



# Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 153-2023-FCA/UNACH

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado. “**Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancaybaños, Santa Cruz, Cajamarca**”; desarrollado por la **Bach. Matilde Mercedes Vásquez Caruajulca** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesor: M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez** y **coasesor: Dr. Alejandro Seminario Cunya**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 16%** sin incluir bibliografía, citas y fuentes con menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH.

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

Chota, 24 de noviembre de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia  
Directora de la Unidad de Investigación  
de la Facultad de Ciencias Agrarias

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA MVC\_Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancaybaños, Santa Cruz, Cajamarca.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>dspace.ucuenca.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.scielo.org.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.upa.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.unirioeditora.com.ar</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.revistas.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>pmcarbono.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

81 [sedici.unlp.edu.ar](http://sedici.unlp.edu.ar) <1 %  
Fuente de Internet

---

82 [worldwidescience.org](http://worldwidescience.org) <1 %  
Fuente de Internet

---

83 [www.coursehero.com](http://www.coursehero.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

84 [www.eoi.es](http://www.eoi.es) <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
***Facultad de Ciencias Agrarias***  
***Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental***



**Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancaybaños, Santa Cruz, Cajamarca.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bachiller: Matilde Mercedes Vásquez Caruajulca**

**Asesor: M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez**

**Co-Asesor: Dr. Alejandro Seminario Cunya**

**CHOTA – PERÚ**

**2022**

## Acta de sustentación

### Anexo 01

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 008-2023/EPIFA - FCA/UNACH

Siendo las 18 horas, del día 15 de febrero de 2023, en video conferencia del aplicativo Meet Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancaybaños, Santa Cruz, Cajamarca, integrado por:

1. Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza (Presidente)
2. M.Sc. Jimmy Alberto Diaz Estrada (Secretario)
3. M,Sc. José Magno Quiroz Gonzales (Vocal)

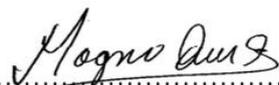
Sustentada por Bach. Matilde Mercedes Vásquez Caruajulca, asesorada por el M.Sc. Jim Jairo Villena Velásquez y coasesorada por el Dr. Alejandro Seminario Cunya, con la finalidad de obtener Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 16 (dieciséis), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Chota, 15 de febrero del 2023

  
.....  
Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza  
Presidente

  
.....  
M.Sc. Jimmy Alberto Diaz Estrada  
Secretario

  
.....  
M.Sc. José Magno Quiroz Gonzales  
Vocal

  
.....  
Mtr. Jim Jairo Villena Velásquez  
Secretario

  
.....  
Dr. Alejandro Seminario Cunya  
Coasesor

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, hermana, amigos, colegas, y docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, mi casa de estudios. Quienes estuvieron siempre estuvieron presentes durante mi proceso de formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios,**

Fuente universal de toda creación.

### **A mis padres,**

César y Claudina, por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional.

### **A mis asesores,**

M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez

Dr. Alejandro Seminario Cunya

Por su valiosa guía en cada una de las etapas de la realización del proyecto de investigación.

### **A los miembros del SERNANP,**

Ing. Joel R. Córdova Maquera

Gp. Justino Burga Estela

Gp. Javier Burga Peralta

Gp. Jesús Carrasco Burga

Quienes, durante la fase de campo, se mostraron prestos a colaborar desde un primer momento con el propósito de este trabajo.

### **A los ingenieros:**

Ing. Juan Rodrigo Baselly Villanueva

Ing. Marco Alexander Zafra Villena

Por su significativo aporte a través de sus conocimientos de estadística y georreferenciación, respectivamente.

## **Resumen**

Los gradientes altitudinales permiten investigar la respuesta potencial de las plantas o ecosistemas a las condiciones climáticas cambiantes. El objeto de la investigación fue estimar el efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo del bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños, Santa Cruz, Cajamarca. Se instalaron tres parcelas en gradientes de elevación a 1 560, 1 977 y 2 400 m s. n. m., se tomaron muestras de suelos a 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad para realizar su análisis físico y químico. Se ejecutó el análisis de ANOVA, que arrojó diferencias estadísticas entre las concentraciones de carbono y nitrógeno con respecto a la gradiente altitudinal. El análisis de correlación de Pearson evidenció que carbono y nitrógeno presentaron correlaciones significativas positivas con la altitud, encontrándose los valores para carbono de 2,00 %, 3,80% y 9,75 % y nitrógeno 0,42%, 0,45% y 0,95% a 1 560, 1 977 y 2 400 m s. n. m. respectivamente. Sin embargo, no se observaron variaciones a diferentes profundidades (0-10 cm y 10-20 cm). Se concluye que el aumento de la altitud y los factores asociados a este (disminución de temperatura y aumento de la precipitación) influyen de manera positiva en las reservas de carbono y nitrógeno en bosques secos interandinos.

