

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL  
Impacto de las plantaciones forestales de pino (*Pinus patula*)  
en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de  
Huaylla Belén, Luya, Amazonas, Perú**

**Autor:** Bach. Geiner Tobías Guevara Fernández

**Asesor:** M. Sc. Jesús Rascón Barrios

**Coasesor:** Ms. Sc. Elí Pariente Mondragón

Registro: .....

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

## **DATOS DEL ASESOR**

**Nombres y Apellidos:** Jesús Rascón Barrios

**CE N°:** 001483863

**ORCID N°:** 0000-0002-9305-7203

<https://orcid.org/0000-0002-9305-7203>

**Nombres y Apellidos:** Elí Pariente Mondragón

**DNI N°:** 45670572

**ORCID N°:** 0000-0002-9197-0218

<https://orcid.org/0000-0002-9197-0218>

Campo de la Investigación y el Desarrollo OCDE  
1.05.00 – Ciencias de la Tierra, Ciencias ambientales  
1.05.08 – Ciencias del medio ambiente

## **DEDICATORIA**

Han sido largas noches de desvelo y esfuerzo los que al final, valieron la pena que va dedicado; a mi familia, en especial a mis padres: Severo Guevara Torres y Sofía Fernández Rodríguez, que son el motor y motivo para emprender cada reto y que se merecen todos mis logros.

Al majestuoso, Valle de Huaylla Belén, por su impresionante belleza que regala a todo viajero y que curioso se atreve coincidir en este magnífico lugar.

Geiner Tobías Guevara Fernández

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por los años de formación.

A la Universidad de Buenos Aires de Argentina, Facultad de Agronomía (FAUBA), donde cursé estudios en Ciencias Ambientales, como parte de mi intercambio académico, que complementó mi formación, y me enseñó a ver el mundo de otra perspectiva.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (Indes- Ces) que, a través del Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas, me apoyaron en gran parte con el financiamiento para el análisis de suelos y aguas.

A mi asesor Ms. Jesús Rascón Barrios, por ayudarme a obtener parte del financiamiento y guiarme en el desarrollo de esta importante investigación.

A mi asesor Ms. Sc. Elí Pariente Mondragón, por su orientación en el desarrollo de mi Tesis, por su apoyo con la identificación y análisis de las muestras de vegetación y a los colaboradores del Herbario de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias UNTRM (KUELAP), por su contribución en este trabajo.

A todos los docentes que compartieron sus conocimientos, experiencias y me inculcaron valores. A mis grandes amigos, promociones y compañeros de aulas Luis Miguel López Fernández y Roger Montoya Rojas, gracias por su compañía en este objetivo y en las incontables amanecidas.

A mi familia, en especial a mi hermana Tania por el apoyo, a Alder, Francisco, Abner y a todos mis hermanos y a los que apoyaron en el desarrollo de esta investigación

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

**Rector**

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

**Vicerrector Académico**

Dra. Flor Teresa García Huamán

**Vicerrectora de Investigación**

Ph.D. Ricardo E. Campos Ramos

**Decano de la Facultad de**

**Ingeniería Civil y Ambiental**

# VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



## ANEXO 3-L

### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Impacto de plantaciones forestales de pino (Pinus patula) en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de Huaylla Belén, Luya, Amazonas, Perú; del egresado Geiner Tobías Guevara Fernández de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 03 de mayo de 2022

  
Firma y nombre completo del Asesor  
JESÚS RASCO BARRIDO



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

**ANEXO 3-L**

**VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Impacto de las plantaciones forestales de pino (Pinus patula) en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de Huaylla Belén, Luya, Amazonas, Perú del egresado Geiner Tobias Ezevira Fernández de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 03 de mayo de 2022

Firma y nombre completo del Asesor  
Eli Pariente Mondragón

## JURADO EVALUADOR DE TESIS



---

Ph. D. Martha Steffany Calderón Ríos

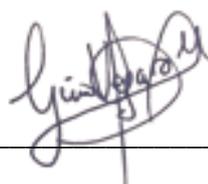
**Presidenta**



---

Ms. Sc. Juan Alberto Romero Moncada

**Secretario**



---

Ms. Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

**Vocal**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Impacto de las plantaciones forestales de pino (Pinus patula) en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de Huaylla Belén, Luya, Amazonas Perú,

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) Geiner Tobías Guevara Fernández de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional geiner.guevara@untrmedu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 20 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de setiembre del 2022

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
PRESIDENTE

[Signature]  
VOCAL

OBSERVACIONES:  
.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 26 de Septiembre del año 2022, siendo las 11 horas, el aspirante: Geiner Tobias Guevara Fernández, asesorado por MSc Jesús Rascón Barrios defiende en sesión pública presencial () a distancia () la Tesis titulada: "Impacto de las plantaciones forestales de pino (Pinus patula) en la diversidad florística y salud de sitio en el valle de Huaylla Bolén, Luya, Amazonas, Perú", para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: PhD. Martha Calderón Rios  
Secretario: MSc Juan Romero Mancada  
Vocal: MSc Gino Vergara Medina



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
2.1. Área de estudio.....	18
2.2. Muestreo preliminar de la vegetación .....	19
2.3. Muestreo definitivo de la vegetación .....	20
2.3.1 Composición florística: .....	21
2.4. Muestreo para análisis de la calidad del suelo .....	22
2.5. Muestreo para análisis de la calidad del agua .....	23
2.6. Análisis de datos .....	25
<b>III. RESULTADOS</b> .....	26
3.1. Composición florística en un sistema forestal con pinos de dos edades en área fragmentada y en espacio natural .....	26
3.2. Calidad del suelo en un sistema forestal con pino de dos edades y en ecosistema natural a dos profundidades .....	31
3.3. Calidad fisicoquímica del agua en el sistema forestal siguiendo el cauce del Río Huaylla Belén.....	35
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
<b>ANEXOS</b> .....	55
Anexo 01. Georreferenciación de las unidades de muestreo de suelo. ....	55
Anexo 02. Georreferenciación de los puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	55
Anexo 03. Galería fotográfica.....	56
Anexo 04. Datos recolectados.....	59
Anexo 05. Análisis estadístico. ....	61
Anexo 06. Se adjunta los reportes de los análisis fisicoquímicos en agua y suelos realizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos (LABISAG) de la UNTRM.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abundancia de especies vegetales en zonas con plantaciones de pino adulto .	26
Tabla 2. Abundancia de especies vegetales en zonas con plantaciones de pino joven...	26
Tabla 3. Abundancia de especies vegetales en zonas fragmentadas.....	27
Tabla 4. Abundancia de especies vegetales en zonas con ecosistemas naturales. ....	28
Tabla 5. Diversidad promedio de especies vegetales (Shannon) y su desviación estándar para cada situación estudiada en el Valle de Huaylla Belén. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. a: $p<0.05$ y b: $p<0.01$ .....	29
Tabla 6. Matriz de semejanza según Bray-Curtis. ....	30
Tabla 7. Diversidad promedio de cada situación de estudio.....	31
Tabla 8. Parámetros promedio de calidad de suelo en las zonas de estudio.....	35
Tabla 9. Parámetros promedio de calidad de agua en los puntos de muestreo.....	39
Tabla 10. Puntos de georreferenciación del suelo. ....	55
Tabla 11. Puntos de georreferenciación del agua. ....	55
Tabla 12. Especies identificadas en las zonas de estudios.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	18
Figura 2. Análisis clúster de las zonas estudiadas usando índice de similaridad Bray-Curtis.....	30
Figura 3. Promedio de los valores pH en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm)..	32
Figura 4. Materia orgánica en el suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm).....	32
Figura 5. Conductividad eléctrica en el suelo (dS/m) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm)..	33
Figura 6. Carbono orgánico en suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm).....	34
Figura 7. Nitrógeno en suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm)..	34
Figura 8. Nivel de pH (unidad) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén..	35
Figura 9. Oxígeno disuelto (mg/l) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	36
Figura 10. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	36
Figura 11. Turbidez [NTU] en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	37
Figura 12. Contenido de Nitrato [ppm $\text{NO}_3$ ] en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	38
Figura 13. Sólidos Totales Disueltos (mg/L) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	38
Figura 14. Sólidos Totales Suspendidos en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. ....	39

## RESUMEN

Las especies forestales alteran el ecosistema natural, sin embargo, existen pocos estudios sobre el impacto de plantaciones de pino en ecosistemas frágiles que consideren la particularidad e importancia de algunos sitios. El objetivo del presente estudio fue determinar el impacto producido por las plantaciones forestales de pino (*Pinus patula*) en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de Huaylla Belén (Luya, Amazonas). Para ello, se evaluó la composición florística de las zonas de estudio, usando la abundancia de especies, índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) y la similitud de las zonas mediante Bray-Curtis. Asimismo, se evaluó la calidad del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono y nitrógeno) y del agua (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbidez, nitratos, sólidos disueltos y suspendidos). Los resultados reportaron que los sistemas con plantaciones de pino adulto presentaron menor riqueza e índice de diversidad. En las zonas con plantaciones de pino, el suelo presenta un nivel de pH bajo, una baja conductividad eléctrica a mayor profundidad (15-30 cm), el carbono mostró valores mayores a menor profundidad (0-15 cm), y el contenido de nitrógeno en los sistemas con plantaciones de pino fue mayor en ambas profundidades. Respecto a la calidad del agua en el cauce del río Huaylla Belén, se concluye que el pH disminuye después de cruzar el sistema forestal y los resultados de los demás parámetros no presentan variación significativa. Finalmente, se observó que las plantaciones de pino impactan en la diversidad vegetal, pH del suelo y agua.

**Palabras claves:** Composición florística, *Pinus patula*, sistema forestal, suelo.

## ABSTRACT

Forest tree species alter the natural ecosystem, however, there are few studies on the impact of pine plantations on fragile ecosystems that considers the particularity and importance of some sites. The objective of this study was to determine the impact of pine (*Pinus patula*) forest plantations on floristic diversity and site quality in the Huaylla Belén valley (Luya, Amazonas). For this, the floristic composition of the study areas was evaluated, using the abundance of species, the Shannon diversity index ( $H'$ ) and the similarity of the areas by means of Bray-Curtis. Likewise, the quality of the soil (pH, electrical conductivity, organic matter, carbon and nitrogen) and water (pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, turbidity, nitrates, dissolved and suspended solids) were evaluated. The results reported that the systems with adult pine plantations presented a lower index of richness and diversity. In areas with pine plantations, the soil has a high pH level, low electrical conductivity at greater depths (15-30 cm), carbon showed higher values at shallower depths (0-15 cm), and the nitrogen content in the systems with pine plantations was higher at both depths. Regarding the quality of the water in the Huaylla Belén riverbed, the pH decreases after crossing the forest system and the results of the other parameters do not present significant variation. Finally, it was observed that pine plantations have an impact on plant diversity, soil pH and water

**Keywords:** Floristic composition, forest system, *Pinus patula*, soil.

## I. INTRODUCCIÓN

Las especies forestales, sobre todo las exóticas, producen alteraciones en el ecosistema natural que se refleja en la variación en la cantidad de especies, y en algunos casos provoca daños en los servicios ambientales de la zona (Iezzi, 2019; León, 2007; Salvador-Morales et al., 2019). Además, un impacto importante es el cambio en el ciclo natural de las cuencas que afecta la diversidad vegetal, suelos y poblaciones en las áreas próximas o aguas abajo (Estupiñan, 2002).

Existen diversos estudios sobre el impacto generado por plantaciones de pino sobre la vegetación en ecosistemas registrados en Latinoamérica y escasas investigaciones a nivel nacional (Ruíz, 2014). Braun et al. (2017) descubrieron que las plantaciones de pino tienen efecto en la biodiversidad, ya que la riqueza de especies (nativas y endémicas) se ve reducida debido a las plantaciones de pino que afectan sobre todo a las especies endémicas, y no contribuyen a un hábitat alternativo para especies debido a la alta competitividad que se genera. Por otro lado, Ruíz (2014) muestra el efecto de la forestación de pino en la vegetación natural de un páramo, evidenciando que se redujo gradualmente la riqueza y diversidad de especies de plantas vasculares de cada situación (desde el páramo – borde externo – borde interno hasta la plantación); además, la cobertura de especies características de la zona disminuyen en el área donde existen las plantaciones de pino y la abundancia de especies poco comunes aumentó en el interior.

A nivel nacional, los suelos de la sierra y valles interandinos está conformado por zonas litosólicas y andosólicas, siendo esta última la que posee suelos ácidos, húmedos y ricos en materia orgánica (Poma & Alcántara, 2011). Por su propiedades particulares y su ubicación en cabeceras de cuencas son muy eficientes en la absorción y regulación hídrica que favorece una relación entre el suelo, agua y plantas que habitan en estos ecosistemas y que garantizan el recurso hídrico sobre todo en épocas de estiaje, y además presentan suelos altamente sensibles a variaciones por actividades antropogénicas (Instituto Geofísico del Perú, 2019). La forestación con pino tiene efectos en la calidad del suelo. Estudios previos reportan el incremento de la densidad aparente, reducción de porosidad y materia orgánica, ya que las plantaciones de pino genera una baja disponibilidad de cationes cambiables ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) evidenciando una reacción altamente ácida por el

incremento de la acidez intercambiable debido a la presencia de valores bajos de pH (Dionisio, 2012).

Estudios referentes a lo anteriormente descrito; ubicamos a Farley et al. (2008) quienes describen el efecto de plantaciones de pino sobre la calidad de agua, y donde se exhibe que la disminución de pH provoca la acidificación afectando la calidad del agua por la retención de cationes en la biomasa de los pinos. De Bièvre et al. (2011) obtuvieron que el caudal específico mínimo de la cuenca donde predominaba pajonales es cerca de tres veces mayor respecto a la cuenca donde crecen pinos, debido al mayor consumo de agua que hacen los árboles en el proceso de evapotranspiración.

Farley (2011) estudió las variaciones de carbono en el suelo y retención de agua en pastizales que fueron convertidos a plantaciones con pino, se evidenció que la variación de carbono orgánico se da a medida que las plantaciones aumentaban en edad, y la retención del agua varía debido a la intercepción del dosel y la evapotranspiración elevada de las plantaciones con pino. Oliva et al. (2016) determinaron que el pH de los suelos con pino se reduce de 4,83 a 4,50 respecto a las áreas sin pino, y en el contenido de materia orgánica se incrementó de 3,93 % a 5,54 %.

Bonnesoeur et al. (2019) indicaron que el efecto de plantaciones no es igual para todos los ecosistemas porque en algunos casos contribuye a frenar la erosión de suelos provocado por la escorrentía superficial, pero en la mayoría de los casos se coincide que las plantaciones de especies exóticas afectan el suministro de agua corriente abajo, así como la pérdida de los servicios hidrológicos en páramos conservados. No obstante, en algunos casos el efecto sobre la vegetación herbácea de los páramos es neutral, por lo que se puede concluir que no se puede generalizar respecto al impacto que generan las plantaciones con pino en ecosistemas alto andinos, dado que este puede ser más o menos significativo de acuerdo al ecosistema y sus peculiaridades como suelos y clima, manejo de la plantación y uso de suelo antes de la forestación.

Se deben realizar estudios más detallados que consideren la particularidad y la fragilidad de cada tipo de ecosistemas. Por tanto, el objetivo de la investigación fue estudiar el impacto producido por las plantaciones forestales con pino (*Pinus patula*) en la diversidad florística y calidad de sitio en el valle de Huaylla Belén, Luya, Amazonas, Perú.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

Se consideró como el área de estudio de pino y cantidad total de laderas contiguas al Valle de Huaylla Belén. El valle de Huaylla Belén se encuentra ubicado a 40 km de la ciudad de Lamud, capital de la provincia de Luya en el departamento de Amazonas. Su extensión forma parte de los territorios de los distritos de Conila, Lonya Chico e Inguilpata y tiene una extensión de 16 Km aproximadamente. El valle se encuentra a una altitud promedio de 2,750 msnm y es un valle interandino con vegetación característica. El río Huaylla es el que da origen a este valle, cuyo recorrido es de sur a norte para luego desembocar en el río Marañón. El desplazamiento de sus aguas en forma meándrica en el valle y su paisaje único hacen del mismo un atractivo turístico de la región.

