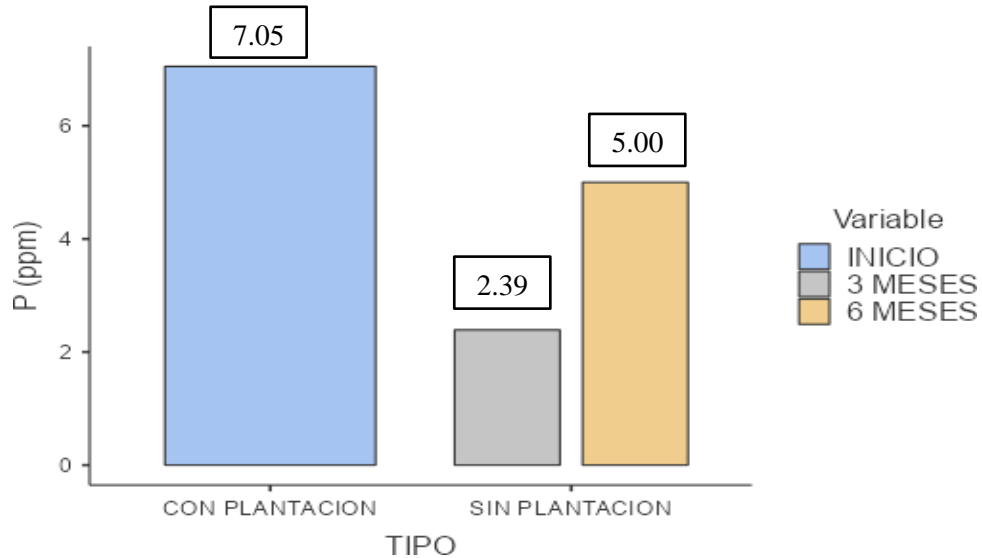
De acuerdo con la Tabla 7, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos del suelo después de realizada la extracción forestal en el área de estudio ha ido disminuyendo tal y como menciona Martiarena y Wallis (2019) quienes investigaron en Argentina la pérdida de nutrientes durante la cosecha y el establecimiento forestal, en un rodal de *Pinus taeda*, en el que concluyeron que existe pérdida de nutrientes después de realizar la extracción de árboles de 47, 55, 38 y 21% de N, P, K y Ca, respectivamente.

Al inicio, los suelos presentaron contenidos bajos de fósforo disponible (7,05ppm); sin embargo, a los 3 meses se registró 2,39 ppm en suelos sin dosel arbóreo, y al término de la evaluación (6 meses) se obtuvo un valor de 5,00ppm (figura 9), esto se debe a que a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm, existen mayores niveles de materia orgánica, lo que incrementa el fósforo asimilable, tal y como lo reportado por Díaz et al. (2006), que en áreas donde existe plantación de *Pinus patula*, la materia orgánica se mantiene; sin embargo, después de la extracción forestal, hay un incremento de materia orgánica ya que la caída de ramas y acículas al suelo incorporan más material orgánico al suelo, lo que afecta en la cantidad de fósforo asimilable en el suelo, reduciéndolo y manteniéndolo fijado, ocasionando así el

proceso de mineralización en el suelo.

**Figura 9**

*Fósforo con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



*Nota.* El gráfico de barras para el fósforo en el suelo nos muestra que hay diferencia entre los datos tomados antes y después de la extracción de *Pinus patula*, lo que indica que en los primeros tres meses el fósforo disminuye, sin embargo, a los 6 meses se ve un incremento paulatino, pero no existe diferencia significativa.