**Palabras clave:** Bosque seco, carbono, Chancaybaños, gradiente altitudinal, nitrógeno.

## **Abstract**

Altitudinal gradients allow investigation of the potential response of plants or ecosystems to changing climatic conditions. The object of the investigation was to estimate the effect of the altitudinal gradient on the carbon and nitrogen reserves of the soil of the dry forest of the Chancaybaños Reserved Zone, Santa Cruz, Cajamarca. Three plots were installed at elevation gradients at 1,560, 1,977, and 2,400 m s. no. m., soil samples were taken at 0-10 cm and 10-20 cm depth for physical and chemical analysis. The ANOVA analysis was executed, which showed statistical differences between carbon and nitrogen concentrations with respect to the altitudinal gradient. The Pearson correlation analysis showed that carbon and nitrogen presented significant positive correlations with altitude, finding values for carbon of 2.00%, 3.80% and 9.75% and nitrogen 0.42%, 0.45%. and 0.95% at 1,560, 1,977, and 2,400 m s. no. m. respectively. However, no variations were observed at different depths (0-10 cm and 10-20 cm). It is concluded that the increase in altitude and the factors associated with it (decrease in temperature and increase in precipitation) positively influence carbon and nitrogen reserves in inter-Andean dry forests.

**Keywords:** Dry forest, carbon, Chancaybaños, altitudinal gradient, nitrogen.

## Índice de contenidos

<b>Resumen</b> .....	05
<b>Abstract</b> .....	06
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4Objetivos.....	17
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Gradiente altitudinal.....	23
2.2.2. Carbono.....	24
2.2.2.1. El carbono en el suelo.....	24
2.2.2.2. Ciclo del carbono.....	24
2.2.2.3. Carbono en las plantas.....	24
2.2.3. Nitrógeno.....	25
2.2.3.1. El nitrógeno en el suelo.....	25
2.2.3.2. Ciclo del nitrógeno.....	25
2.2.3.3. Nitrógeno en las plantas.....	26
2.2.4. Tipos de bosque seco.....	27

2.3. Marco conceptual.....	29
2.3.1. Bosque seco.....	29
2.3.2. Carbono.....	29
2.3.3. El suelo.....	29
2.3.4. Elementos químicos del suelo.....	30
2.3.5. Gradiente altitudinal.....	30
2.3.6. Materia orgánica del suelo.....	30
2.3.7. Nitrógeno.....	31
2.3.8. Reserva de carbono.....	31
2.3.9. Reserva de nitrógeno.....	31
2.3.10. Zona reservada... ..	32
2.4. Hipótesis.....	32
2.5. Operacionalización de variables. ....	32
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>34</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	34
3.2. Diseño de investigación.....	34
3.3. Métodos de investigación. ....	34
3.3.1. Ubicación del área de estudio.....	35
3.3.2. Equipo, materiales y/o instrumentos requeridos.....	39
3.4. Población, muestra y muestreo.....	39
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	40

3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos.....	40
3.5.3. Método de muestreo.....	40
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	44
3.7. Aspectos éticos.....	45
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
4.1. Descripción de resultados.....	46
4.1.1. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de C del suelo.....	46
4.1.2. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de N del suelo.....	50
4.1.3. Análisis de Componentes Principales.....	53
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	56
4.3. Discusión de resultados.....	57
4.3.1. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de C del suelo.....	57
4.3.2. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de N del suelo.....	58
4.3.3. Análisis de componentes principales (APC) .....	59
<b>CAPÍTULO V.</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>CAPITULO VI.</b>	
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO VII.</b>	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2. Unidad de análisis, población y muestra del estudio.....	40
Tabla 3. Fuente, técnica e instrumentos para la recolección de los datos.....	41
Tabla 4. Valores de correlación.....	45
Tabla 5. Cantidad de C (%) en cada nivel altitudinal.....	47
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) de reservas de carbono en el suelo.....	51
Tabla 7. Cantidad de N (%) en cada nivel altitudinal.....	52
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) de reservas de nitrógeno en el suelo.....	52
Tabla 9. Resultados de análisis físico y químico.....	103
Tabla 10. Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) .....	104
Tabla 11. Especies identificadas en la parcela 3 (2 400 m s. n. m.) .....	106
Tabla 12. Especies identificadas en la parcela 3 (2 400 m s. n. m.) .....	107
Tabla 13. Especies identificadas en la parcela 3 (2 400 m s. n. m.) .....	108
Tabla 14. Datos de vegetación (NE, N/ha, DAP) .....	109