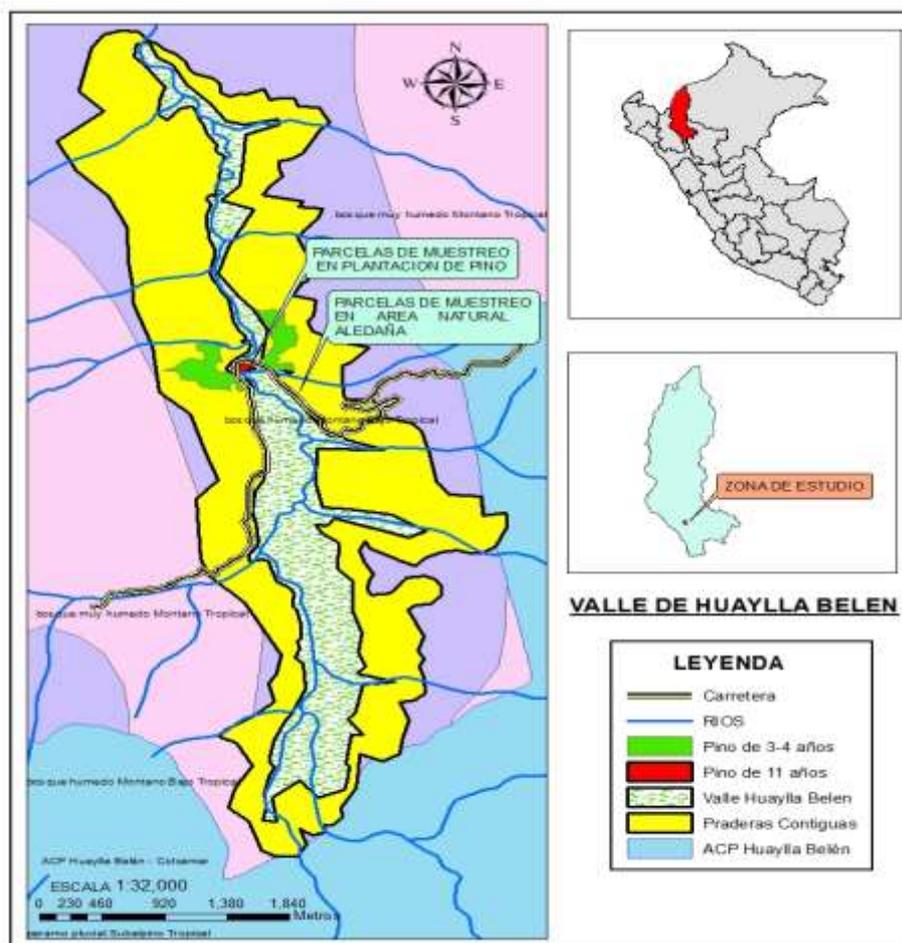


Figura 1. Área de estudio.

### **Muestra:**

- Para el análisis de vegetación, la muestra estuvo conformada por 16 parcelas de 4m x 4m distribuidas en cuatro situaciones de estudio.
- Para el análisis de la calidad del suelo, se hicieron 12 calicatas de 0,40 m de largo x 0,40 m de ancho, con una profundidad de 0,30 m (las muestras se recolectaron a dos profundidades).
- En el caso del análisis de la calidad de agua, la muestra fue la alícuota de agua que se recolectó en tres puntos del río Huaylla Belén.

**Muestreo:** El muestreo empleado fue un muestreo aleatorio simple, donde se eligieron unidades de muestreo y se consideró:

- Áreas representativas
- Áreas con similitudes geomorfológicas y lo más próximas posibles

### **2.2.Muestreo preliminar de la vegetación**

Previo al muestreo definitivo, se hizo una segmentación del área de estudio de las zonas involucradas al Valle. Esta segmentación se realizó con la finalidad de garantizar que todos los estratos (segmentos) fueran representados en la muestra.

Se identificaron cuatro situaciones de acuerdo a las consideraciones descritas en la metodología según Ruíz (2014):

- (I) Zonas con plantaciones con pino adulto (12 años):** Se colocó una señal que identificó el centro de la parcela, esta señal consistió en una vara de madera, y distancia mínima de 12m de cualquier área vacía o borde de la plantación. La identificación de árboles de plantaciones de pino adulto se basó en la edad transcurrida desde la siembra.
- (II) Zonas con plantación con pino joven (3-4 años):** Se siguió el mismo procedimiento que para plantaciones adultas. La identificación de árboles de plantaciones de pino joven se basó en la edad transcurridas desde la siembra.

- (III) **Zonas fragmentadas:** Se escogieron áreas en forma de islas de vegetación que quedaron producto de la instalación del sistema forestal. El criterio para su selección consistió en identificar pequeños islotes de vegetación que quedaron en las inmediaciones de la plantación de pino.
- (IV) **Zonas con ecosistema natural:** Se escogió áreas sin intervención posible evitando áreas perjudicadas por sobrepastoreo, también se evitaron áreas con relieve distinto y vegetación distinta a la dominante en el valle; y se seleccionaron áreas homogéneas y representativas en la medida de lo posible.

En las cuatro zonas identificadas se seleccionaron 4 áreas de 4m x 4m, cada cuadrado fue una unidad muestral. Las unidades se georreferenciaron con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), con un clinómetro se determinó la pendiente. Se trabajaron con 18 unidades muestrales (4 réplicas x 4 zonas en el valle de Huaylla Belén).

### **2.3.Muestreo definitivo de la vegetación**

En las unidades muestrales se estudió la forma y constitución de la vegetación, es decir, la cobertura de las especies existentes. Para eso se empleó el método del cuadrado puntual (Greig-Smith, 1983) usado en diversos estudios de cobertura vegetal en diferentes estratos, el cual consiste en usar los cuadrantes para el muestreo.

Los cuadrantes se escogieron aleatoriamente en cada parcela y fueron puntos de muestreo. En cada punto con la ayuda de una varilla se registró la presencia o ausencia de especies. Para ello el procedimiento fue:

- Se instaló un cuadrante de 4x4 en cada unidad muestral.
- Se eligió 100 puntos al azar dentro de cada unidad muestral.
- Se usó una varilla de 2 m de longitud graduada a cada 10 cm.
- Con la ayuda de la varilla colocada en posición vertical colocada 100 veces al azar dentro de cada unidad muestral, se registró la presencia o ausencia al contacto con cada especie a diferentes alturas.
- Los datos se registraron en una tabla.

Dentro de cada unidad muestral se registraron todas las especies de plantas vasculares presentes, la vegetación se identificó a nivel de especie. Así mismo, se registró la presencia de musgos y líquenes, pero no se identificaron.

También se cuantificó la cobertura de suelo desnudo (o con acículas), rocas superficiales o con hojarasca. Para la identificación de los nombres se recurrió a la base de datos en línea de Global Strategy for Plant Conservation-GSPC (2022) y la guía de inventario de flora y vegetación del Ministerio del Ambiente (2015). En el caso de especies que fueron difíciles de identificar, se colectaron muestras las mismas que fueron analizadas cuidadosamente en gabinete hasta lograr dicho propósito.

### 2.3.1 Composición florística:

- (i) **Abundancia:** Se determinó mediante la cobertura, que se calculó a través de los datos recolectados con ayuda del método del cuadrado puntual (Greig-Smith, 1983). Se estimó por cada especie el porcentaje de cobertura de cada unidad muestral a través de la siguiente ecuación:

$$\%Cobertura/Especie = \frac{N^{\circ} \text{ contactos con varilla}}{N^{\circ} \text{ puntos de muestreo}} \times 100$$

- (ii) **Índice de Diversidad:** Se calculó mediante el índice Shannon ( $H'$ ), con la finalidad de conocer la diversidad de plantas en un hábitat (Juárez-Agis et al., 2016); se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln[P_i]$$

$$P_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n [a_i]}$$

$S$  es el número de especies de cada unidad muestral,  $P_i$  es la relación entre la cobertura de cada especie ( $a_i$ ) y la suma total de las coberturas de todas las especies de cada unidad muestral.

(iii) **Afinidad florística:** Se empleó un método cuantitativo basado en el índice de similitud de Bray-Curtis y la Distancia Euclidiana, donde se evaluó el coeficiente de correlación para estimar el más adecuado.

Esto se determinó a partir de una matriz de datos de la abundancia de los sitios en estudio.

Ambos índices conservan la información sobre el efecto de las especies dominantes y menos numerosas o raras en los resultados estadísticos.

## 2.4. Muestreo para análisis de la calidad del suelo

Para la evaluación de la calidad del suelo se siguió el método descrito en Oliva et al. (2016), que consistió en:

- Se realizó la georreferenciación de las unidades de muestreo mediante un GPS (ver Anexo 01).
- Se seleccionaron las parcelas de acuerdo a los criterios que se consideró para el análisis de la vegetación.
- Se realizó un muestreo aleatorio estratificado en las parcelas donde se eligieron cuatro puntos de muestreo en cada zona de estudio.
- En los puntos seleccionados, se realizó una calicata (0.4m largo x 0.4m ancho x 0,3m de profundidad) que se consideró como una unidad muestral, haciendo un total de 12 unidades para las tres situaciones de estudio y a dos profundidades de acuerdo al siguiente detalle:
  - PA-I** : Zona con plantaciones adultas en una profundidad de 0-15 cm.
  - PA-II** : Zona con plantaciones adultas en una profundidad de 15-30 cm.
  - PJ-I** : Zona con plantaciones jóvenes en una profundidad de 0-15 cm.
  - PJ-II** : Zona con plantaciones jóvenes en una profundidad de 15-30 cm.
  - EN-I** : Zona en ecosistema natural en una profundidad de 0-15 cm.
  - EN-II** : Zona en ecosistema natural en una profundidad de 15-30 cm.
- Las muestras fueron trasladado a los ambientes del Laboratorio de suelos y aguas de la UNTRM.
- Referente a las muestras recolectadas, se realizaron los siguientes análisis:
  - (i) **pH:** Se realizó la medición del nivel de pH en el suelo, mediante el uso de un pH-metro.

- (ii) **Conductividad eléctrica:** Se realizó con un conductímetro, los resultados obtenidos se expresaron en dS/m (decisiemens por metro).
- (iii) **Carbono orgánico:** Para la determinación del contenido de carbono se empleó el método Walkley-Black, que consiste en la oxidación del suelo en una solución de dicromato de potasio (estandarizada) empleando calor producto de la dilución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, en la solución crómica (García & Ballesteros, 2005).
- (iv) **Contenido de materia orgánica total:** Se empleó nuevamente el método de Walkley y Black.
- (v) **Nitrógeno orgánico:** Se empleó nuevamente el método de Walkley y Black.

## 2.5. Muestreo para análisis de la calidad del agua

Para observar el efecto de las plantaciones forestales sobre la calidad del agua se empleó la metodología descrita por Mego et al. (2016).

- Se seleccionaron tres puntos de muestreo siguiendo el cauce del río Huaylla Belén. Para la toma de muestras se siguió el protocolo establecido por Palacios (2016) aprobado por la Autoridad Nacional del Agua, de acuerdo al siguiente detalle:
  - Po1:** Antes del cruce del cauce con las áreas forestadas con pino, considerado como control (50 metros antes del área con plantaciones con pino).
  - Po2:** Después de las plantaciones de pino, considerado como salida (ubicado inmediatamente después del área forestada).
  - Po3:** Aguas abajo para el control del cambio debido a la depuración natural del agua (tomado a 200 metros después del área forestada)
- Las muestras se realizaron por triplicado en tres periodos distintos para una mayor precisión y representatividad de los datos recolectados, que fueron georreferenciados con un GPS en coordenadas UTM (Anexo 02).

- Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos y aguas de la UNTRM, donde se emplearon las siguientes técnicas:
  - (i) **Medición del pH:** Se empleó el método 4500-H<sup>+</sup>, método estandarizado del APHA (American Public Health Association) basado en la medición de actividades de iones de hidrógeno, con medición potenciométrica con electrodo patrón y referencia (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2018).
  - (ii) **Medición de oxígeno disuelto (OD):** Se recurrió al método de membrana-electrodo 4500 O-G (APHA, 2017), los resultados se expresaron en mg/L.
  - (iii) **Medición de la conductividad eléctrica:** Se usó el método 2510-B de acuerdo a (APHA, 2017), donde se midió la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ .
  - (iv) **Turbidez:** Se midió basado en el método 180.1 EPA con un equipo turbidímetro marca Hach modelo 2100q (Rascón et al., 2021), las medidas se expresaron en Unidades Nefelométricas de turbidez (NTU).
  - (v) **Contenido de nitratos:** Se siguió el método HACH 8039 (Morales-Figueroa et al., 2021), los resultados se expresaron en ppm NO<sub>3</sub>.
  - (vi) **Sólidos totales disueltos (STD):** Se recurrió a la metodología 2510-B y se expresaron en mg/L (Rascón et al., 2021).
  - (vii) **Sólidos totales suspendidos (STS):** Se recurrió a la metodología 2540-B y se expresaron en mg/L (Rascón et al., 2021).

## **2.6. Análisis de datos**

Los parámetros de la calidad de suelo y agua se presentaron como el promedio  $\pm$  desviación estándar, asimismo se realizó el análisis de varianza teniendo como factor las situaciones o zonas de estudio según el caso y se aplicó una prueba de comparación múltiple de Tukey.

En el caso de la composición florística, se calculó la cobertura por especie, el índice de diversidad mediante el índice de Shannon ( $H'$ ), y en el caso de la afinidad florística se recurrió a dos índices de similitud que se realizó en el software Primer-e v7.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Composición florística en un sistema forestal con pinos de dos edades en área fragmentada y en espacio natural

En la zona con plantaciones antiguas se evidenció una alta acumulación de acículas de pino en el suelo, y un bajo contenido de pino (3.25%) (Tabla 1). Además, de esta especie, se reportaron tres más en las parcelas de estudio.

Tabla 1. Abundancia de especies vegetales en zonas con plantaciones de pino adulto.

Resumen de abundancia en las parcelas		
N°	Nombre científico	Abundancia promedio
1	<i>Pinus patula</i>	3.25%
2	<i>Asteraceae</i>	0.25%
3	<i>Polystichum</i> sp.1	0.25%
4	Suelo con acículas/desnudo	95.75%
5	<i>Miconia</i> sp.1	0.50%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Tabla 2. Abundancia de especies vegetales en zonas con plantaciones de pino joven.

Resumen de abundancia en las parcelas		
N°	Nombre científico	Abundancia promedio
1	<i>Pinus patula</i>	19.5%
2	<i>Baccharis</i> sp.1	0.5%
3	<i>Morella</i> sp.	0.5%
4	<i>Spherospermun</i> sp.	7.3%
5	<i>Hypericum</i> sp.	13.0%
6	<i>Cortaderia</i> sp.1	11.0%
7	<i>Lycopodium</i> sp.1	3.8%
8	Liquen 01	2.0%
9	<i>Calamagrostis</i> sp.	9.8%
10	<i>Baccharis</i> sp.2	8.3%
11	<i>Athyrium</i> sp.	7.3%
12	<i>Rubus</i> sp.	3.0%
13	<i>Polytrichum</i> sp.2	4.8%
14	<i>Proteaceae</i>	2.0%
15	<i>Brachyotum</i> sp.	2.3%
16	<i>Monnina</i> sp.1	0.8%
17	<i>Pteridium</i> sp.	1.5%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Se reportaron un total de 17 especies en las zonas con plantaciones jóvenes de pino (Tabla 2), donde esta especie representa una cobertura de 19.5% superior al resto de especies identificadas, seguido por las especies *Hypericum* sp. y *Cortaderia* sp.1 Las especies de *Baccharis* sp.1 y *Morella* sp. presentaron los más bajos porcentajes de abundancias en la zona de estudio.

Tabla 3. Abundancia de especies vegetales en zonas fragmentadas.

<b>Resumen de abundancia en las parcelas</b>		
<b>N°</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Abundancia promedio</b>
<b>1</b>	<i>Lupinus</i> sp.	<b>4.0%</b>
<b>2</b>	<i>Escallonia</i> sp.	<b>2.3%</b>
<b>3</b>	<i>Monnina</i> sp.2	<b>12.8%</b>
<b>4</b>	Liquen 02	<b>8.5%</b>
<b>5</b>	<i>Hydrocotyle</i> sp.	<b>13.8%</b>
<b>6</b>	<i>Hypericum</i> sp.	<b>8.5%</b>
<b>7</b>	<i>Baccharis</i> sp.2	<b>10.8%</b>
<b>8</b>	Liquen 01	<b>7.5%</b>
<b>9</b>	<i>Athyrium</i> sp	<b>11.0%</b>
<b>10</b>	<i>Hesperomeles</i> sp.	<b>5.5%</b>
<b>11</b>	<i>Gynoxys</i> sp.	<b>1.8%</b>
<b>12</b>	<i>Baccharis</i> sp.3	<b>5.8%</b>
	<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

Referente a la abundancia de especies en zonas fragmentadas de bosque se identificaron un total de 12 especies (ver tabla 3). La mayor abundancia estuvo representada por *Hydrocotyle* sp. seguido de *Monnina* sp.2 Por otro lado, las especies de *Escallonia* sp. (2.3%) y *Gynoxys* sp. (1.8%) fueron las menos abundantes en las parcelas de la zona de estudio.

En las zonas con ecosistemas naturales se presentó mayor cantidad de especies identificada llegando a un total de 36 especies. Las especies más predominantes fueron *Cinchona* sp. (13.5%) y *Baccharis* sp.5 (12.5%), el resto de especies estuvo por debajo del 10% (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancia de especies vegetales en zonas con ecosistemas naturales.