**Tabla 8**

*Análisis descriptivo del Fósforo, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Descriptivas

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
P (ppm)	3	4.81	5.00	2.39 <sup>a</sup>	14.4	2.34	5.46

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

*Nota.* La Tabla 8, nos muestra el análisis de variancia (cuadrados medios) para el fósforo, por tipo (con plantación y sin plantación), al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran que existe una diferencia entre los valores del fósforo al inicio, 3 meses y 6 meses; según Montecinos (2008), las reacciones entre las distintas formas

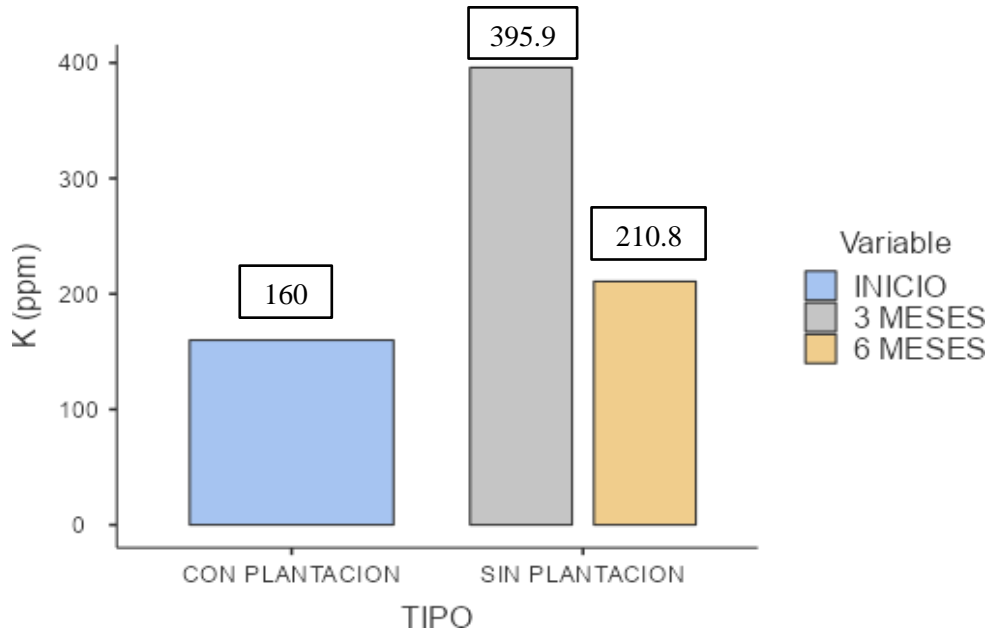
de fósforo dependen de los coloides y minerales presentes en el suelo, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas y ácido orgánico, que tienden a solubilizar fosfatos mediante conjugación del calcio, aluminio y hierro, dejando así al ion fosfato en estado soluble. Por último, debemos considerar las micorrizas son eficientes en aumentar los niveles de fósforo, debido a la absorción de su micelio. Según el estudio de Chen et al., (2003) demostraron claramente que la biomasa y microbiología del suelo de la enzima fosfatasa fue consistente y significativamente más en áreas sin plantación, en comparación a áreas con plantación, el cual concluyó que se ve afectado principalmente por los retornos y acumulación de la hojarasca.

Con respecto al potasio, al inicio del estudio se registró un valor de 160 ppm, este valor fue el menor registrado en el periodo de evaluación; contrario a lo registrado a los 3 meses de la evaluación, donde se obtuvo un valor máximo de 395,9 ppm; seguido del valor obtenido a los 6 meses, donde se registró 210,8 ppm; observándose una disminución en los valores registrados, del cual podemos afirmar, que los suelos con plantaciones de pino muestran un suelo con un nivel bajo de potasio, contrario a los suelos sin dosel arbóreo donde se incrementa el potasio. Así mismo, los resultados obtenidos coinciden con las plantaciones de pino realizado por Chirino, et al. (2010) Estupiñan, (2000) & Barahona (2012); Frossard et al. (1995) Sohr et al (2017), quienes indican que los suelos bajo pino presentan menores niveles de potasio respecto a suelos sin plantación. Estos resultados se pueden atribuirse a una combinación de factores que incluyen los cambios en la materia orgánica y el retorno de nutrientes al suelo.

El suelo bajo el dosel de la especie de *Pinus patula* fue ligeramente más ácido, aunque sin diferencias estadísticas después de la extracción forestal. Los contenidos de arcilla, permitió clasificarlos como franco - arcillosos para los tres casos, con una coloración pardo-oscura.