## Índice de figuras

Figura 1 Ciclo carbono terrestre simplificado.....	24
Figura 2 Ciclo del nitrógeno.....	26
Figura 3 Subunidades de bosques secos en el Perú.....	28
Figura 4 Mapa Base de la Zona Reservada Chancaybaños.....	37
Figura 5 Toma de puntos de muestreo en cada parcela.....	41
Figura 6 Mapa de los puntos de muestreo.....	43
Figura 7 Comportamiento de las reservas de carbono en función de la altitud y profundidad del suelo (interacción).....	47
Figura 8 Gráfica de correlación de concentraciones de carbono y la altitud.....	48
Figura 9 Gráfica de regresión de la variable contenido de carbono.....	49
Figura 10 Comportamiento de las reservas de nitrógeno en función de la altitud y profundidad del suelo (interacción).....	51
Figura 11 Gráfica de correlación de concentraciones de carbono y la altitud.....	52
Figura 12 Gráfica de regresión de la variable contenido de nitrógeno.....	53
Figura 13 Análisis de componentes principales de variables físicas y químicas del suelo en el Bosque Seco Chancaybaños.....	55
Figura 14 Contribución de variables físicas y químicas en el ACP.....	56
Figura 15 Ingresos a la ZR Chancay Baños.....	81
Figura 16 Proceso de delimitación de la parcela.....	81
Figura 17 Remoción del suelo.....	82
Figura 18 Obtención del suelo (0-10 cm) .....	82
Figura 19 Llenado de muestras de suelo en bolsas.....	83
Figura 20 Medición del suelo (10 cm) .....	83

Figura 21 Proceso de homogenizar el suelo..... 84

Figura 22 Proceso de etiquetado de muestras..... 84

### Tabla de símbolos y abreviaturas

Abreviaturas		Símbolos	
COS	Carbono orgánico del suelo	pg	Picogramos
NT	Nitrógeno total del suelo	m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
GEI	Gases de efecto invernadero	ppm	Partes por millón
BS	Bosque seco	Mg	Megagramos
CC)	Capacidad de campo	tn/ac	Toneladas/acre
DA	Densidad aparente		
PM	Punto de marchitez		
AD	Agua disponible		

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.Planteamiento del problema

Los gradientes altitudinales, son considerados como sistemas de estudio para investigar la respuesta potencial de las comunidades de plantas o ecosistemas a las condiciones climáticas cambiantes (Körner, 2007). durante varios años vienen siendo utilizados para investigar principalmente cambios en la biodiversidad, pero en los últimos tiempos la preocupación científica por los posibles efectos del cambio climático sobre las reservas de carbono (C) y nitrógeno (N) de los suelos, han hecho que más investigaciones se centren en estudiar estas relaciones. El secuestro de C orgánico en los bosques se considera una posible opción de mitigación del cambio climático mediante el almacenamiento de CO<sub>2</sub> atmosférico en la biomasa de los árboles y la materia orgánica del suelo (Ahmed, 2018). De hecho, como afirma Batjes (1996), las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera pueden verse fuertemente alteradas incluso por un pequeño cambio en las existencias de carbono orgánico (COS) y nitrógeno total (NT), con un impacto significativo en el calentamiento global y en la calidad del suelo.

El carbono del suelo es una variable clave para estimar la dinámica del C terrestre, debido a que es un factor importante de la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera a través de la descomposición de la materia orgánica en los suelos. Por ende, un mejor conocimiento de la cantidad y la distribución espacial de las existencias de C en los suelos es crucial para estimar los cambios en la dinámica del C terrestre (Osman, 2013). El N es uno de los principales elementos de vital importancia en la vida de la tierra, y existe universalmente en la litósfera, la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera (S. X. Li et al., 2014). A pesar de ello su disponibilidad no es inmediata, debiendo pasar por varios procesos de meteorización para que finalmente sea aprovechado por las plantas y demás seres vivos. los ciclos de N y C del suelo interactúan entre sí e influyen mutuamente en la biosfera terrestre, de este modo la capacidad de sumidero de C de la biosfera terrestre está determinada sustancialmente por la limitancia de N, y del mismo modo, el carbono orgánico del suelo (COS) también desempeña un papel fundamental en los procesos que