<b>Resumen de abundancia en las parcelas</b>		
<b>N°</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Abundancia promedio</b>
1	<i>Myrsine</i> sp.	4.8%
2	<i>Cortaderia</i> sp.2	2.8%
3	<i>Miconia</i> sp.2	1.3%
4	<i>Piper</i> sp.	1.8%
5	<i>Elaphoglossum</i> sp.	3.0%
6	<i>Baccharis</i> sp.4	3.0%
7	<i>Podocarpus</i> sp.	2.8%
8	<i>Siparuna</i> sp.	1.5%
9	<i>Viburnum</i> sp.	0.8%
10	<i>Clethra</i> sp.	0.5%
11	<i>Athyrium</i> sp.	2.0%
12	<i>Rubus</i> sp.	1.5%
13	<i>Peperomia</i> sp.	0.8%
14	<i>Lomatia</i> sp.	0.5%
15	<i>Cinchona</i> sp.	13.5%
16	<i>Senecio</i> sp.1	1.8%
17	<i>Lycopodium</i> sp.2	9.3%
18	<i>Baccharis</i> sp.5	12.5%
19	<i>Hypericum</i> sp.	5.0%
20	Liquen 01	1.5%
21	<i>Baccharis</i> sp.2	0.8%
22	<i>Hesperomeles</i> sp.	1.3%
23	<i>Sphyrospermun</i> sp.	1.5%
24	<i>Liabum</i> sp.	3.8%
25	<i>Senecio</i> sp.2	0.5%
26	<i>Chusquea</i> sp.	1.5%
27	<i>Calamagrostis</i> sp.	2.3%
28	<i>Lycopodium</i> sp.1	1.5%
29	<i>Hydrocotyle</i> sp.	3.0%
30	<i>Cortaderia</i> sp.1	0.8%
31	<i>Valeriana</i> sp.	0.8%
32	<i>Tagetes</i> sp.	3.0%
33	<i>Selaginella</i> sp.	1.0%
34	<i>Minthostachys</i> sp.	2.8%
35	<i>Oreocallis</i> sp.	0.8%
36	<i>Laurus</i> sp.	1.5%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

### Índice de diversidad:

Las parcelas con plantaciones de pino joven presentaron un índice  $H'$  (2.07), lo que representa un mayor número de especies respecto a la zona con plantaciones adultas (Tabla 5). Asimismo, los ecosistemas naturales presentaron un mayor índice debido a que se identificaron mayor número de especies (tabla 4), lo que podría deberse a que éstos presentan una mejor distribución homogénea. Al aplica el ANOVA, se evidenció que existe diferencia estadísticamente significativa entre grupos ( $p < 0.05$ ), donde tres de estas zonas (plantación de pino joven, zonas fragmentadas y ecosistemas naturales) forman un grupo marcadamente distinto a las zonas con plantaciones de pino adulto debido a su bajo índice de diversidad que presentó.

Tabla 5. Diversidad promedio de especies vegetales (Shannon) y su desviación estándar para cada situación estudiada en el Valle de Huaylla Belén. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. a:  $p < 0.05$  y b:  $p < 0.01$ .

<b>Zonas</b>	<b>Índice de Shannon [<math>H'</math>]</b>
Con plantaciones de pino adulto	$0.2252 \pm 0.0625^b$
Con plantaciones de pino joven	$2.073 \pm 0.203^a$
Zonas fragmentadas	$1.911 \pm 0.22^a$
Ecosistemas naturales	$2.284 \pm 0.223^a$

Respecto a la similaridad entre las especies identificadas en cada zona de estudio, mediante el modelo Bray-Curtis, se identificó que las zonas II y III evidencian un mayor porcentaje de similitud que alcanza el 28.97% (Tabla 6). En el caso de las zonas I y II presentaron la más baja semejanza (8.76%).

Tabla 6. Matriz de semejanza según Bray-Curtis.

	I <sup>1</sup>	II <sup>2</sup>	III <sup>3</sup>	IV <sup>4</sup>
I				
II	8.7603			
III	0	28.972		
IV	0	27.469	19.955	

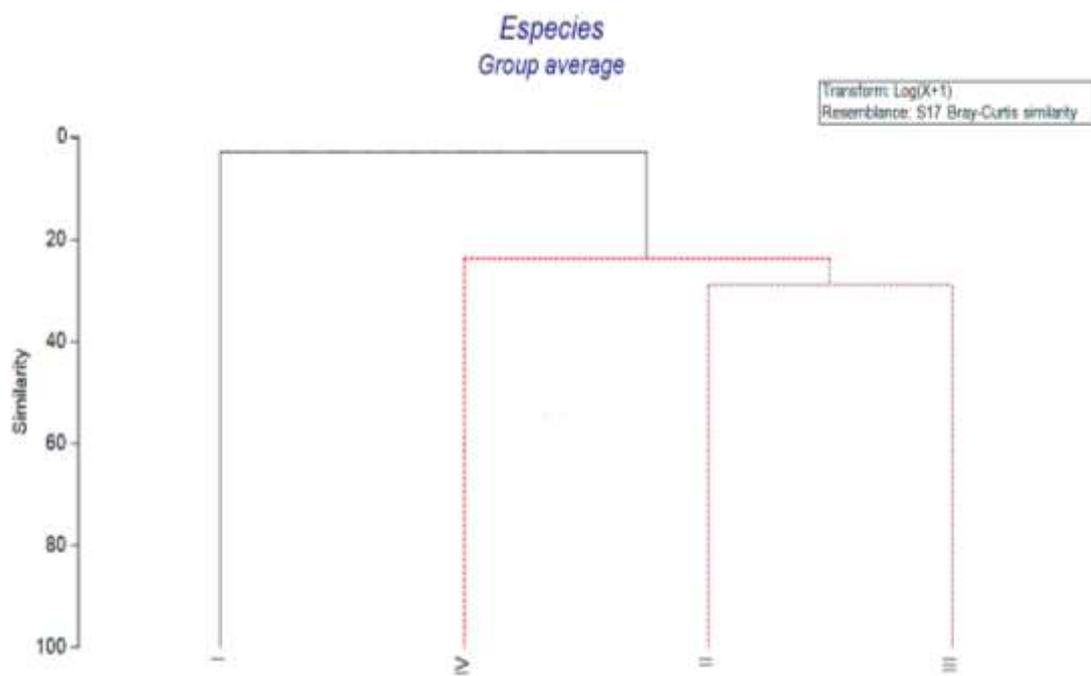


Figura 2. Análisis clúster de las zonas estudiadas usando índice de similaridad Bray-Curtis.

El análisis de clúster mostró que la zona I es un conglomerado distinto al resto (Figura 2), evidenciando que no existe similitud lo cual concuerda con lo reportado en la tabla 6.

<sup>1</sup> Zona con plantaciones de pino adulto

<sup>2</sup> Zona con plantaciones de pino joven

<sup>3</sup> Zonas fragmentadas

<sup>4</sup> Zonas con ecosistema natural

Además, las zonas más similares son los grupos II y III, que también muestran similitudes con la zona IV, conformando el segundo conglomerado. Para este análisis se obtuvo una correlación cofenética de 0.95274.

Tabla 7. Diversidad promedio de cada situación de estudio.

Situación	Diversidad [H'] (promedio)	Mediana	Desviación
Pino adulto	0.23	0.25	0.06
Pino joven	2.07	2.07	0.20
Zona fragmentada	1.91	1.87	0.22
Ecosistema natural	2.28	2.34	0.22

### **3.2. Calidad del suelo en un sistema forestal con pino de dos edades y en ecosistema natural a dos profundidades**

Se reportó que el pH en las áreas con plantaciones adultas de pino es mayor en las dos profundidades, mientras que en los ecosistemas naturales es menor (más ácido). De otro lado, a una mayor profundidad la acidez disminuye tanto en las zonas forestadas como zonas con ecosistema natural, es decir todas las muestras tomadas de 0 a 15 cm de profundidad contenía un pH más bajo en referencia a las muestras tomadas de 15 a 30 cm de profundidad (ver Fig. 3). Estadísticamente, existió diferencia significativa a distintas profundidades y entre las diferentes zonas de estudio ( $p < 0.05$ ). Además, se observó que los datos de las muestras tomadas formaron tres grupos distintos entre sí: i) grupo 01, compuesto por las zonas de pino adulto de 0 a 15cm (PA-I), pino joven de 0 a 15 cm (PJ-I) y ecosistema natural de 15 a 30 cm (EN-II), ii) grupo 02, formado por la zona de, pino adulto de 15 a 30 cm (PA-II), y iii) grupo 03, compuesto por el ecosistema natural de 0 a 15 cm (EN-I), forma el último grupo.

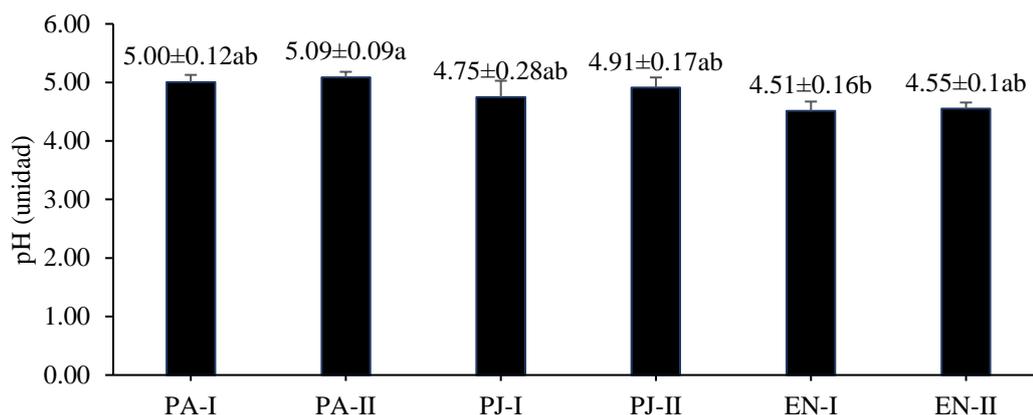


Figura 3. Promedio de los valores pH en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm). Letras indican nivel de significancia, a:  $p < 0.001$ , b:  $p < 0.05$ , ab:  $p < 0.01$ .

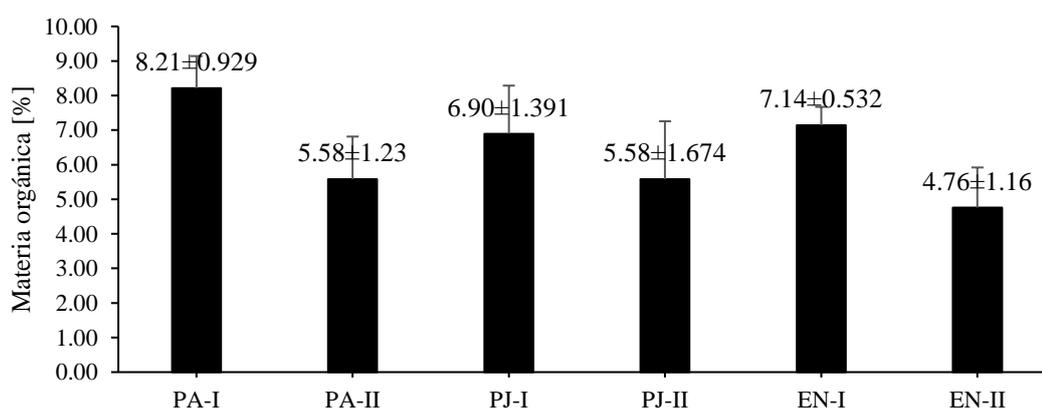


Figura 4. Materia orgánica en el suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm). Letras indican nivel de significancia, ( $p < 0.05$ ).

La materia orgánica es un conjunto de compuestos heterogéneos a base de carbono presentes en el suelo. Se encontró que a menor profundidad el contenido de materia orgánica es mayor (Figura 4), siendo la parcela con plantaciones de pino adulto la que presentó mayor contenido (PA-I, 8.21%). En las zonas con plantaciones de pino joven, se obtuvo que a menor profundidad hay un menor contenido de materia orgánica (6.9%), y a una mayor profundidad las zonas con ecosistema natural presentaron también un menor contenido (4.76%). Estadísticamente, las zonas a distintas

profundidades no tuvieron diferencias significativas sobre el porcentaje de materia orgánica ( $p > 0.05$ ).

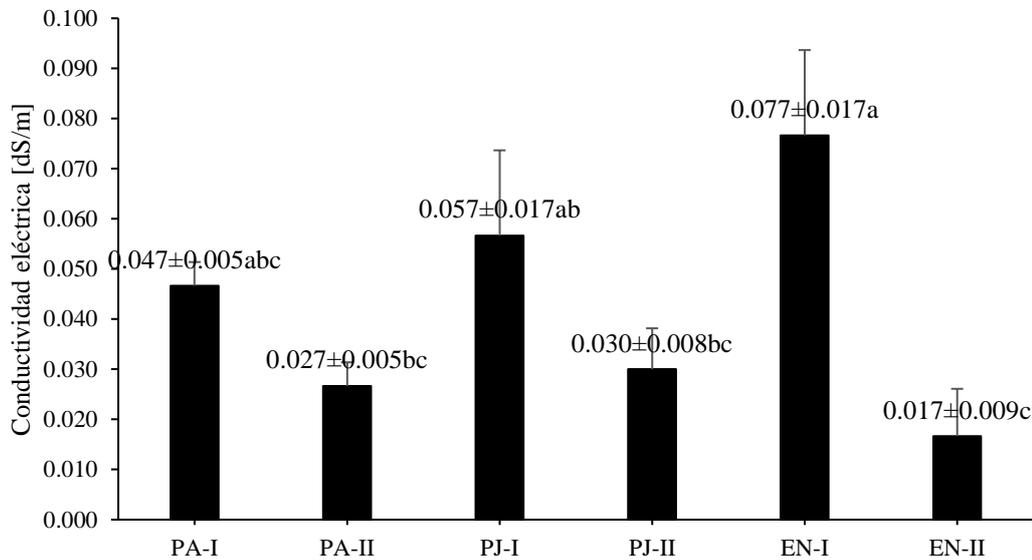


Figura 5. Conductividad eléctrica en el suelo (dS/m) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm). Letras indican nivel de significancia, a:  $p < 0.005$ , c:  $p < 0.001$ , ab:  $p < 0.05$ , bc:  $p < 0.001$ , abc:  $p < 0.01$ .

Referente a la conductividad eléctrica, las muestras obtenidas a menor profundidad reportaron valores más altos siendo las zonas con ecosistemas naturales las que mostraron mayor conductividad (0.077 dS/cm). Se encontró, además, que a mayor profundidad en la zona antes mencionada, la conductividad fue bastante menor (0.017 dS/cm). Asimismo, existió diferencia significativa en las zonas a distintas profundidades ( $p < 0.05$ , ver Fig. 5).

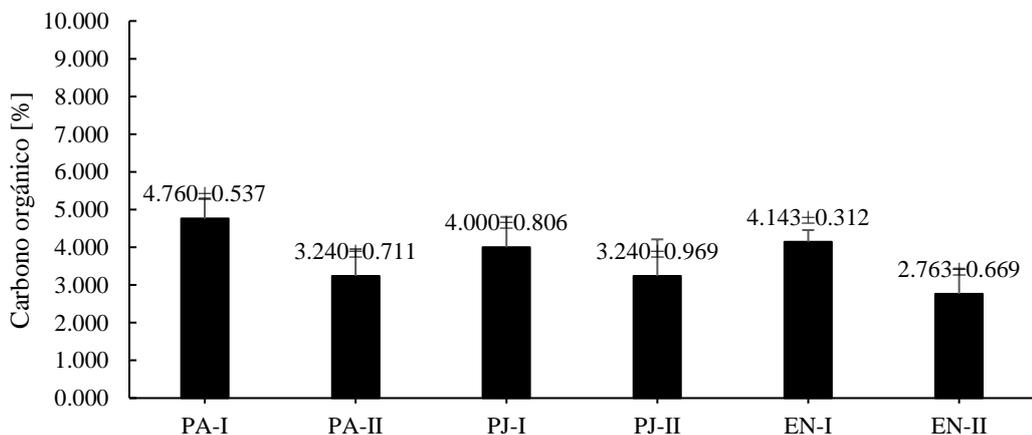


Figura 6. Carbono orgánico en suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm). Letras indican nivel de significancia, ( $p < 0.05$ ).

Respecto al contenido de carbono orgánico, se observó un mayor porcentaje a una menor profundidad del suelo (Figura 6). Las plantaciones de pino adultas reportaron un alto contenido de carbono (4.76%), mientras que, en las zonas con ecosistema natural, a una mayor profundidad las muestras de suelo presentaron menor contenido de carbono. Además, se determinó que no existe diferencia significativa de la profundidad sobre el nivel de carbono presente ( $p > 0.05$ ).