**Figura 10**

*Potasio con y sin plantación, al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*



Nota. El gráfico nos muestra que el potasio en el suelo ha incrementado después de la extracción de *Pinus patula* (a los 3 y 6 meses); sin embargo, después cae y se mantiene constante, a pesar de eso no existe diferencia significativa.

**Tabla 9**

*Análisis descriptivo del Potasio al inicio, 3 meses y 6 meses después de la extracción.*

Parámetro	N	Media	Mediana	Moda	Suma	DE	Varianza
K (ppm)	3	256	211	160 <sup>a</sup>	767	124	15415

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

Nota. La tabla 9, nos muestra el análisis de variancia (cuadrados medios) para el potasio, por tipo (con plantación y sin plantación), al inicio de la evaluación, a los 3 y 6 meses después de la extracción forestal.

De acuerdo con el análisis descriptivo, se observa que los resultados obtenidos de la varianza muestran que existe una diferencia entre los valores del potasio al inicio, 3 meses y 6 meses;, coincidiendo con lo obtenido en los suelos con plantaciones de pino en el estudio realizado por Chirino et al. (2016); quienes indican que los suelos bajo pino presentan menores niveles de potasio respecto a suelos sin pino; estos resultados



se pueden atribuirse a una combinación de factores que incluyen los cambios en la materia orgánica y los retornos de nutrientes al suelo debajo de los árboles.

Chen et al. (2003), en su estudio realizado en Chile, encontraron que al final del período de evaluación (9 meses), la materia orgánica, potasio y magnesio tienden a incrementar su concentración con respecto a los valores iniciales en las áreas aprovechadas, principalmente por los aportes de la materia orgánica incorporada (ramas y acículas).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los resultados que se obtuvieron de los análisis para el porcentaje de nitrógeno fueron de 0,47; 0,52 y 0,60%, lo que indica que la dinámica del nitrógeno total en el suelo después de la extracción forestal aumenta.

Para el caso de la relación C/N, se obtuvieron resultados de 19,00 al final de la evaluación, indicando así que el proceso de descomposición de la materia orgánica fue mucho más lento al inicio de la evaluación en comparación de los 3 y 6 meses (11,28 y 18,18).

De los demás parámetros evaluados, se obtuvieron valores para el fósforo de 7,05; 2,39 y 5,00 ppm; para el potasio se registraron valores de 160; 395,90 y 210,80 ppm; lo que indica que no existe pérdida de nutrientes,

#### **Recomendaciones**

Se sugiere seguir realizando estudios con intervalos de observación mucho menores, pero en mayor amplitud de tiempo, para poder así determinar con mayor precisión lo que ocurre en el periodo de la extracción forestal.

Se recomienda realizar estudios comparativos en un área con bosque manejado versus un área sin manejar, con las mismas características de edad y parámetros dendrométricos.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, M. (10 de abril de 2017). *Introduccion a la microbiología del suelo*. Obtenido de <https://www.worldcat.org/es/title/introduccion-a-la-microbiologia-del-suelo/oclc/1026161800>
- Arzola, P., Fundora, H., & Machado, A. (10 de agosto de 2016). *Suelo, planta y abonado*. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2030/1/tnp34h557t.pdf>
- Babbar, L., & Zank, D. (15 de Enero de 2006). *Nitrogen cycling in coffee agroecosystems: Net mineralization and nitrification in the presence and absence of shade these*. Obtenido de <file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf>
- Barahona, J. (julio de 2015). *Influencia de las plantaciones de Eucalyptus globulus Labill Y Pinus radiata D. Don en las propiedades del suelo, Chamiseria-Junin. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente*. Obtenido de [file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/Pamela\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf](file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/Pamela_Tesis_Licenciatura_2019.pdf)
- Barriera, E. (15 de junio de 2008). *Fundamentos de edafología para la agricultura*. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books/about/Fundamentos\\_de\\_edafolog%C3%ADa\\_para\\_la\\_agric.html?id=TldhAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Fundamentos_de_edafolog%C3%ADa_para_la_agric.html?id=TldhAAAAMAAJ&redir_esc=y)