sustentan la mineralización, el secuestro y la desnitrificación de N ( Ma *et al.*, 2018). Para contribuir a la mitigación del cambio climático se requiere un estudio profundo y sincronizado de las formas y dinámica del carbono de los suelos de las regiones y del mundo (Burbano Orjuela, 2018), del mismo modo, comprender la interacción de los ciclos de N y C en la biósfera terrestre, pues la gestión racional de N y C puede mejorar la calidad del suelo, reducir la contaminación del suelo y del medio ambiente, aumentar el secuestro de CO<sub>2</sub> y mejorar la productividad de los cultivos (Ma *et al.*, 2018).

El Bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños (ZRC) se encuentra en la provincia de Santa Cruz, región Cajamarca, es la única Zona Reservada del país, cuyo objetivo es proteger y conservar la naciente de fuentes termales subterráneas, además de las especies silvestres que cohabitan en el bosque contiguo (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP], 2019). La escasez de agua es el principal factor limitante que da forma al funcionamiento de los bosques secos, sumado a una alta variabilidad interanual de las precipitaciones, patrones climáticos variables, perturbaciones antropogénicas. Los bosques secos brindan una amplia variedad de servicios ecosistémicos que son cruciales para el bienestar humano. aseguran beneficios económicos y sociales a sus propietarios, así como a las comunidades, estados, países y la comunidad global circundantes. brindan servicios ecosistémicos como: la regulación de la fertilidad del suelo, la erosión, el ciclo del agua, el clima, los polinizadores, plagas, vectores de enfermedades, especies invasoras e impactos de eventos meteorológicos extremos, así como muchos servicios culturales (Balvanera *et al.*, 2011). El bosque seco es un ecosistema de tierras bajas, y se ve constantemente amenazado por una estacionalidad muy marcada y por presiones antropogénicas, que pueden llegar a afectar su composición y estructura, además de los servicios ambientales que prestan. son ecosistemas escasamente estudiados, y todos estos factores los ponen, incluso, en un riesgo más alto que el de los bosques húmedos (Andrade-Castañeda *et al.*, 2017). Considerándose, imprescindibles en el principio de cualquier listado de prioridades globales de conservación de la biodiversidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016), por ello, con el fin de estudiarlos y conservarlos, han sido incorporados en la lista de "puntos calientes" o hotspots del planeta (Mittermeier *et al.*, citado en Rasal *et al.*, 2011).

Perú es el país que más bosques secos ha convertido en Sudamérica, registrando actualmente sólo alrededor de 5 % de lo antes existente (Portillo & Sánchez, 2010). Debido a que se pierden a través de la deforestación e incendios, y por su clima estacional, son atractivos para la ganadería y la agricultura. En consecuencia, gran parte de los bosques originales permanecen hoy como “parches”, fragmentos y remanentes, pequeños, discretos y, por lo general, muy alterados (Linares, 2006). La altitud es el principal factor que afecta tanto a la biodiversidad como a las propiedades fisicoquímicas del suelo de los ecosistemas (Kumar *et al.*, 2019). A lo largo de un gradiente altitudinal pueden ocurrir variaciones en la biodiversidad, desde diferencias en la vegetación, macro y microorganismos, lo cual, al mismo tiempo podría modificar las cantidades de nutrientes en el suelo, aumentando o disminuyendo el riesgo de amenazas en diferentes puntos dentro de un mismo ecosistema. En las zonas más bajas existe menor cubierta vegetal lo cual disminuye el establecimiento de las diferentes especies (Brown, 2001). Por otro lado, cualquier variación en las propiedades del suelo, incluso la más sutil, puede perturbar el balance de la competencia entre especies arbóreas (Huerta *et al.*, 2014). La utilización del suelo del bosque seco para otras actividades como la agricultura y ganadería, afecta la composición física, química y biológica del suelo, lo cual repercute en su calidad, ocasionando la reducción de la cubierta boscosa, sumándose a la causa antes mencionadas, la tala ilegal y la poca responsabilidad al momento de cumplir a cabalidad con los planes de manejo forestal, la existencia de políticas de conservación inadecuadas, considerando que la Ley Forestal y de Fauna Silvestre ha priorizado el manejo de los bosques húmedos tropicales, permitiendo la existencia de vacíos legales que perjudican ampliamente la sostenibilidad del bosque seco tropical (Otivo, 2015).