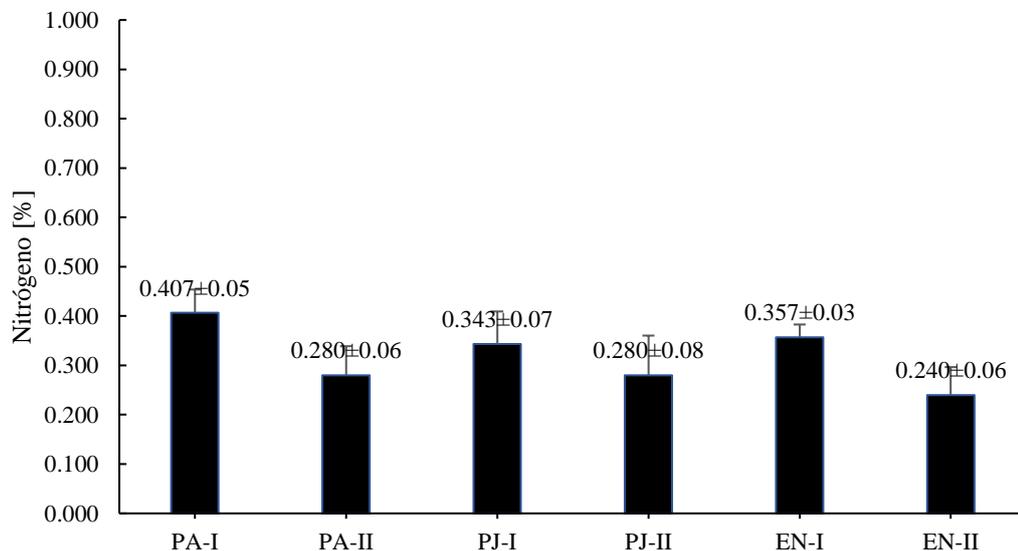


Figura 7. Nitrógeno en suelo (%) en el suelo de pino adulto (PA), pino joven (PJ) y ecosistema natural (EN) a dos profundidades (I: 0-5 cm y II: 5-10 cm). Letras indican nivel de significancia, ( $p < 0.05$ ).

En general, el contenido de nitrógeno en las zonas de estudio fue bajo, con valores menores a 0.5%. Por otro lado, a mayor profundidad el porcentaje disminuyó, siendo la zona con ecosistema natural el que mostró menor contenido (0.24%). La plantación adulta de pino mostró un alto valor (0.407%) en la menor profundidad. Sin embargo, el ANOVA demostró que no existe diferencia en las zonas a distintas profundidades sobre la presencia de nitrógeno en el suelo.

Tabla 8. Parámetros promedio de calidad de suelo en las zonas de estudio.

Situación	Profundidad	pH	Materia orgánica [%]	Conductividad eléctrica [dS/m]	Carbono orgánico [%]	Nitrógeno [%]
Pino adulto	0-15 cm	5.00	8.21	0.05	4.76	0.41
	15-30 cm	5.09	5.58	0.03	3.24	0.28
Pino joven	0-15 cm	4.75	6.90	0.06	4.00	0.34
	15-30 cm	4.91	5.58	0.03	3.24	0.28
Ecosistema natural	0-15 cm	4.51	7.14	0.08	4.14	0.36
	15-30 cm	4.55	4.76	0.02	2.76	0.24

### 3.3. Calidad físicoquímica del agua en el sistema forestal siguiendo el cauce del Río Huaylla Belén

Se observa que la tendencia del pH es a disminuir conforme se avanza en el cauce del río. En general, los datos demuestran que el agua es ligeramente alcalina (superior a 7) en los tres puntos (ver Fig. 8). Asimismo, se determinó que los valores del pH entre los puntos de recolección son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

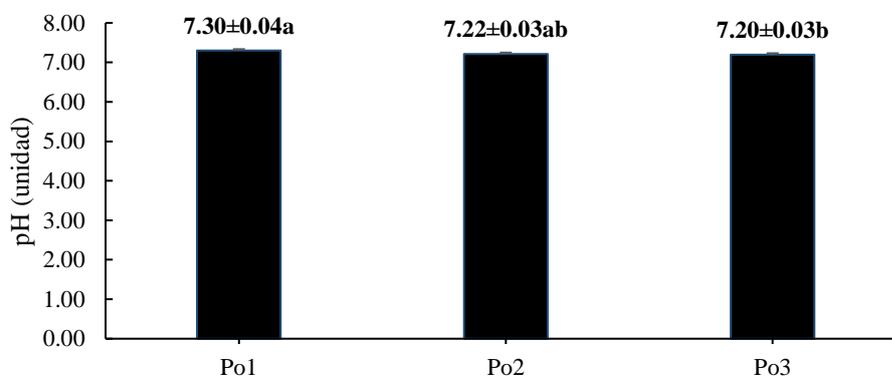


Figura 8. Nivel de pH (unidad) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Letras diferentes significan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

En la Figura 9, se observó que el agua antes de cruzar las plantaciones de pino presentó un valor superior de oxígeno disuelto (7.41 mg/L). La tendencia a disminuir conforme

avance el cauce del río Huaylla Belén alcanza los 7.37 mg/L. No se observaron diferencias significativas en el contenido de oxígeno disuelto entre las zonas de colecta ( $p>0.05$ ).

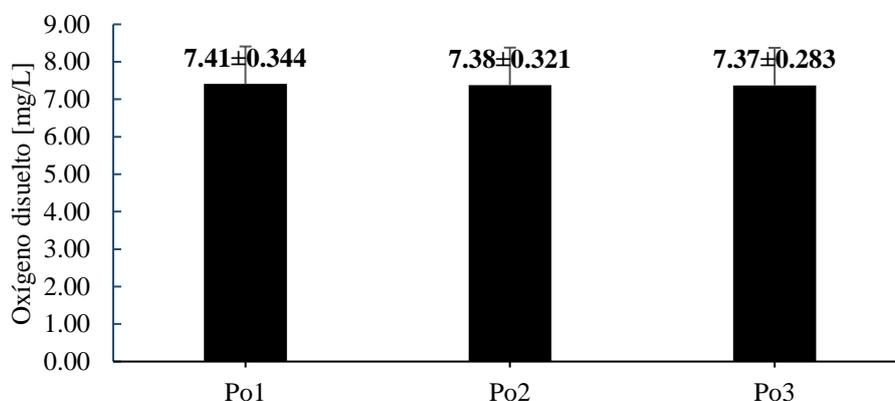


Figura 9. Oxígeno disuelto (mg/l) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén.

Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

La conductividad eléctrica fue superior a  $40 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  en los tres puntos de evaluación (ver Fig. 10). Sin embargo, no existió diferencias significativas ( $p>0.05$ ), a pesar que el valor en el punto control (Po3) llega a  $42.88 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ .

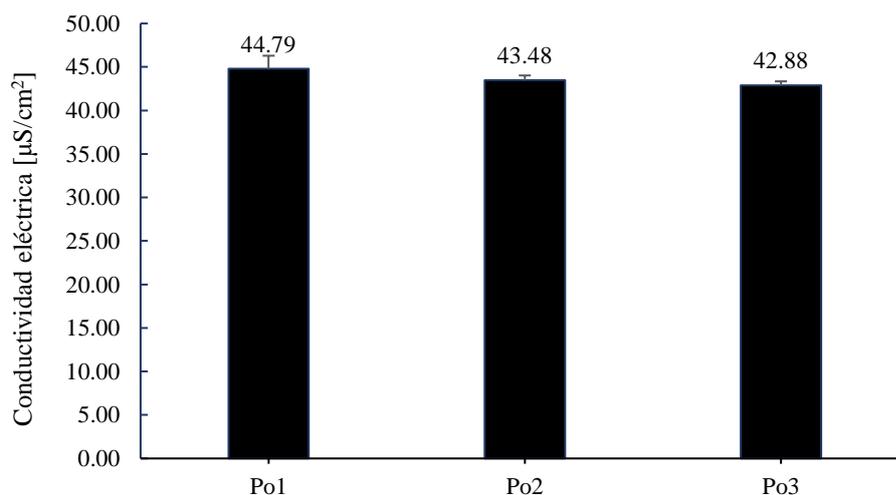


Figura 10. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras

colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

Referente a la turbidez, presencia de áreas forestadas con pino en el cauce del río (después del cruce y agua abajo) redujo la turbidez del agua se redujo a valores 5.27 NTU (Figura 11). No se observó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), pero hubo ligeras diferencias entre los valores promedios determinados.

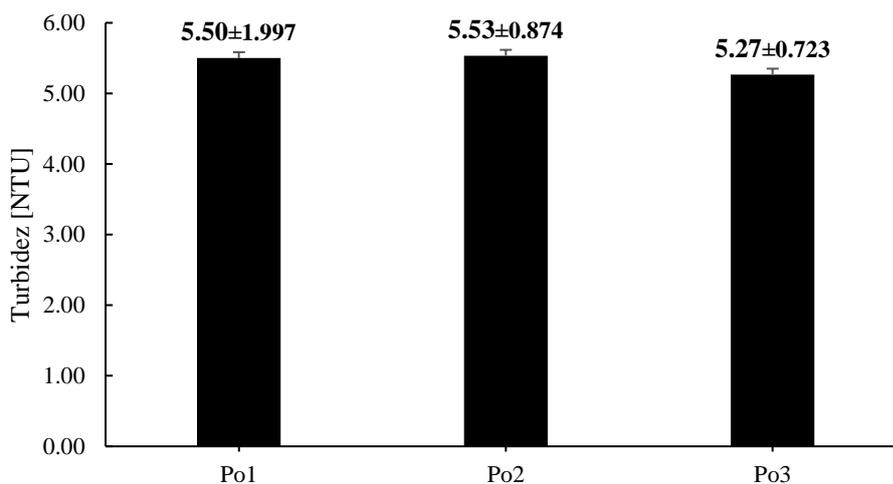


Figura 11. Turbidez [NTU] en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

El nivel de nitratos cuantificado en los tres puntos de cauce del río ( $p > 0.05$ ) fue diferente en las zonas de colecta, ya que inicialmente se estuvo 4.828 ppmNO<sub>3</sub> en el primer punto (antes de ingresar al sistema forestal), disminuyendo después de la depuración natural (punto 3, ver Fig. 12). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas.

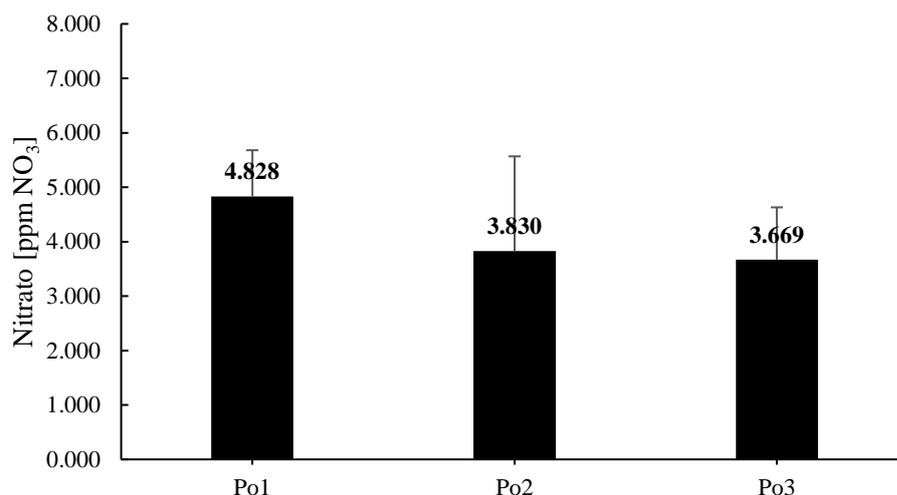


Figura 12. Contenido de Nitrato [ppm NO<sub>3</sub>] en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

Los sólidos solubles totales disueltos en los sitios de estudio mostraron una disminución no significativa ( $p > 0.05$ ) (Figura 13), ya que el valor de SST disminuyó de 23.8 mg/L en el primer punto (Po1, antes de ingresar al sistema forestal) a 20.42 mg/L en el último punto (Po3, después de cruzar las áreas forestadas con pino).

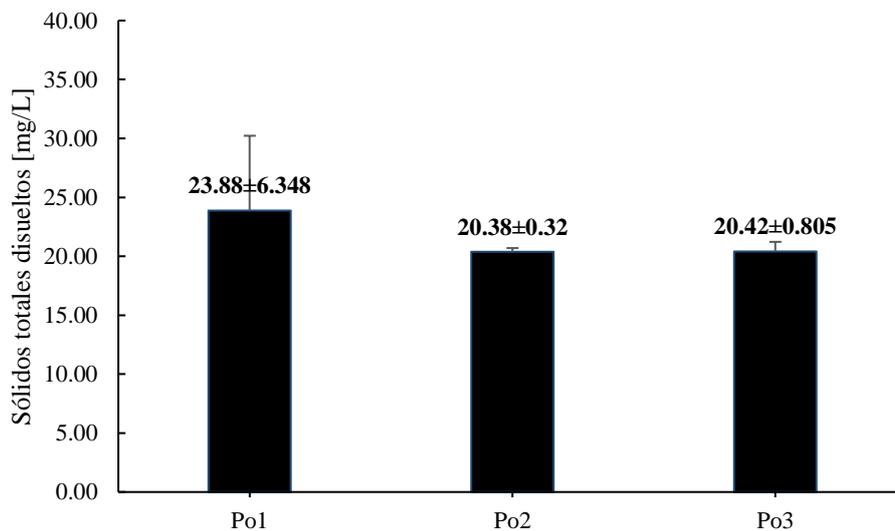


Figura 13. Sólidos Totales Disueltos (mg/L) en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras

colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

Los valores de STS mostraron un comportamiento distinto al resto de parámetros evaluados en el agua (ver Fig. 14), observándose una tendencia al aumento llegando a un nivel de 55.33 mg/L en aguas abajo después de la depuración natural.

A manera de síntesis, las tablas 8 y 9 muestran las variaciones en los parámetros evaluados en agua y suelo según el tipo de cobertura (con forestación de pino o ecosistema natural).

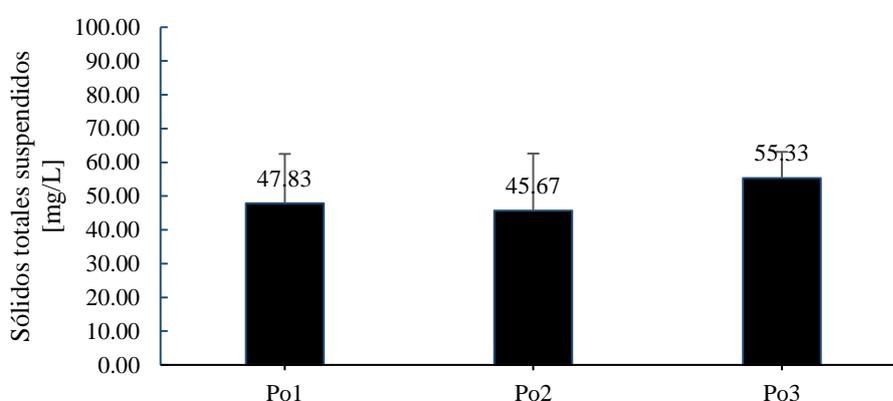


Figura 14. Sólidos Totales Suspendidos en tres puntos del cauce del río Huaylla Belén. Po1: muestras colectadas antes del cruce con las áreas forestas; Po2: muestras colectadas después de las plantaciones de pino; Po3: muestras colectadas aguas abajo (200 m después del área forestada).

Tabla 9. Parámetros promedio de calidad de agua en los puntos de muestreo.

Punto de muestreo	pH	Oxígeno disuelto [mg/L]	Conductividad eléctrica [ $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ]	Turbidez [NTU]	Nitrato [ppm NO <sub>3</sub> ]	Sólidos totales disueltos [mg/L]	Sólidos totales suspendidos [mg/L]
Po1: Antes del cruce con las áreas forestadas	7.30	7.41	44.79	5.50	4.83	23.88	47.83

Po2: Inmediatame nte después de las plantaciones de pino	7.2 2	7.38	43.48	5.53	3.83	20.38	45.67
Po3: 200 m aguas abajo	7.2 0	7.37	42.88	5.27	3.67	20.42	55.33

## DISCUSIÓN

Referente a la abundancia de especies identificadas en las parcelas de la zona con plantaciones de pino adulto se presentó una menor riqueza en la diversidad de especies (ver tabla 1), similar a lo obtenido por Zuluaga (2019). Este efecto de plantaciones adultas de pino se debe a que presentan gran acumulación de acículas que se caracterizan por un alto contenido de lignina, baja tasa de descomposición, baja movilización y liberación de nitrógeno volviéndose un factor limitante en la germinación y proliferación de otras plantas (Braun et al., 2017; Ruíz, 2014). Además, por las especies identificadas en las zonas con plantaciones de pino joven y adulto (tablas 1 y 2), así como por el crecimiento y las características de las mismas (tamaño, color, abundancia), se puede asociar a una sucesión secundaria después que un ecosistema fue alterado, dado que para la introducción del pino se practica el método de roce y quema sobre todo en el área de estudio (Aguirre et al., 2019).