- Bell, M., McDermott, S. L., Samel, J. M., & Dominic, F. (05 de Febrero de 2014). Obtenido de  
de  
<https://trid.trb.org/view/747610#:~:text=The%20study%20results%20showed%20a%20statistically%20significant%20association,that%20this%20widespread%20pollutant%20adversely%20affects%20public%20health.>
- Benito. (21 de ABRIL de 2011). Obtenido de Dialnet-  
[ExtraccionDeBiomasaEnLosSuelosForestalesPrincipale-4249045%20\(1\).pdf](#)
- Bertsh, H. F. (15 de abril de 2008). *La fertilizacion de los suelos y su manejo*. Obtenido de  
<https://repositorio.una.edu.ni/2030/1/tnp34h557t.pdf>
- Blinkey, D., & Hart, S. (2009). The components of nitrogen availability assessments in forest soils. 57-112.
- Broquen, P., Candan, F., Falbo, G., Girardin, J., & V, P. (2005). *Impacto del Pinus ponderosa sobre la acidificación de los suelos de la transición bosque-estepa, SO del Neuquen, Argentina. Rev, Bosque 26(3): 63-74. 12 pp.*
- Campbell, C. A., Jame, O., Akimremi, O., & Cabrera, M. (1995). Adapting the potentially mineralizable N concept for the prediction of mineralizer N requirements. 1-3.
- Cano, B., & Heyner, A. (julio de 2016). *Respiración del suelo y mineralización de nitrógeno en parcelas de pinar sometidas a un tratamiento silvícola de entresaca por boquetes (valencia-España)*. Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2667?locale-attribute=es>
- Catpo, J. (10 de Abril de 2014). *Determinacion de la ecuacion alometrica de Pinus patula y estimacion del contenido de carbono en su biomasa arborea en Porcon, Cajamarca.*

Crespo, P. C., Buytaert, W., & Feyen, J. (2014). *Land use change impacts on the hydrology of wet Andean páramo ecosystems. Proceedings of the Workshop held at Goslar.*

De Marco, et al. (octubre de 2021). *Differences in soil carbon and nitrogen pools between afforested pine and natural shrublands in a Mediterranean area.* Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0929139321003851?token=067C39C48096CF750BE39269593075B44DF3F8459C00AB2931BAF6BBFC95DE7E3CC0A1B1CFAC3B3551015F677F67A892&originRegion=us-east-1&originCreation=20220723222242>

Diaz, R., Acosta, M., Carrillo, F., Rodriguez, E., Flores, E., & Etcheyers, J. (2017). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl . et Cham. 25-34.

Docampo, R. (10 de Agosto de 2012). *La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola .*

Dominguez, V. (28 de junio de 2017). *Tratado de fertilización.* Obtenido de <file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf>

Downard, R. (Junio de 2018). *The effects of reforestation on forest soil properties at Charles Lathrop Pack Forest, Warrensburg, New York. M.S. thesis, State Univ. of New York Coll. of Envir. Sci. and For., Syracuse.*

FAO. (2020). Los fertilizantes y su Uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. 77.

Fassbender, H. (20 de Aril de 2013). *Quimica de suelos con enfasis em suelos de America latina IICA*. Obtenido de Quimica de suelos con enfasis em suelos de America latina IICA.

Fassbender, H. (2013). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 420.

Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (2015). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 420.

Fuentes, Y. (15 de Abril de 2014). *El suelo y los fertilizantes*. Obtenido de El suelo y los fertilizantes:  
file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf

Garcia, C. L. (24 de Junio de 2013). Evaluacion de tres metodos para medir la disponibilidad de Nitrogeno, Fosforo, Potasio en suelos. págs. 6-16.

Gomez, L., Zavala, M., Bonet, F., & Zamora, R. (2019). *Are pine plantations valid tools for restoring mediterranean forests ? an assessment along abiotic and biotic gradients*.

Hanselman, T. A. (2004). A comparison of in situ methods for measuring net nitrogen mineralization rates of organic soil amendments. 1098-1105.

Hazlett, et al. (octubre de 2021). *Effects of harvesting intensity, vegetation control and fertilization on 5–20 year post-harvest N availability in boreal jack pine and black spruce forest soils in northern Ontario, Canada*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112721005727>

Hernán, M., Castellanos, V., & Alejandro, E. (setiembre de 2011). *Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas*. Obtenido de Scielo:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000300343](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343)

Huaccha, M. C. (22 de mayo de 2019). *repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1374*.

Obtenido de [repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1374](http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1374):

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1374/1/T026\\_73230498\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1374/1/T026_73230498_T.pdf)

Hutstch, B. (1990). *Effect of tillage practice on nitrogen dynamics in soils. "Nitrogen metabolism in Plants"*.

L. Shun, et al. (setiembre de 2021). *Temporal variability in soil net nitrogen mineralization*

*among forest regeneration patterns in eastern Tibetan Plateau*. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21004763>

Labrador, M. (18 de Diciembre de 2016). *La Materia Organica en los suelos* . Obtenido de

<file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf>

Lamprecht, H. (2020). *Silvicultura de los Trópicos*. 267.

Li, Z., Peng, S., Rae, D., & Zhou, G. (04 de Agosto de 2019). Litter decomposition and nitrogen mineralization of soils in tropical plantation forest of southern China, with special attention to comparisons between legumes and non legumes.

Madrigal. (julio de 1979). *Muestreo y parcelacion forestal en areas de produccion*.

Marschner. (2015). Mineral nutrition of higher plants. Nutrient availability in soils. 581.

Martiarena, R., & Wallis, A. (junio de 2011). *Pérdida de nutrientes durante la cosecha y el establecimiento forestal en un rodal de Pinus tadea en Misiones, Argentina*. Obtenido de ResearchGate:

file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Descargas/PrdidadeNutrientes.....ForestalVenezolana.pdf

Martinez, E., Rodriguez, A., & Soledad, M. (28 de Mayo de 2014). *Fertilidad de suelo y parametros que la definen*. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902&info=resumen&idioma=SP>

Mendo, M. (11 de Abril de 2008). *Valoracion económica de los bienes y servicios ambientales del bosque Granja Porcón , Cajamarca .*

Miller. (abril de 2018). Obtenido de Dialnet-  
ExtraccionDeBiomasaEnLosSuelosForestalesPrincipale-4249045%20(1).pdf

MINAM. (5 de febrero de 2022). *Tasa de deforestacion en el Peru.*

Mogollón, J., Miragaya, G., Sanchez, L., Cachon, N., & Araujo, J. (18 de Junio de 2017). *Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes arboles de sombra*. Obtenido de <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropical/at4701/>

Mosier. (mayo de 2021). *Extraccion de especies forestales*. Obtenido de Dialnet-  
ExtraccionDeBiomasaEnLosSuelosForestalesPrincipale-4249045%20(1).pdf

MWENDERA, & REYEN. (2014). Obtenido de EXTRACCIÓN DE BIOMASA EN LOS SUELOS.

Nadelhoffer, K., & Melillo, J. (2003). Leaf-litter production and soil organic matter dynamics along a nitrogen- availability gradient in Southern Wisconsin (USA). 12-21.

Nowak, C. (2021). *Potassium trends in red pine plantations at Pack Forest, New York. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 847-850*. Obtenido de



file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/Pamela\_Tesis\_Licenciatura\_2019.pdf

Olivia, S., & Collazos, R. &. (10 de Julio de 2016). *Efecto de las plantaciones de Pinus patula sobre las características físico-químico de los suelos en tres pisos altitudinales en la region amzonas*. Obtenido de

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/60/176>

Orwa. (setiembre de 2009). *Pinus patula*. Obtenido de

[http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Pinus\\_patula.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Pinus_patula.PDF)

Ospina, C., Hernández, R., Rincón, E., Sánchez, F., Urrego, J., Rondas, C., . . . Riaño, N. (2011). El Pino pátula- guías silviculturales. 105.

Philippot, L., & Gremon, J. (2017). ontribution of bacteria to initial input and cycling of nitrogen in soils. 159-176.

Quintero, J., & Ataron, M. (2 de Marzo de 2018). *Contenido y flujo de nitrógeno en la biomasa y hojarasca de un cafetal a plana exposición solar en los Andes venezolanos*. Obtenido de <http://www.revfragronluz.org.ve/v156/v156z0001.html>.