Asimismo, si bien la presencia de pino limita la regeneración natural y disponibilidad de semillas (Jadán et al., 2019), en las parcelas con plantaciones de pino joven se reportaron 16 especies (tabla 2). Esto se puede deber a que las plantaciones jóvenes de pino tuvieron una menor cobertura, que concuerda con los datos obtenidos en parcelas con ecosistema natural donde la cobertura de las especies generalmente es menor; por lo tanto la abundancia y diversidad de otras especies aumentó (Ruíz, 2014). El factor cobertura se puede explicar debido a los niveles de iluminación contrastantes, lo que favorece una mayor riqueza de especies en comparación a plantaciones adultas donde el ambiente es más sombreado (Silveira, 2015). En esa misma línea, Oliva et al. (2016) menciona que a medida que aumenta la edad de las plantaciones de pino la vegetación se reduce, y esto se puede deber a la presencia de sustancias alelopáticas, fenoles y lignina que contribuyen a la degradación posterior del suelo.

En las parcelas de la zona fragmentada se identificó una menor cantidad de especies en comparación a la zona con pino joven (ver tabla 3), donde cuatro especies presentan una abundancia mayor a 10%. Esta baja diversidad de especies, de acuerdo a Iezzi (2019), se explica a que la fragmentación no solo abarca la subdivisión de vegetación original en parches sino implica la disminución en el tamaño de los mismos que conlleva a la reducción del ambiente original. Además, la abundancias de las especies identificadas en

la zona de estudio puede estar relacionada a la historia del uso del suelo, y proximidad a la fragmentación de vegetación autóctona (Aguirre et al., 2019).

El análisis de abundancia de especies vegetales en la zona con ecosistemas naturales reportó mayor diversidad (36 especies), que según Jadán et al. (2019), se debe a la regeneración natural que presentan estos ecosistemas, ya que la riqueza de especies aumenta conforme disminuye la distancia a los bosques naturales. Además, entre las especies registradas, solo dos fueron predominantes (*Cinchona* sp. y *Baccharis* sp.), mientras que el resto se distribuyó en forma aproximadamente homogénea. Esta observación se relaciona a las diferentes coberturas y vegetación sucesional existente (Rojas-B., 2017), y demuestra la capacidad de recuperación en zonas que posiblemente han sido perturbadas (Aguirre et al., 2019).

Para estimar la diversidad de especies de vegetales se empleó el índice de diversidad de Shannon (Konopiński, 2020). De acuerdo a la tabla 5, las parcelas de la zona con plantaciones adultas de pino tuvieron un menor índice ( $0.225 \pm 0.062b$ ), que según Juárez-Agis et al. (2016), significa un menor número de especies (concordante a la tabla 1), que concomitante con condiciones del suelo y otros factores ambientales, pueden restringir la composición de la vegetación. En las otras zonas se evidenció que el índice  $H'$  fue mayor debido a que el número de especies en dichas áreas se incrementó (Salvador-Morales et al., 2019). No obstante, la mayor diversidad se obtuvo en la zona con ecosistemas naturales ( $2.284 \pm 0.223a$ ), similar a lo reportado por Jadán et al. (2019) para este tipo de áreas.

Se determinó que existe efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de las zonas de estudio sobre el índice  $H'$  y, que a través de la prueba post-hoc se determinó la formación de dos grupos estadísticamente diferentes (ver tabla 5), que se puede deber a que las áreas presentan diferentes paisajes geomorfológicos existiendo variaciones climáticas y edáficas (Salvador-Morales et al., 2019). Asimismo, las zonas con plantaciones de pino joven, áreas fragmentadas y ecosistemas naturales poseen valores similares a los reportados en el estudio de Reyna-González et al. (2021), que evidencia una baja diversidad de especies que se encuentra en proceso de regeneración de su comunidad vegetal.

Mediante la matriz de semejanza de acuerdo al modelo de Bray – Curtis (ver tabla 6), se evaluó el grado de estructuración estacional y se graficó mediante el agrupamiento

(clúster) por similitud (Alfaro et al., 2016). Dicho análisis mostró que las zonas II y III presentan una mayor similitud que llega a 28.97%, lo que demuestra que existe una menor variación en la composición vegetal de estas áreas (Holguín-Estrada et al., 2021). En el caso de las zonas con plantaciones de pino adulto (I) y con pino joven (II) se determinó una menor similitud (8.76%), a diferencia de lo reportado por Zuluaga (2019), quien evidenció una alta similitud por la presencia de pinos. El agrupamiento de las zonas II-III-IV son semejantes debido a que presentan una mayor cantidad de especies identificadas en comparación de la zona con plantaciones de pino adulto, donde solo hubo cuatro especies, demostrando una desigualdad en la riqueza y composición de especies (Marrero et al., 2017).

El nivel de pH en las zonas con plantaciones de pino adulto (PA-I) y pino joven (PJ-I) fue bajo (ver Figura 3), similar a lo reportado por Dionisio (2012) demostrando que es indicador de un mayor dominio de Aluminio activo y alófono que es responsable de la acidez del suelo. De otro lado, la presencia de pino es un factor importante en la disminución del pH del suelo demostrando un incremento de la acidez (Oliva et al., 2016). Asimismo, se observó que la acidez en la primera capa de suelo (0 a 15 cm) fue mayor en los tres sistemas, lo que guarda relación a lo reportado por Oliva et al. (2016) y Ruíz (2014) demostrando que existe una acidificación significativa en el horizonte superficial de los suelos. En el caso de los suelos de ecosistemas naturales se determinó un menor valor de pH en ambas profundidades evidenciando una mayor acidez en este suelo, que es producto de un exceso de cationes de  $H^+$  y aluminio que son formadores de la acidez (Dionisio, 2012).

El contenido de materia orgánica en las muestras de suelo con pino joven fue bajo a nivel superficial (6.9%), posiblemente se debe a que las plantaciones jóvenes consumen mayor cantidad de agua generando impactos en la fertilidad y descomposición más veloz produciendo una menor cantidad de materia orgánica (Mancheno, 2011). En los sistemas con pino adulto y ecosistemas naturales en la profundidad de 0-15cm se encontró un mayor contenido de materia orgánica, y en las muestras de mayor profundidad se determinó un menor contenido, evidenciando que la baja humedad podría relacionarse con la disminución de materia orgánica (Bonnesoeur et al., 2019; Dionisio, 2012).

Adicionalmente, se evidenció un bajo nivel de conductividad eléctrica a mayor profundidad en el suelo, además se evidencia que las muestras recolectadas en los tres

sistemas a diferentes profundidades son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ). La baja conductividad eléctrica determinada (llegando hasta 0.017 dS/cm en el ecosistema natural), se relaciona al pH puesto que un bajo nivel de este determina una menor capacidad de intercambio catiónico que disminuye la conductividad (Mancheno, 2011). Referente al contenido de carbono orgánico se determinó un mayor valor en las muestras de suelo a una profundidad de 0-15cm ( $p > 0.05$ , con lo cual hubo diferencias significativas); asimismo, según Ruíz (2014) los mayores contenidos de materia orgánica sucede en sistemas con plantaciones de pino, que tiene relación con lo reportado en el estudio, donde las plantaciones con pino adulto presenta un contenido de  $4.76 \pm 0.53\%$ , pero a su vez discrepa con el mismo estudio puesto que en plantaciones con pino joven existió un menor contenido de carbono a lo reportado en la investigación de referencia.

El contenido de nitrógeno en los sistemas con plantaciones de pino adulto y joven fue mayor en ambas profundidades (ver Fig. 7), que demuestra una mayor acumulación de compuestos amoniacales que se relaciona al bajo pH (ver Fig. 3), lo que ocasiona que la materia orgánica se descomponga por amonificación a una mayor velocidad (Mancheno, 2011). Además, en los ecosistemas naturales se reportó un importante nivel de nitrógeno similar a lo reportado por Dionisio (2012) en un rango de 0.22 a 0.28% (siendo a una menor profundidad en el estudio superior el contenido de N).

En cuanto al nivel de pH en los tres puntos del cauce del río Huaylla Belén se determinó un nivel ligeramente alcalino demostrando que cada punto tiene diferencia significativa ( $p < 0.05$ , ver Fig. 8), siendo menor el pH en el punto de aguas abajo después de la depuración natural del cruce con el sistema con pino, que se puede deber a la presencia de coníferas en el área que disminuye el pH (Ruíz, 2014). Respecto al oxígeno disuelto los resultados estuvieron entre 7.37 – 7.41 mg/L (ver Fig. 10) que son similares a lo reportado por Him et al. (2019) (que estuvo entre 7.2 mg/L – 7.8 mg/L) evidenciando que el estudio se realizó en época seca y estuvo dentro de lo aceptable  $> 7$  mg/L, además estos niveles encontrados en el río Huaylla Belén evidencian que existe una baja cantidad de sustancias disueltas tóxicas en el agua (Tisnado et al., 2020). Asimismo, los niveles encontrados demuestran la rápida capacidad de oxigenación y asimilación de materia orgánica por el cauce del agua en el periodo húmedo (Hernández-Álvarez et al., 2021; Mego et al., 2016).

La conductividad eléctrica disminuyó conforme se tomaron las muestras en el cauce del río siendo menor en el punto control para la depuración natural ( $42.88 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ , ver Fig. 10), que evidencia una disminución en la concentración de sales ionizada y que influye posteriormente en el contenido de sólidos disueltos en agua (Tisnado et al., 2020). Esto último se puede evidenciar en la Fig. 13 demostrando la relación entre la conductividad y sólidos disueltos que indica la presencia de iones bicarbonato en los afluentes del río (González-Pérez et al., 2019). Concerniente al nivel de turbidez estuvieron en un rango de 5.2 a 5.53 NTU (ver Fig. 12), lo que demuestra un bajo nivel de erosión que se puede atribuir a manejos adecuados en el suelo por parte de las actividades agrícola y una importante presencia de vegetación. Se observó que la turbidez disminuye conforme el cauce del río cruza por las áreas forestadas que se debe a un menor arrastre de sedimentos y altos niveles de oxígeno disuelto (Gil-Mora et al., 2022).

El contenido de nitratos estuvo entre 3.6 a 4.8 ppmNO<sub>3</sub>, lo que podría evidenciar un indicio de reciente contaminación orgánica o fuentes contaminantes producto de actividades antropogénicas como aguas residuales, fertilizantes y excretas de ganado (Gil-Mora et al., 2022). El agua antes de cruzar por el área forestada exhibió un mayor contenido de nitratos ( $4.82 \pm 0.85$  ppmNO<sub>3</sub>), que evidenciaría cierto nivel de contaminación antes que el agua realice la depuración natural cuando el cauce atraviesa el área forestada (Hernández-Álvarez et al., 2021).

El contenido de sólidos disueltos es un parámetro fundamental que determina la calidad del agua (González-Pérez et al., 2019). El máximo valor fue de 23.88 mg/L antes de cruzar por el área forestada (ver Fig. 13), valor bastante bajo en comparación a lo reportado por Mego et al. (2016), quien obtuvo 154 mg/L, lo que se relaciona a la época no lluviosa de colecta y al bajo nivel de arrastre del suelo en el cauce. Además, esto podría evidenciar que la ocupación agrícola y urbana no tiene una fuerte actividad en la zona (Medeiros et al., 2018).

El contenido de sólidos totales suspendidos fue mayor en la muestra tomada después del cruce (punto usado como control de la depuración natural) llegando a 55.33 mg/L (ver Fig. 14). En general, los valores reportados son bajos evidenciando nuevamente que el estudio se realizó en época seca (Mego et al., 2016). Por otro lado, los niveles de sólidos totales suspendidos para Him et al. (2019) son aceptables, ya que están dentro de los límites permitidos de 300 mg/L.

## IV. CONCLUSIONES

- El impacto de plantaciones con pino adulto se evidenció en una menor diversidad de especies observada en esta zona (05 especies), mientras en la zona fragmentada se identificó 12 especies, y en las zonas con ecosistema natural identificando 36 especies. La diversidad de especies determinada por el índice de Shannon ( $H'$ ) indicó el impacto generado por las plantaciones sobre la diversidad vegetal en las zonas de estudio.
- La similitud mediante Bray-Curtis determinó que las zonas con pino joven (II), zonas fragmentadas (III) y zonas con ecosistema natural (IV) son semejantes, debido a la abundancia de especies por cada taxon identificado; mientras que la zona con plantaciones de pino adulto difiere a las tres anteriores, debido a que tanto las especies identificadas como la abundancia son distintas.
- En todas las zonas de estudio, el suelo mostró valores bajos de pH. Las zonas con plantaciones de pino adulto a menor profundidad (de 0 a 15 cm) presentaron alto contenido orgánico, de carbono orgánico y nitrógeno, mientras que, en las zonas con ecosistema natural, a menor profundidad (de 0 a 15 cm), se obtuvo una mayor conductividad eléctrica.
- Respecto a la calidad del agua en el cauce del río Huaylla Belén, en los tres puntos muestreados se concluye que el pH es ligeramente alcalino, el oxígeno disuelto estuvo entre 7.37–7.41 mg/L (siendo aceptable para el estudio), la turbidez estuvo en un rango de 5.2 a 5.53 NTU y el contenido de nitratos estuvo entre 3.6 a 4.8 ppmNO<sub>3</sub>. La conductividad eléctrica disminuyó conforme se tomaron las muestras en el cauce del río, siendo menor en el punto control (42.88  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ). El nivel de STD alcanzó un máximo nivel de 23.88 mg/L (antes de cruzar por el área forestada) y el valor de STS en todos los puntos muestreados fue aceptable llegando a un máximo de 55.33 mg/L, lo que evidencia que la ocupación agrícola y urbana no tiene una fuerte actividad en la zona.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar las posibles interacciones de los sistemas radiculares sobre la calidad del suelo, poniendo énfasis en el intercambio catiónico y en la comparación con niveles de suelo aceptables para asegurar la sostenibilidad de las áreas forestadas.
- Es necesario realizar estudios de la composición fitoquímica de las plantaciones de pino, con el fin de identificar posibles analitos responsables de la variación en la calidad del suelo y fuentes de agua cercana.
- En cuanto a la composición florística, es necesario comparar los índices de diversidad de especies en función de las épocas y lugares para identificar posibles comportamientos y/o interacciones que pueden llevarse a cabo.
- Re-evaluar el uso del pino como especie a ser usada en los programas de reforestación regionales y nacionales de acuerdo a los sitios de interés, y evaluar el uso de especies endémicas/nativas de las zonas objeto de reforestación sobre todo en zonas de alto valor ecológico.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z., Díaz, E., Muñoz, J., & Muñoz, L. (2019). Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 26(3), 943-964. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>
- Alfaro, F. M., Pizarro-Araya, J., Flores, G. E., Alfaro, F. M., Pizarro-Araya, J., & Flores, G. E. (2016). Composición y estructura del ensamble de tenebriónidos epigeos (Coleoptera: Tenebrionidae) de ecosistemas continentales e insulares del desierto costero transicional de Chile. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(4), 1283-1291. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.09.001>
- American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (R. Baird, A. Eaton, & E. Rice, Eds.; 23RD ed.). Joint Editorial Board. [https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en\\_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf](https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf)
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M. R., Ochoa-Tocachi, B. F., Vanacker, V., Mao, Z., Stokes, A., & Mathez-Stiefel, S.-L. (2019). Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review. *Forest Ecology and Management*, 433, 569-584. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>
- Braun, A. Ch., Troeger, D., Garcia, R., Aguayo, M., Barra, R., & Vogt, J. (2017). Assessing the impact of plantation forestry on plant biodiversity: A comparison of sites in Central Chile and Chilean Patagonia. *Global Ecology and Conservation*, 10, 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.03.006>
- De Bièvre, B., Iñiguez, V., & Buytaert, W. (Eds.). (2011). Hidrología del páramo: Importancia, propiedades y vulnerabilidad. En *Páramo: Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* (pp. 81-98). ECOBONA. <https://paramo.cc.ic.ac.uk/pubs/ES/Hidroparamo.pdf>

- Delgado, D. A., Heynes, S. A., Mares, M. D., Piedra, N. L., Retana, F. I., Rodríguez, K., Villanueva, A. I., González, M. del S., & Ruacho-González, L. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(33), 94-107. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-11322016000100094&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322016000100094&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Dionisio, M. (2012). *Efecto de las plantaciones de pinus sobre las propiedades del suelo, Cullpa Alta, Huancayo – Junín* [Tesis para optar el título de ingeniera forestal y ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2616>
- Estupiñan, L. H. (2002). Estudio del impacto causado en la vegetación nativa por el establecimiento de plantaciones de pino en el páramo de Gachaneca. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 5(1), 31-41. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2626>
- Farley, K. A. (2011). Plantaciones forestales y producción de servicios ambientales. En *Páramo: Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* (pp. 99-112). ECOBONA.
- Farley, K. A., Piñeiro, G., Palmer, S. M., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2008). Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation. *Water Resources Research*, 44(7). <https://doi.org/10.1029/2007WR006659>
- García, J., & Ballesteros, M. I. (2005). Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. *Revista Colombiana de Química*, 34(2), 201-209. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-28042005000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28042005000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Gil-Mora, J. E., Boza, Á. H. F., Ramos, K. J. O., & Oviedo, N. A. V. (2022). Determinación de la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 3722-3748. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1765](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1765)