Ramírez, J., León-Peláez, J., Craven, D., Herrera, D., Zapata, C., GonzálezHernández, M., . . . Osorio. (2014). *Effects on nutrient cycling of conifer restoration in a degraded tropical montane forest*. *Plant and Soil*.

Rivas, Y., Oyarzun, C., Godoy, R., & Valenzuela, E. (marzo de 2019). *Mineralización del nitrógeno, carbono y actividad enzimática del suelo en un bosque de Nothofagus obliqua (Mirb) Oerst y una plantación de Pinus radiata D. Don. del centro-sur de Chile*. Obtenido de Scielo:

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2009000100008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2009000100008)

- Rivero, T. C. (10 de Junio de 2019). *Materia organica del suelo. Universidad central de Venezuela*. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2030/1/tnp34h557t.pdf>
- Robertson, G., Herrera, R., & Rosswall, T. 1. (10 de Agosto de 2012). *Nitrogen Cycling in Ecosystems of Latin America and the Caribbean*. Obtenido de <file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf>
- Rodriguez, J. (2013). Un método racional. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 849.
- Schlesinger, W. H. (setiembre de 2017). *Processes controlling ammonia volatilization from Chihuahuan desert soils. Soil Biol. Biochem.* Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000300343#B70](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343#B70)
- SENAMHI. (15 de julio de 2022). *Datos meteorologicos de la estacion Granja Porcon Cajamarca*.
- Solorzano, P. R. (15 de Octubre de 2017). *Fertilidad de suelo, su manejo agricola*. Obtenido de <file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Escritorio/TESIS%20MAESTRIA/tesis%20mineralizacion.pdf>
- Thompson y Troeh, F. (10 de Julio de 1998). Obtenido de <file:///C:/Users/bryan/OneDrive/Descargas/INFLUENCIA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20SITIO%20EN%20LA%20PRODUCCION%20DE%20MADERABLE%20DEL%20Pinus%20radiata%20D.%20Don,%20EN%20EL%20PARQ.pdf>
- TURNER; LAMBERTY. (JUNIO de 2010).

USDA . (Julio de 2019). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Obtenido de [www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/kit2](http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/kit2).

USDA. (11 de Julio de 2019). *Soil Quality Test Kit Guide*. Washington. D.D: Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service-Soil Quality Institute. . Obtenido de <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/assessment/?cid=st>

Villarroel, R. (8 de Junio de 2015). *Técnicas de diagnóstico de la fertilidad del suelo*.

Vitousek, P., & Matson, P. (2015). Disturbance, nitrogen availability and nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation. 1360-1376.

## CAPITULO VII

### ANEXOS

*Anexo 1. Ficha de evaluación de 20 individuos de Pinus patula Schlect. Et cham en Granja Porcón – Cajamarca*

FICHA DE EVALUACION DE 20 INDIVIDUOS DE <i>PINUS PATULA</i> SCHLECT. ET CHAM EN GRANJA PORCÓN - CAJAMARCA						
Fecha de evaluación: noviembre 2022			Área: 400 metros cuadrados			
Especie: <i>Pinus patula</i>			Edad: 25 años			
Altitud: 3490 msnm			Coordenadas:			
			Este	759809.298	Norte	9218536.486
Evaluador:		Rodolfo Bryan Quispe Soriano				
N° de individuo	DAP (cm)	DAP (m)	CAP (cm)	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Volumen maderable (m3)
1	31.29	0.31	98.3	32.5	27	1.25
2	28.81	0.29	90.5	29.4	23.9	0.93
3	27.28	0.27	85.7	27.8	22.3	0.78
4	25.53	0.26	80.2	22.7	17.2	0.53
5	26.29	0.26	82.6	23.5	18	0.59
6	29.32	0.29	92.1	28.6	23.1	0.94
7	29.86	0.30	93.8	30.5	25	1.05
8	27.85	0.28	87.5	28.1	22.6	0.83
9	28.14	0.28	88.4	28.5	23	0.86
10	28.90	0.29	90.8	29.5	24	0.94
11	25.66	0.26	80.6	22.3	16.8	0.52
12	26.33	0.26	82.7	23.6	18.1	0.59
13	26.48	0.26	83.2	22.8	17.3	0.57
14	29.16	0.29	91.6	27.9	22.4	0.90
15	30.27	0.30	95.1	30.5	25	1.08
16	31.32	0.31	98.4	33.1	27.6	1.28
17	31.07	0.31	97.6	31.2	25.7	1.17
18	27.18	0.27	85.4	27.7	22.2	0.77
19	28.20	0.28	88.6	28.6	23.1	0.87
20	29.09	0.29	91.4	29.4	23.9	0.95