- Global Strategy for Plant Conservation (GSPC) of the U.N. Convention on Biological Diversity. (2022). *World Flora Online*. <http://www.worldfloraonline.org/>
- González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H. M., Yáñez-Morales, M. J., & Rodríguez-Guillén, A. (2019). Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(1), 30-51. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-02>
- Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative plant ecology* (3rd ed). University of California Press.
- Hernández-Álvarez, U., Pinedo-Hernández, J., Paternina-Uribe, R., & Marrugo-Negrete, J. L. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678>
- Him, J. J., Arena, E., & Bósquez, K. (2019). Calidad físico-química y microbiológica del agua del río Santa María en las inmediaciones del Reservorio de agua del acueducto de Santiago, Veraguas. *Tecnociencia*, 21(2), 13-30. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/569>
- Holguín-Estrada, V. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Yerena-Yamallel, J. I., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2021). Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 27(2), Article 2. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722123>
- Iezzi, M. E. (2019). *Efectos de las plantaciones forestales en la diversidad y composición de los ensambles de mamíferos de pastizal y de bosque del Noroeste de Argentina* [Tesis para optar el grado de doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires]. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n6611\\_Iezzi.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6611_Iezzi.pdf)
- Instituto Geofísico del Perú. (2019). *Influencia de los páramos en la erosión y conservación de los suelos andinos, e identificación de su rol en la regulación del recurso hídrico en las grandes ciudades altoandinas*. Ministerio del Ambiente. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4888>

- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2018). *Agua—Parámetros básicos* (p. 76) [Suplemento del Informe Final]. Servicio Argentino de Interlaboratorios. <https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/interlaboratorios/2017-AguasParametrosBasicos.pdf>
- Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Guallpa, D., Gordillo, A., Zea, P., Díaz, L., Bermúdez, F., Arciniegas, A., Quizhpe, W., & Vaca, C. (2019). Regeneración de *Pinus patula* (Pinaceae) en ecosistemas naturales y plantaciones, en un gradiente altitudinal andino, Azuay, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 182-195. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32940>
- Juárez-Agis, A., Castro, N. D. H., Pérez, J. L. M. y, & Umaña, M. R. (2016). Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(10), 50-69. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/58>
- Konopiński, M. K. (2020). Shannon diversity index: A call to replace the original Shannon's formula with unbiased estimator in the population genetics studies. *PeerJ*, 8, e9391. <https://doi.org/10.7717/peerj.9391>
- León, O. (Ed.). (2007). Experimentos de restauración ecológica en plantaciones de *Pinus patula* (Embalse de Chisacá, Localidad de Usme) [Archivo de computador]. En *Restauración ecológica del bosque alto andino, estudios de diagnósticos experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)* (Primera, pp. 296-335). Alcaldía Mayor; La Empresa; Universidad Nacional de Colombia.
- Mancheno, A. C. (2011). *Análisis de los impactos en la calidad del suelo causados por el pino (Pinus patula) en comparación con el suelo ocupado por polylepis (Polylepis reticulata) en el Parque Nacional Cajas* [Tesis para optar el título de ingeniera ambiental, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1086/15/UPS-CT002204.pdf>
- Marrero, D. F. H., Velázquez, A. F., Cruz, E. R. de la, & García, E. C. (2017). Composición y distribución de los anfibios del municipio de Gibara, Holguín,

Cuba. *Poeyana*, 504, 22-28.  
<http://revistas.geotech.cu/index.php/poey/article/view/201>

Medeiros, W. M. V., Silva, C. E. da, & Lins, R. P. M. (2018). Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 13.  
<http://www.scielo.br/j/ambiagua/a/GpChQBSf7GTmPfcZnC7PCrC/?lang=pt>

Mego, J., Pilco, J., Chavez-Ortíz, J., Leiva-Tafur, D., & Oliva, M. (2016). Impacto en la calidad del agua de la quebrada «El Atajo» ocasionado por el botadero de rondón de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 80-87 Doi:10.25127/indes.201401.009.  
<https://doi.org/10.25127/indes.20142.68>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación* (p. 50).  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/155205/07\\_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/155205/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf)

Morales-Figueroa, C., Teutli-Sequeira, A., Linares-Hernández, I., Martínez-Miranda, V., Garduño-Pineda, L., Barrera-Díaz, C. E., García-Morales, M. A., & Mier-Quiroga, M. A. (2021). Phosphate removal from food industry wastewater by chemical precipitation treatment with biocalcium eggshell. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56(5), 549-565.  
<https://doi.org/10.1080/10934529.2021.1895591>

Oliva, M., Collazos, R., & Espárraga, T. A. (2016). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 28-36. <https://doi.org/10.25127/indes.20142.60>

Palacios, M. E. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* (p. 59). Autoridad Nacional del Agua.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/656307/60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf>

- Poma, W., & Alcántara, G. H. (2011). *Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del Departamento de Cajamarca* (p. 83). Gobierno Regional de Cajamarca. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Rascón, J., Leiva-Tafur, D., Contreras, L. del P. J., Vela, E. C., Guerrero, C. S. C., Huayan, K. Y. T., Ordoñez, E. C., Gómez, V., & Oliva, M. (2021). Patrones de distribución de los parámetros físicos y metales pesados en la cuenca media y baja del río Utcubamba. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(2), 59-66. <https://doi.org/10.25127/aps.20212.770>
- Reyna-González, Á. M., Soto-Borrego, P. S., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Collantes-Chávez-Costa, A., Reyna-González, Á. M., Soto-Borrego, P. S., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el Noreste de México. *Polibotánica*, 51, 107-122. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.7>
- Rojas-B., S. L. (2017). Estructura y composición florística de la vegetación en proceso de restauración en los Cerros Orientales de Bogotá (Colombia). *Caldasia*, 39(1), 124-139. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.60084>
- Ruíz, J. J. (2014). *Impacto de la forestación con pino (Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.) Sobre la diversidad vegetal y los suelos en el páramo de Mucubají, parque nacional Sierra Nevada* [Tesis para optar el título de Licenciada en Biología, Universidad de los Andes]. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39978/Ruiz,%20J.2014.pdf;jsessionid=F2477C1148328E136656F1EE0FEECBBE?sequence=1>
- Salvador-Morales, P., Cámara-Cabrales, L. del C., Martínez-Sánchez, J. L., Sánchez-Hernandez, R., & Valdés-Velarde, E. (2019). Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Madera y bosques*, 25(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511638>
- Silveira, E. D. (2015). *Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural* [Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias Agrarias, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/28025>

Tisnado, G. M., Tafur, C. M., Polo-Corro, J. L., & Revilla, M. H. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros en la cuenca del Río Huacamaranga (La Libertad, Perú). *REBIOL*, 40(1), 85-98.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbciol/article/view/2999>

Zuluaga, M. C. (2019). *Efecto de la regeneración de Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham sobre la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino del Embalse del Neusa (Tausa-Cundinamarca)* [Tesis para optar el título de ecóloga, Pontificia Universidad Javeriana].  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46938/tesis%20Maria%20Camila%20Zuluaga%2018-01-2020%20pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 01. Georreferenciación de las unidades de muestreo de suelo.

Tabla 10. Puntos de georreferenciación del suelo.

<b>Punto</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Pendiente</b>
<b>Pino adulto</b>					
<b>PA 01</b>	15 cm	-6.277112	-	2779.00	22, 1°
	30 cm		78.053882		
<b>PA 02</b>	15 cm	-6.277175	-	2776.49	12, 1°
	30 cm		78.054023		
<b>PA 03</b>	15 cm	-6.277486	-	2760.96	13, 9°
	30 cm		78.054272		
<b>Pino joven</b>					
<b>PJ 01</b>	15 cm	-6.277266	-	2764.58	26, 9°
	30 cm		78.053119		
<b>PJ 02</b>	15 cm	-6.273980	-	2768.42	12, 3°
	30 cm		78.052144		
<b>PJ 03</b>	15 cm	-6.276012	-	2763.27	21, 3°
	30 cm		78.052511		
<b>Área natural</b>					
<b>AN 01</b>	15 cm	-6.284283	-	2828.13	18, 2°
	30 cm		78.047942		
<b>AN 02</b>	15 cm	-6.283545	-	2783.99	26, 2°
	30 cm		78.048337		
<b>AN 03</b>	15 cm	-6.283581	-	2751.44	16, 4°
	30 cm		78.047274		

### Anexo 02. Georreferenciación de los puntos del cauce del río Huaylla Belén.

Tabla 11. Puntos de georreferenciación del agua.

<b>Punto de muestreo</b>	<b>fecha de toma</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
<b>P 01</b>	05/06/2021	-6.282944	-78.049467	2739.02
	14/07/2022			
	16/08/2022			
<b>P 02</b>	05/06/2021	-6.266711	-78.055297	2744.32
	14/07/2022			
	16/08/2022			
<b>P 03</b>	05/06/2021	-6.261842	-78.054981	2760.96
	14/07/2022			
	16/08/2022			

### Anexo 03. Galería fotográfica



**Figura 1.** Muestreo de vegetación.



**Figura 2.** Acondicionamiento de muestras de vegetación para ser llevadas a laboratorio.



**Figura 3.** Calicatas para muestreo de suelo.



**Figura 4.** Recolección de las muestras de suelo.



**Figura 5.** Recolección de las muestras de agua en el río Huaylla Belén.



**Figura 6.** Adecuación de muestras de agua para ser llevadas a laboratorio.

**Anexo 04.** Datos recolectados.

Tabla 12. Especies identificadas en las zonas de estudios

<b>Especies</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<i>Pinus pátula</i>	3	20	0	0
<i>Asteraceae</i>	1	0	0	0
<i>Polystichum sp.1</i>	1	0	0	0
<i>miconia sp.1</i>	1	0	0	0
<i>Baccharis sp.1</i>	0	1	0	0
<i>Morella sp.</i>	0	1	0	0
<i>Sphyrospermun sp.</i>	0	7	0	2
<i>hypericum sp.</i>	0	13	9	5
<i>Cortaderia sp.1</i>	0	11	0	1
<i>Lycopodium sp.1</i>	0	4	0	2
<i>Liquen 01</i>	0	2	8	2
<i>Calamagrostis sp.</i>	0	10	0	2
<i>Baccharis sp.2</i>	0	8	11	1
<i>Athyrium sp.</i>	0	7	11	2
<i>Rubus sp.</i>	0	3	0	2
<i>polytrichum sp.2</i>	0	5	0	0
<i>Proteaceae</i>	0	2	0	0
<i>Brachyotum sp.</i>	0	2	0	0
<i>Monnina sp.1</i>	0	1	0	0
<i>Pteridium sp.</i>	0	2	0	0
<i>Lupinus sp.</i>	0	0	4	0
<i>Escallonia sp.</i>	0	0	2	0
<i>Monnina sp.2</i>	0	0	13	0
<i>Liquen 02</i>	0	0	9	0
<i>Hydrocotyle sp.</i>	0	0	14	3
<i>Hesperomeles sp.</i>	0	0	6	1
<i>Gynoxys sp.</i>	0	0	2	0
<i>Baccharis sp.3</i>	0	0	6	0
<i>Myrsine sp.</i>	0	0	0	5
<i>Cortaderia sp.2</i>	0	0	0	3
<i>Miconia sp.2</i>	0	0	0	1

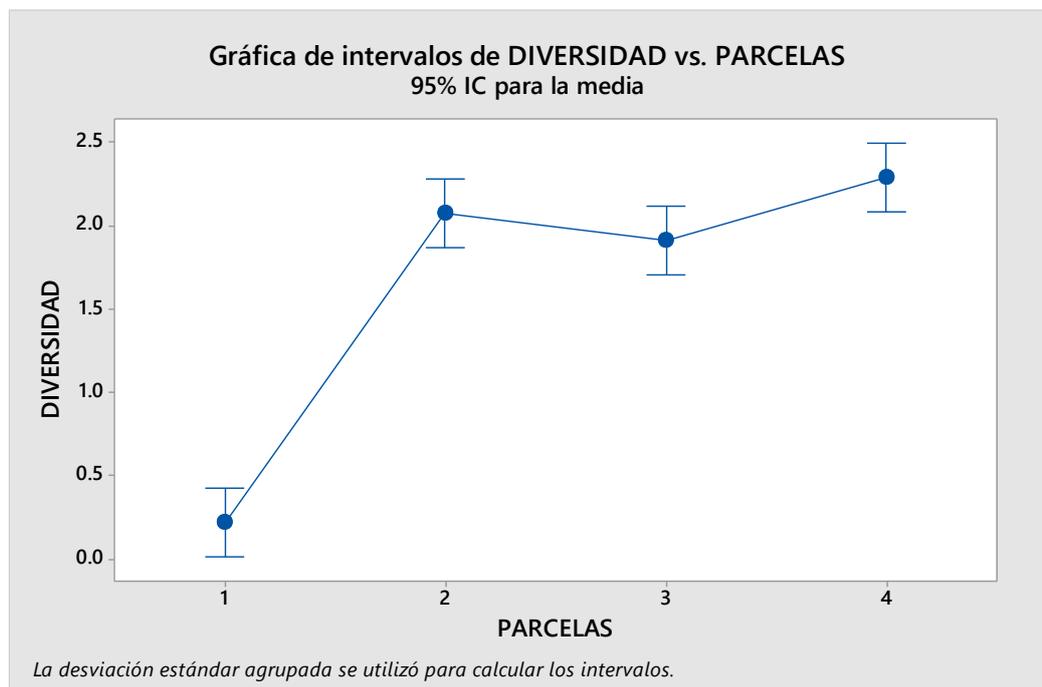
<i>Piper</i> sp.	0	0	0	2
<i>Elaphoglossum</i> sp.	0	0	0	3
<i>Baccharis</i> sp.4	0	0	0	3
<i>Podocarpus</i> sp.	0	0	0	3
<i>Siparuna</i> sp.	0	0	0	2
<i>Viburnum</i> sp.	0	0	0	1
<i>Clethra</i> sp.	0	0	0	1
<i>Peperomia</i> sp.	0	0	0	1
<i>Lomatia</i> sp.	0	0	0	1
<i>Cinchona</i> sp.	0	0	0	14
<i>Senecio</i> sp.1	0	0	0	2
<i>Lycopodium</i> sp 2.	0	0	0	9
<i>Baccharis</i> sp.5	0	0	0	13
<i>Liabum</i> sp.	0	0	0	4
<i>senecio</i> sp.2	0	0	0	1
<i>Chusquea</i> sp.	0	0	0	2
<i>Tagetes</i> sp.	0	0	0	3
<i>Valeriana</i> sp.	0	0	0	1
<i>Selaginella</i> sp.	0	0	0	1
<i>Minthostachys</i> sp.	0	0	0	3
<i>Oreocallis</i> sp.	0	0	0	1
<i>Laurus</i> sp.	0	0	0	2

## Anexo 05. Análisis estadístico.

### A. ANOVA para la diversidad de las zonas de estudio.

Análisis de Varianza

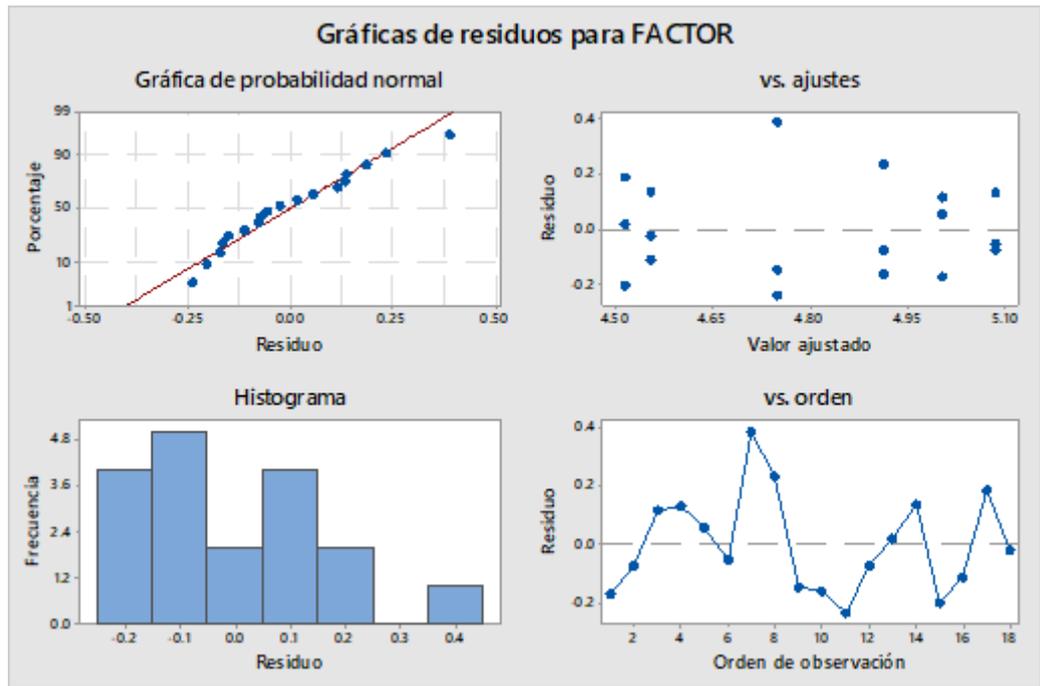
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	3	10.7009	3.56697	99.41	0.000
Error	12	0.4306	0.03588		
Total	15	11.1315			



### B. ANOVA para pH en el suelo.

Análisis de Varianza

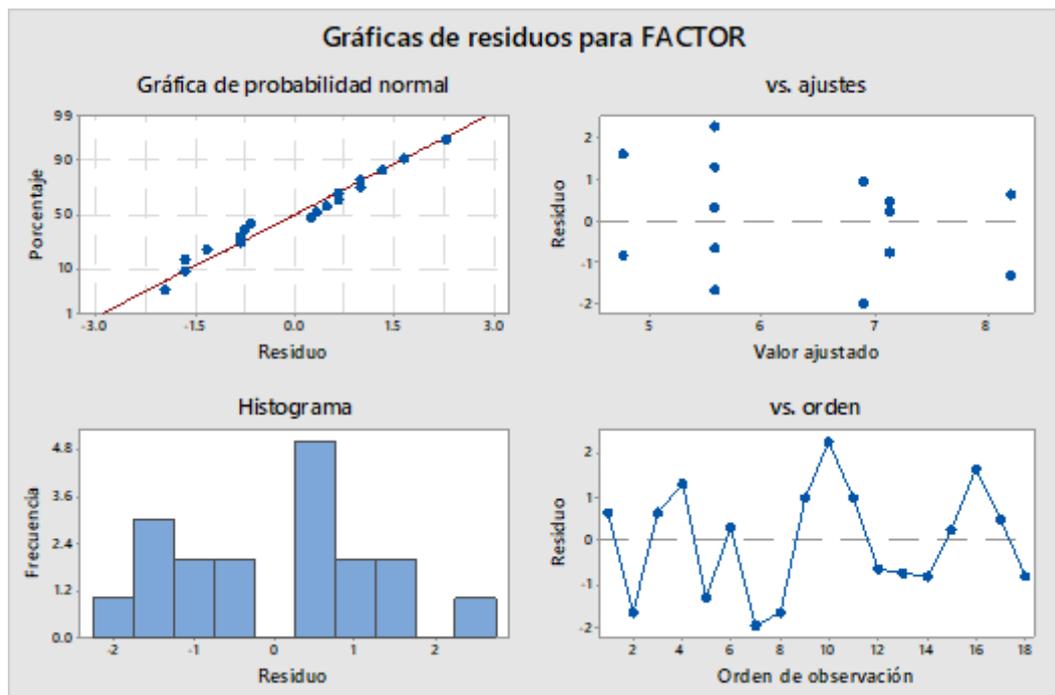
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	3	10.7009	3.56697	99.41	0.000
Error	12	0.4306	0.03588		
Total	15	11.1315			



### C. ANOVA para materia orgánica en el suelo.

Análisis de Varianza

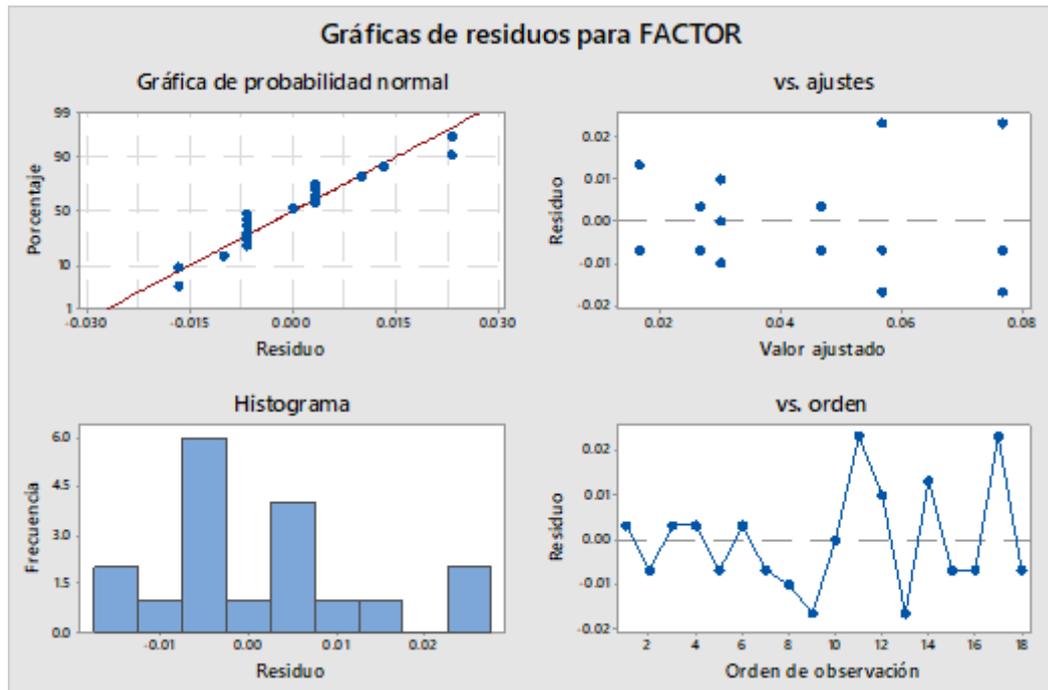
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	2	2.834	1.4168	0.65	0.540
PROFUNDIDAD	1	19.992	19.9923	9.15	0.011
PARCELAS*PROFUNDIDAD	2	1.467	0.7335	0.34	0.721
Error	12	26.216	2.1847		
Total	17	50.509			



## D. ANOVA para conductividad eléctrica en el suelo.

Análisis de Varianza

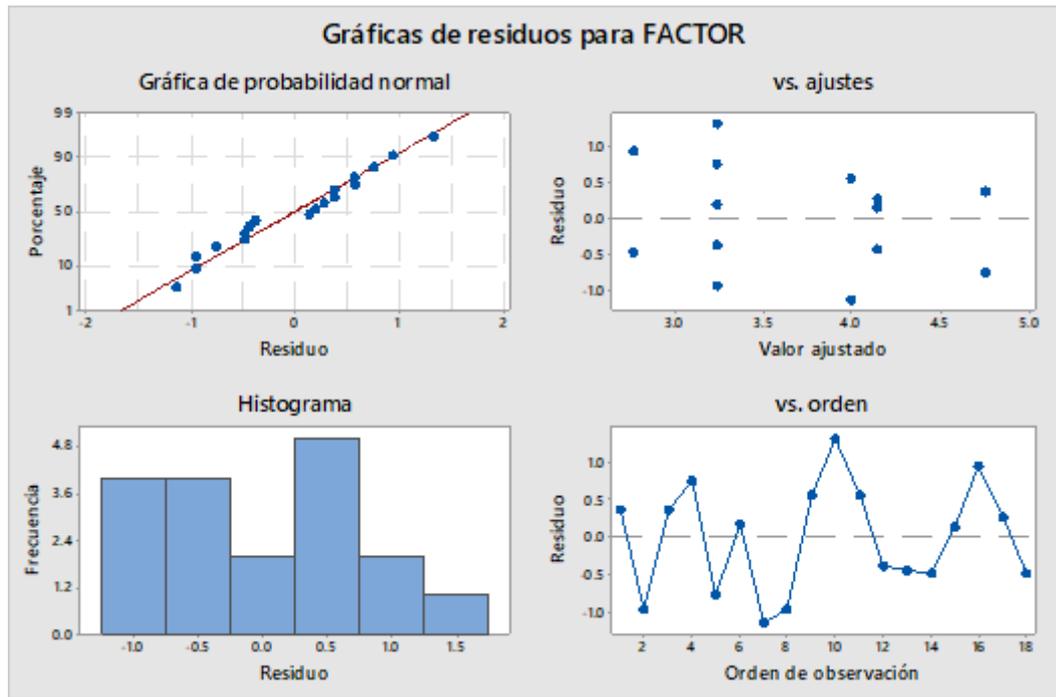
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	2	0.000311	0.000156	0.80	0.472
PROFUNDIDAD	1	0.005689	0.005689	29.26	0.000
PARCELAS*PROFUNDIDAD	2	0.001378	0.000689	3.54	0.062
Error	12	0.002333	0.000194		
Total	17	0.009711			



## E. ANOVA para carbono en el suelo.

Análisis de Varianza

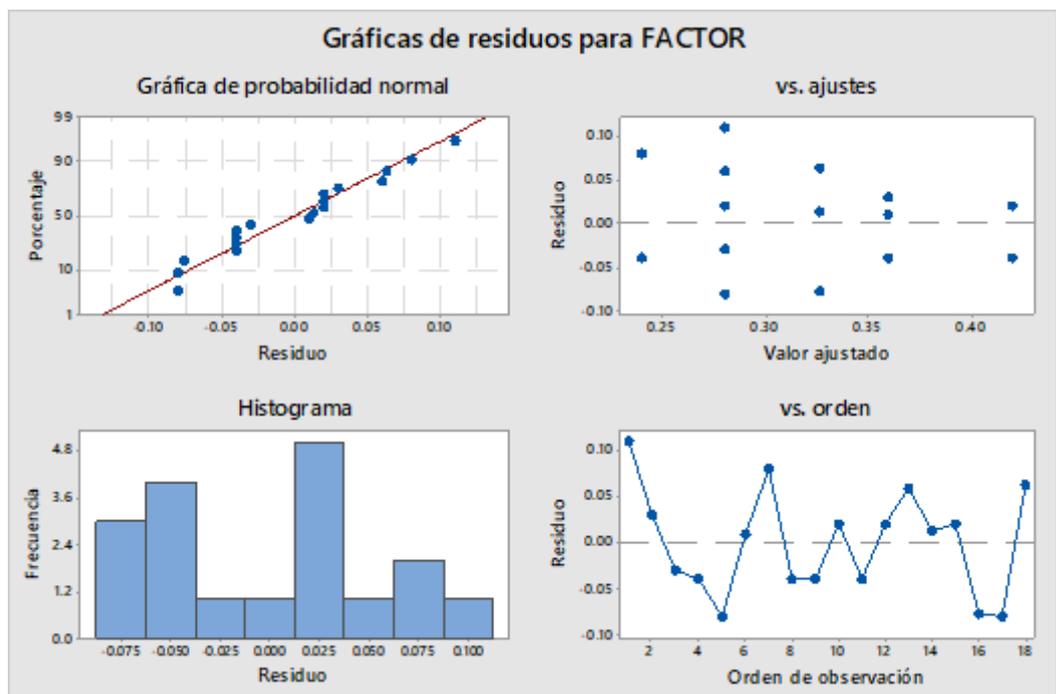
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	2	0.9420	0.4710	0.64	0.543
PROFUNDIDAD	1	6.6978	6.6978	9.15	0.011
PARCELAS*PROFUNDIDAD	2	0.4908	0.2454	0.34	0.722
Error	12	8.7835	0.7320		
Total	17	16.9142			



## F. ANOVA para nitrógeno en el suelo.

Análisis de Varianza

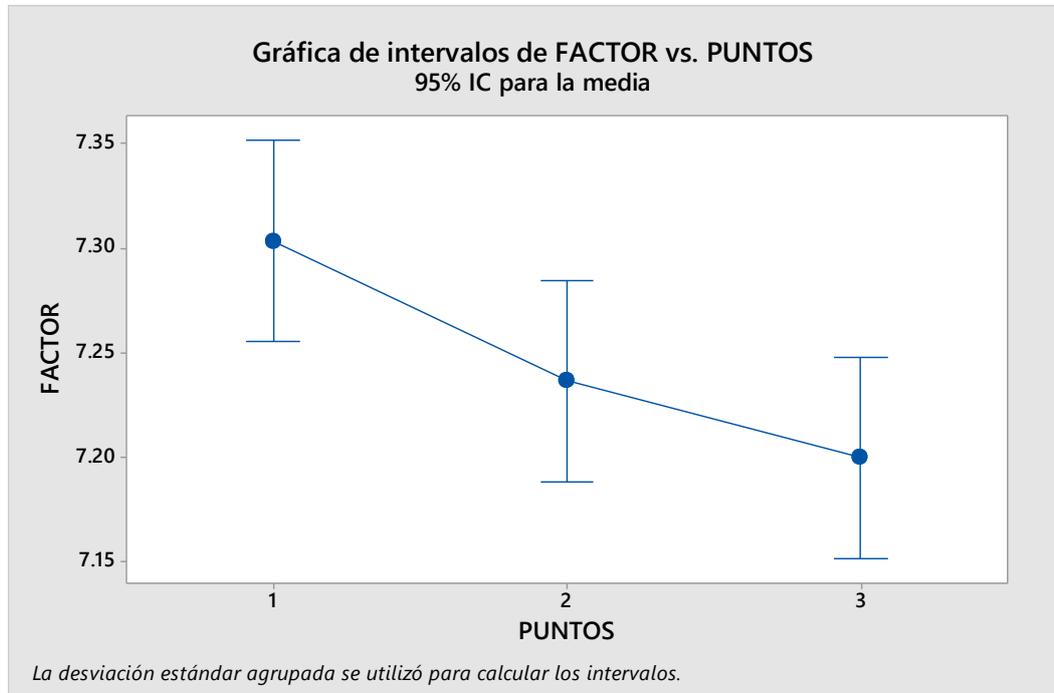
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PARCELAS	2	0.006411	0.003206	0.63	0.550
PROFUNDIDAD	1	0.047022	0.047022	9.22	0.010
PARCELAS*PROFUNDIDAD	2	0.003478	0.001739	0.34	0.718
Error	12	0.061200	0.005100		
Total	17	0.118111			



## G. ANOVA para pH en el agua.

Análisis de Varianza

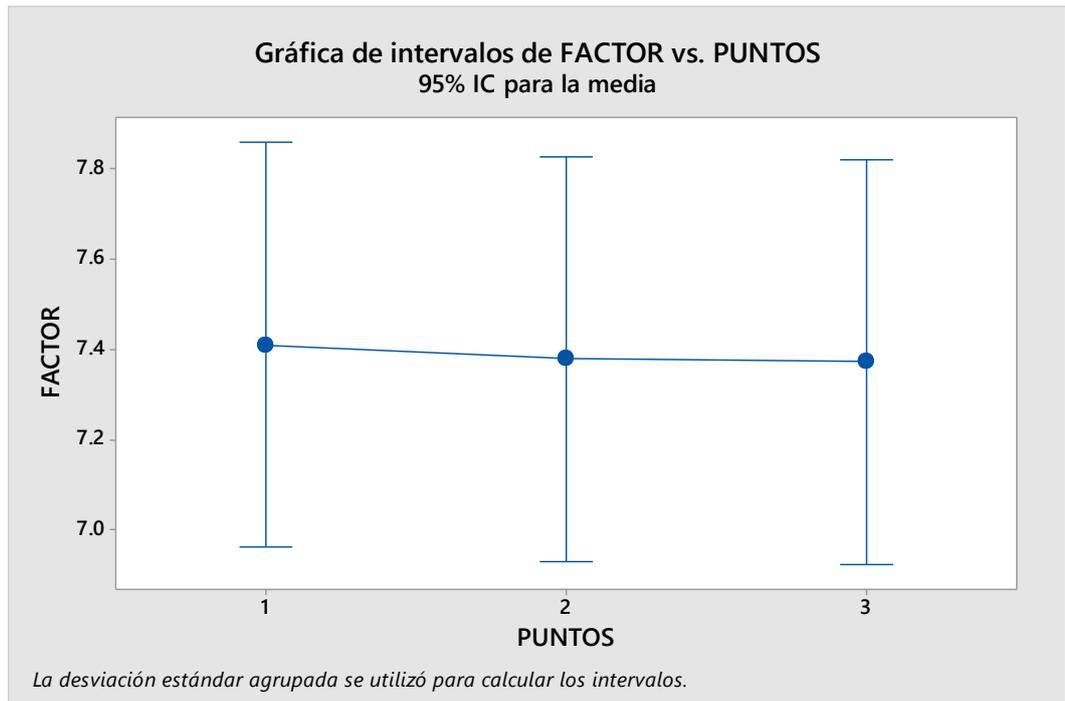
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	0.016467	0.008233	7.12	0.026
Error	6	0.006933	0.001156		
Total	8	0.023400			