DAP. Diámetro altura del pecho

CAP. Circunferencia altura de pecho

*Anexo 2. Rótulo de toma de muestras*

<b>IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA DE SUELO</b>			
<b>Fecha de muestreo</b>			
<b>Profundidad de muestreo</b>			
<b>Coordenadas</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTITUD:</b>
<b>Numero de muestras</b>		<b>CANTIDAD</b>	
<b>Observaciones</b>			

### Anexo 3. Resultados de los análisis de suelos



## INFORME DE ENSAYO N° 121027-22/SU/BAÑOS DEL INCA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : RODOLFO BRYAN QUISPE SORIANO  
 Propietario / Productor : RODOLFO BRYAN QUISPE SORIANO  
 Dirección del cliente : JR. HUANUCO N° 845  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestra  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : PORCON / SAN PABLO / CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo : 01/12/2022 (\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 01/12/2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 02/12/2022  
 Cotización del servicio : 0338-22-BI  
 Fecha de emisión : 20/12/2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ÍTEM		1					
Código de Laboratorio		SU1321-EEBI-22					
Matriz Analizada		Suelo					
Fecha de Muestreo		: 01/12/2022					
Hora de inicio de Muestreo (h)		--					
Condición de la muestra		--					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente		--					
Ensayo	Unidad	LC		Resultados			
pH	und. pH	0.1	4,6				
Aluminio	meq/100 g	--	0,95				
Materia Orgánica	%	0.1	9,1				
Fósforo	ppm	--	7,05				
Potasio	ppm	--	160				
Conductividad Eléctrica	mS/m	0.1	--				
Carbono orgánico	%	--	5,3				
Nitrógeno	%	--	0,47				
Relación C/N		--	11,28				

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Aluminio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.3.29 AS-33 2000 Determinación de aluminio intercambiable en suelo
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.1.7 AS-07 2000 Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.1.10 AS-07 2000 Determinación de fósforo
Potasio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.2.8 AS-19 2000 Determinación de Potasio
Carbono orgánico	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.1.7 AS-07 2000 Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black
Nitrógeno	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 Segunda Sección (31 de Diciembre 2002) ítem 7.1.8 AS-08 2000 Contenido de Nitrógeno por el método de Kjeldahl

#### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados
- Medición de pH realizada a 25 °C
- (\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

#### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: M. Sc. Marieta Cervantes Peralta - Responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.

**Dr. Hispac Simón Cabrero Hoyos**  
 DIRECTOR

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Instituto Nacional de Innovación Agraria

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



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**

N° 05253-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : RODOLFO BRAYAN QUISPE SORIANO  
 Propietario / Productor : RODOLFO BRAYAN QUISPE SORIANO  
 Dirección del cliente : JR. HUANUCO N° 845 - CAJAMARCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestras  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : SAN PABLO / SAN PABLO / CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo : 17/03/2023  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 21/04/2023  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 24/04/2023  
 Cotización del servicio : 119-23-BI  
 Fecha de emisión : 18/05/2023

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU241-BI-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	: 17/04/2023					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:30					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	--					
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
pH	unid. pH	0,1	4,4			
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	--	8,0			
Aluminio (**)	(Cmol/Kg)	--	4,9			
Carbonatos(**)	%	--	--			
Materia Orgánica	%	0,1	16,3			
Fósforo (**)	ppm	--	2,39			
Potasio (**)	ppm	--	395,9			
Conductividad Electrica	mS/m	0,1	--			
Nitrogeno (**)	%	--	0,52			
Carbon Organico	%	--	9,4548			
Relacion C / N	--	--	18,1822			
<b>Análisis de Textura</b>						
Arena (**)	%	--	20			
Limo (**)	%	--	46			
Arcilla (**)	%	--	34			
Clase Textural (**)	---	--	Arcilloso			