H. ANOVA para oxígeno en el agua.

Análisis de Varianza

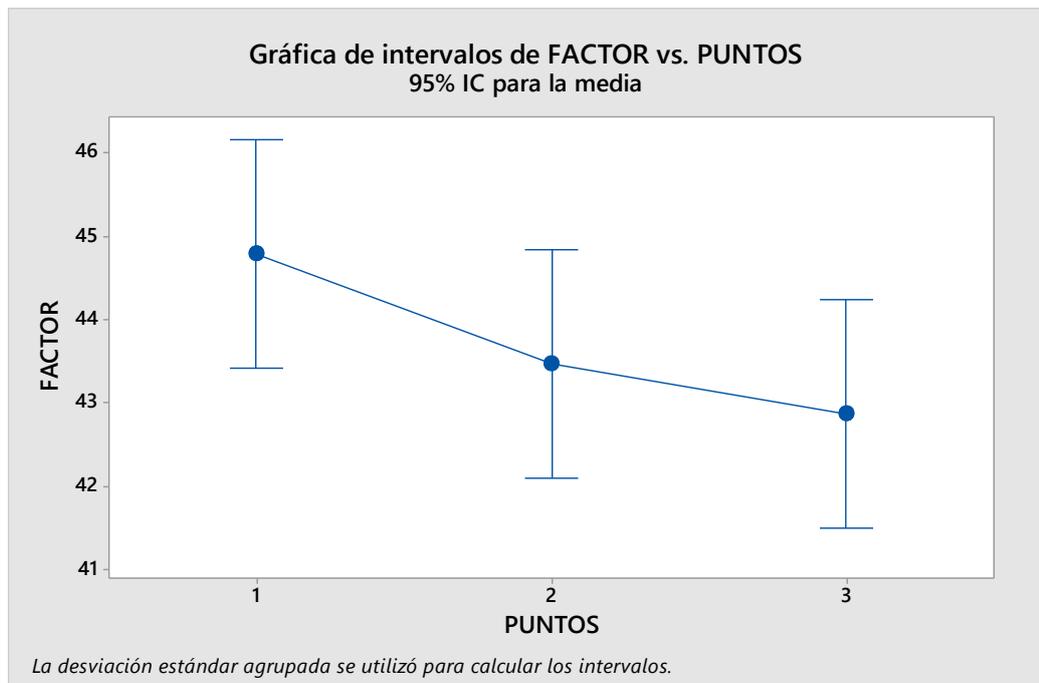
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	0.002289	0.001144	0.01	0.989
Error	6	0.603267	0.100544		
Total	8	0.605556			



I. ANOVA para conductividad eléctrica en el agua.

Análisis de Varianza

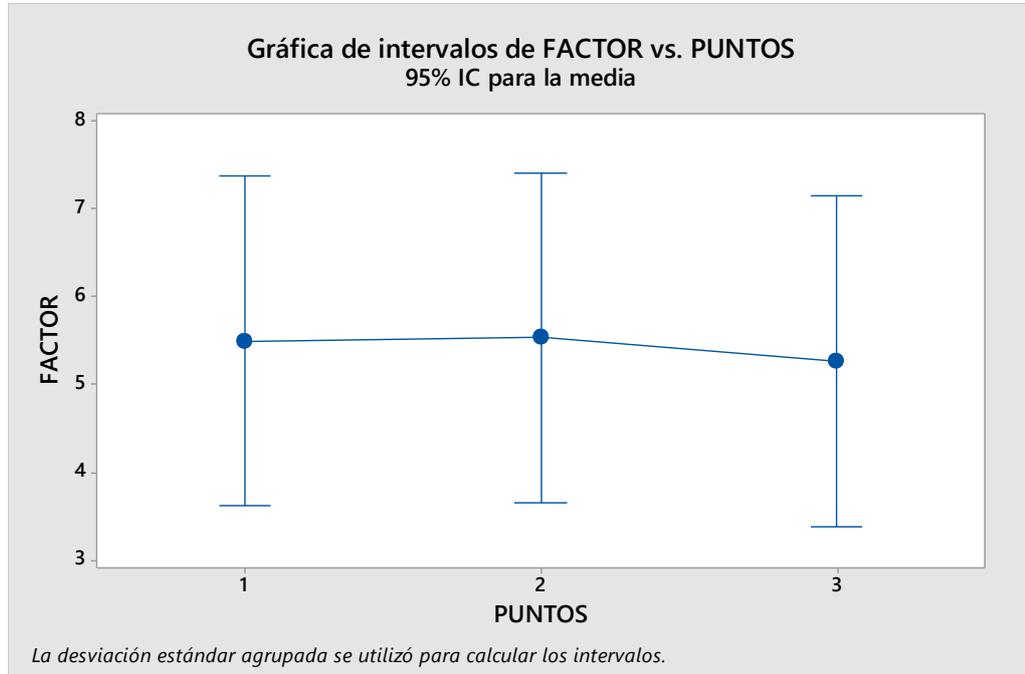
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	5.746	2.8728	3.08	0.120
Error	6	5.593	0.9321		
Total	8	11.338			



J. ANOVA para turbidez en el agua.

Análisis de Varianza

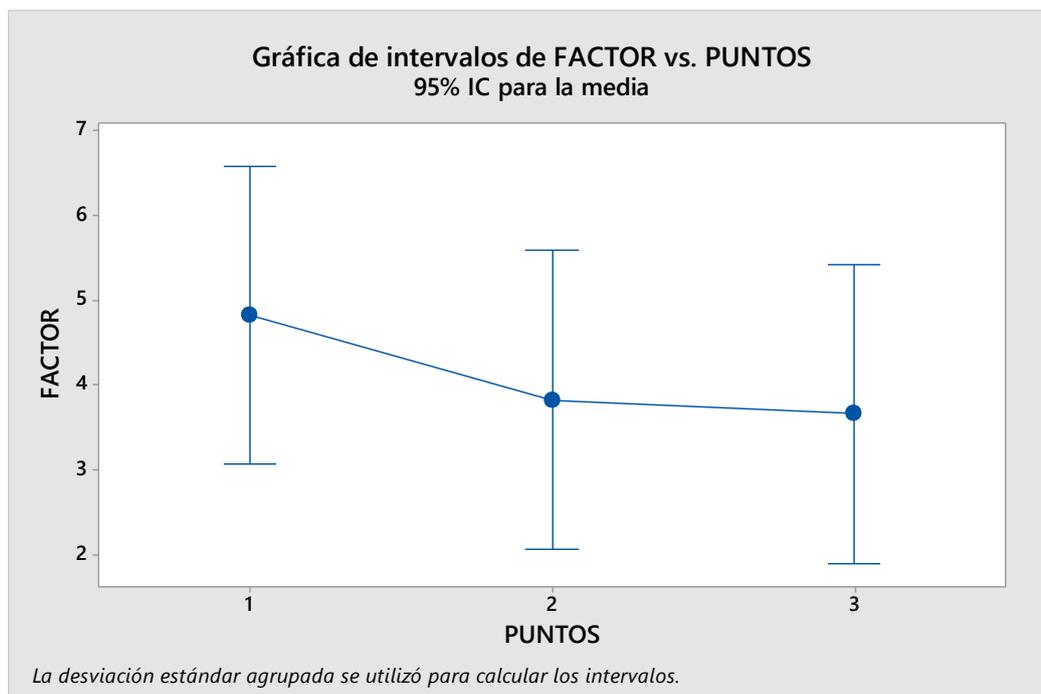
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	0.1267	0.06333	0.04	0.965
Error	6	10.5533	1.75889		
Total	8	10.6800			



K. ANOVA para nitratos en el agua.

Análisis de Varianza

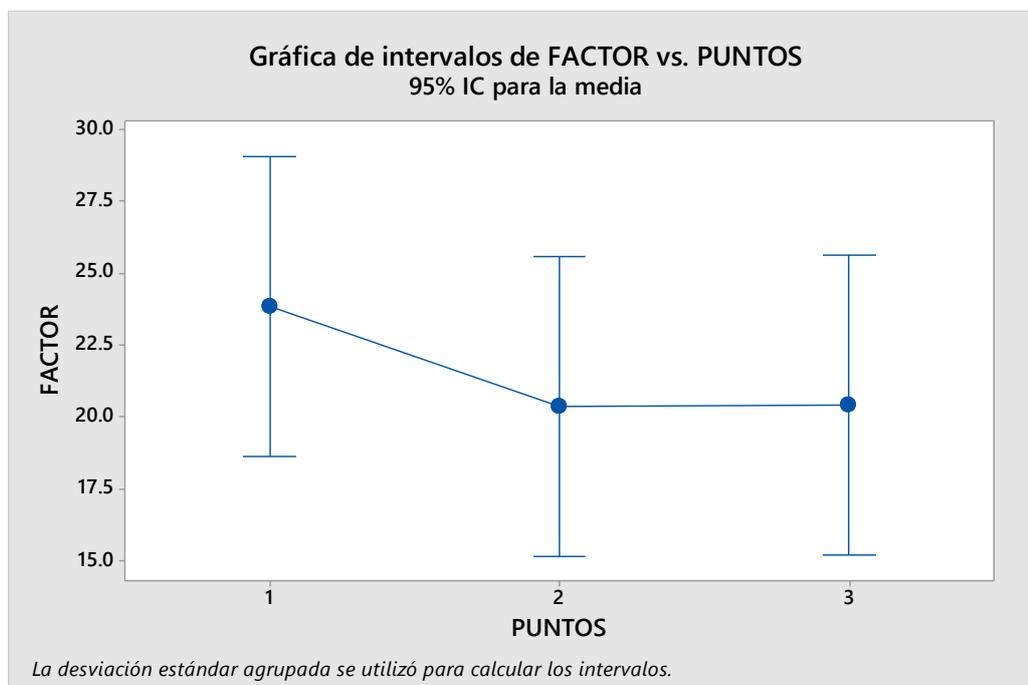
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	2.363	1.182	0.76	0.508
Error	6	9.332	1.555		
Total	8	11.696			



L. ANOVA para sólidos totales disueltos en el agua.

Análisis de Varianza

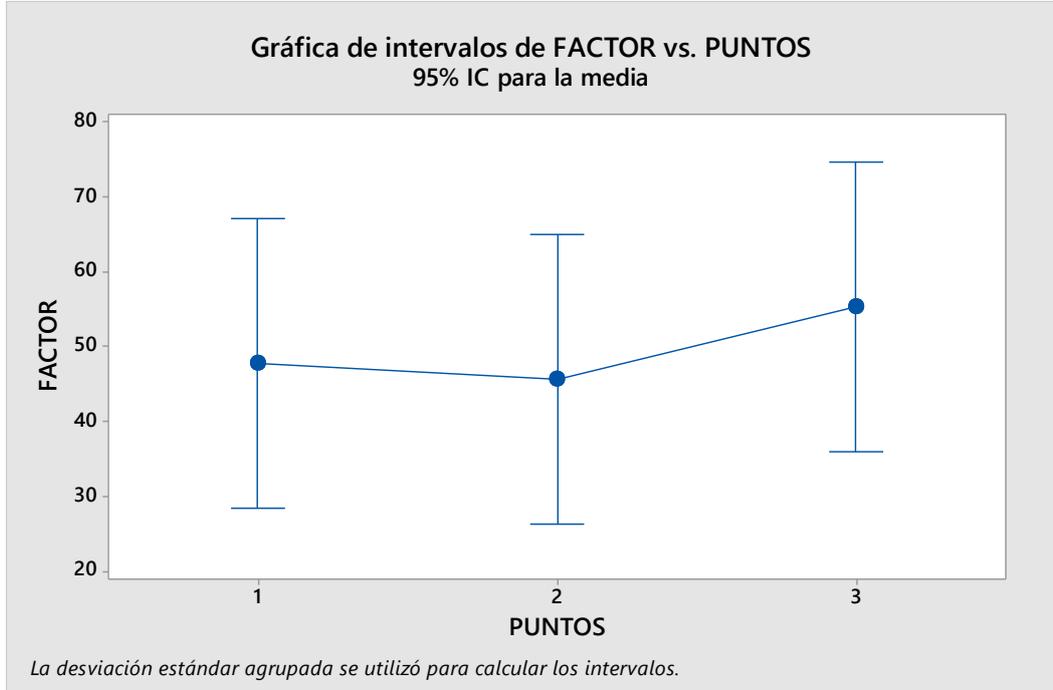
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	24.22	12.11	0.89	0.460
Error	6	82.10	13.68		
Total	8	106.33			



M. ANOVA para sólidos totales en el agua.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PUNTOS	2	154.4	77.19	0.41	0.679
Error	6	1122.0	187.00		
Total	8	1276.4			



**Anexo 06.** Se adjunta los reportes de los análisis fisicoquímicos en agua y suelos realizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos (LABISAG) de la UNTRM.

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
<b>INFORME DE ENSAYO N° 619 - 627</b>		Página .../...	

**1. DATOS :**  
 Solicitante : **GEHER GUEVARA FERNANDEZ**  
 Departamento : **AMAZONAS**  
 Provincia : **LUYA**  
 Distrito : **CONECHÁN**

Sector :  
 N. Parcela :  
 Cód. Muestra :  
 Fecha : **17/09/21**

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO FERTILIZADO**

Lab	Número de Muestra	pH (1.1)	C.E. (1.1) dSm	C		M.O		N	
				%	%	%	%	%	%
619	PA 01 - Prof 0 - 15 cm	4.83	0.05	5.14	6.87	0.44			
620	PA 01 - Prof 15 - 30 cm	5.01	0.02	2.29	3.94	0.20			
621	PA 02 - Prof 0 - 15 cm	5.12	0.05	5.14	8.57	0.44			
622	PA 02 - Prof 15 - 30 cm	8.22	0.03	4.00	6.90	0.34			
623	PA 03 - Prof 0 - 15 cm	5.08	0.04	4.00	6.90	0.34			
624	PA 03 - Prof 15 - 30 cm	5.03	0.03	3.43	5.91	0.30			
625	PJ 01 - Prof 0 - 15 cm	5.14	0.05	2.86	4.93	0.25			
626	PJ 01 - Prof 15 - 30 cm	5.15	0.02	2.29	3.94	0.20			
627	PJ 02 - Prof 0 - 15 cm	4.80	0.04	4.57	7.85	0.35			

**Nota:** Cabe resaltar que la muestra tomada en campo no fue recolectada por el personal de LABISAG.  
 Los resultados presentados son válidos únicamente para el momento en que se realizó el análisis, cuando proceda la reproducción total o parcial de este informe con la autorización escrita de LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como un certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE  
 MENDOZA DE AMAZONAS  
**LABISAG**  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE  
 MENDOZA DE AMAZONAS  
**LABISAG**  
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibi conforme Nombre: DNI: Fecha y Hora:	Firma de Conformidad
---	----------------------

Calle Elige Enca N° 342 281-285 Calle Universidad N° 204 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labirag@untrm.edu.pe | labirag@radio.untrm.edu.pe

**1. DATOS :**

Solicitante : GEINER GUEVARA FERNANDEZ  
 Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : LUYA  
 Distrito : COHECHÁN

Sector :  
 N. Parcela :  
 Cod. Muestra :  
 Fecha : 17/08/21

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO FERTILIDAD**

Lab	Número de Muestra		pH (1.1)	C.E. (1.1) dB/m	C		M.O		N	
	Muestra				%	%	%	%		
628	PJ 02 - Prof 15 - 30 cm		4.75	0.03	4.57		7.68		0.39	
629	PJ 03 - Prof 0 - 15 cm		4.51	0.08	4.57		7.88		0.39	
630	PJ 03 - Prof 15 - 30 cm		4.84	0.04	2.66		4.93		0.25	
734	AN 01 - Prof 0 - 15 cm		4.53	0.06	3.71		6.40		0.32	
735	AN 01 - Prof 15 - 30 cm		4.69	0.03	2.29		3.94		0.20	
736	AN 02 - Prof 0 - 15 cm		4.31	0.07	4.20		7.39		0.37	
737	AN 02 - Prof 15 - 30 cm		4.44	0.01	3.71		6.40		0.32	
738	AN 03 - Prof 0 - 15 cm		4.70	0.10	4.43		7.63		0.38	
739	AN 03 - Prof 15 - 30 cm		4.53	0.01	2.29		3.94		0.20	

*Nota:* Cabe resaltar que la muestra tomada en campo no fue recolectada por el personal de LABSAG.

Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABSAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una verificación de conformidad con normas de producto a menos que estén certificados por el sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA  
 DE AMAZONAS

LABORATORIO DE FERTILIDAD  
 RESPONSABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA  
 DE AMAZONAS  
 TACUABAMBURA  
 RESPONSABLE DEL AREA DE BUENOS LABSAG

Recibo conforme  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

Calle Miguel Grau N° 402, 696 006 - Calle Universidad N° 264 - Chachapoya - Amazonas - Perú  
 lab@sag.unicat.edu.pe / lab@agf.mda.un.edu.pe