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca, Cajamarca - Cajamarca



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131304445011  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 22/05/2023 12:46:53-0500



Instituto Nacional de Innovación Agraria

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



Registro N° LE - 200

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 07487-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : RODOLFO BRAYAN QUISPE SORIANO  
 Propietario / Productor : RODOLFO BRAYAN QUISPE SORIANO  
 Dirección del cliente : JR. HUANUCO N° 845 - CAJAMARCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestras  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico oscura  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : SAN PABLO / SAN PABLO / CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo : 17/06/2023  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 27/06/2023  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 28/06/2023  
 Cotización del servicio : 211-23-BI  
 Fecha de emisión : 26/07/2023

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1							
Código de Laboratorio	SU552-BI-23							
Matriz Analizada	Suelo							
Fecha de Muestreo	: 17/06/2023							
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:00							
Condición de la muestra	Conservada							
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	--							
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	0,1	4,6					
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	--	8,0					
Aluminio (**)	(Cmol/Kg)	--	4,9					
Carbonatos(**)	%	--	--					
Materia Orgánica	%	0,1	18,0					
Fósforo (**)	ppm	--	5,0					
Potasio (**)	ppm	--	210,8					
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	--					
Nitrogeno	%	--	0,6					
Relacion C / N		--	19,0					
<b>Análisis de Textura</b>								
Arena (**)	%	--	34					
Limo (**)	%	--	24					
Arcilla (**)	%	--	42					
Clase Textural (**)	---	--	Franco					



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017**

Dirección: Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca, Cajamarca – Cajamarca



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS, Antonio FAU 20131300004 soft  
Página 1 de 2  
Fecha: 01/08/2023 11:56:14-0500



*Anexo 4. Panel fotográfico del trabajo*



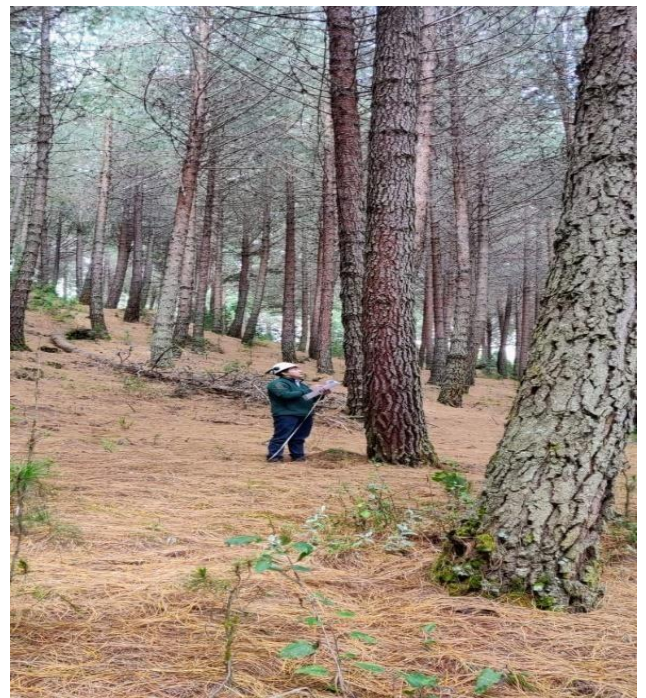
**Figura 13.** Medición del DAP



**Figura 14.** Área de estudio después de la extracción



**Figura 15.** Medición de la altura comercial



**Figura 16.** Observación de estado fitosanitario





**Figura 17.** Delimitación de la parcela



**Figura 18.** Realización del hoyo para análisis



**Figura 19.** Medición de la altura en el hoyo



**Figura 20.** Profundidad de 15 cm





**Figura 21.** Segunda muestra de suelo



**Figura 22.** Medición de la profundidad de suelo



**Figura 23.** Recolección de muestra de suelo



**Figura 23.** Recolección de muestra de suelo