El componente orgánico del suelo es parte del balance de los ciclos de C y N, siendo estable su contenido en suelos con vegetación natural. En tanto el N orgánico es el nutriente más alterado en el proceso de degradación del suelo, porque proviene principalmente del componente orgánico, que se concentra en la superficie del suelo y que se pierde por erosión (Oliveira *et al.*, 2009). Esta disminución del stock de N orgánico, sumada a las innumerables transformaciones de naturaleza bioquímica a las que está sujeto el N (mineralización, inmovilización, desnitrificación, entre otras) y la gran

cantidad requerida por la mayoría de cultivos, lo convierten en el nutriente más escaso para las plantas, por lo que su manejo es bastante complejo (Lal & Stewart, 2018). La poca información disponible acerca del estudio de bosques secos y en especial, de la Zona Reservada Chancaybaños, ha sido uno de los motivos para que algunos científicos los hayan empezado a llamar bosques olvidados. “No hay un mapa en donde figuren apropiadamente todas estas áreas. Y en los existentes hay datos diferentes, haciendo que sea muy difícil calcular realmente la extensión de bosques secos en el Perú. Mucho más acerca de los bosques secos interandinos, siendo la principal dificultad, la inexistencia de estudios que brinden esta información”, asevera Reynaldo Linares, Investigador del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Perú (Lo Lau, 2017). El Bosque Seco de la Zona Reservada de Chancaybaños no es ajeno a esta problemática, SERNANP (2019) indica que la belleza visual del paisaje del lugar se observa notablemente afectada en los últimos tiempos a causa de la elevada presencia de actividad antropogénica, así mismo, se evidencia que “gran parte de la vegetación primaria ha sido erradicada y en su lugar se aprecia la progresiva presencia de cultivos agrícolas”. Siendo este cambio de uso de suelo, el que posteriormente propicia la degradación de los stocks de carbono y nitrógeno en los diferentes gradientes altitudinales, elementos químicos de gran importancia en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales.

En ese sentido y por todo lo expuesto en párrafos anteriores, postulamos en el siguiente ítem la formulación del problema de investigación.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo del bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños, provincia de Santa Cruz, Cajamarca?

## **1.3. Justificación**

El bosque seco alberga gran biodiversidad de flora y fauna, con un alto porcentaje de endemismo. Proteger esta biodiversidad nos pone el gran reto de conservar de forma integral este ecosistema, empezando por entender las singularidades e importancia de su

suelo. El C y el N del suelo, son elementos fundamentales que aseguran la buena calidad del mismo, así como sus características óptimas de producción. En ese sentido el presente trabajo pretende brindar información necesaria que contribuya a revalorar y proteger el suelo de este ecosistema tan frágil, pero poco valorado. Este trabajo surge, de la necesidad de recabar información, la cual es muy limitada, a pesar de ser fundamental, ya que es importante conocer a fondo sus características para asegurar la correcta gestión de este ecosistema. Con base en la información e investigaciones necesarias, podemos demostrar que los servicios ecosistémicos que nos brinda un bosque seco tienen un impacto global similar al de otros ecosistemas, y reafirmar así su importancia.

Este trabajo podrá servir, además, como un eslabón en el estudio de la zona reservada, dado que siendo su denominación una clasificación transitoria, contribuirá a ampliar la información que nos acerque finalmente, a lograr su categorización definitiva como Área Natural Protegida, además de constituir una pauta en la que pueden basarse los responsables de su manejo, logrando mejores decisiones en cuanto a su gestión y preservación.

#### **1.4. Objetivos**

##### **Objetivo general**

- ✓ Estimar el efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo del bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños, provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

##### **Objetivos específicos**

- ✓ Evaluar el efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono del suelo del bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños, provincia de Santa Cruz, Cajamarca.
- ✓ Evaluar el efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de nitrógeno del suelo del bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños, provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Zhang *et al.* (2021) investigaron la distribución del carbono orgánico del suelo (COS) y nitrógeno total (NT) en nueve tipos de vegetación, en un gradiente de altitud de 600 a 4500 m s. n. m. y a tres profundidades de suelo (0–20 cm, 20–40 cm y 40–60 cm) en Yunnan (China). Demostraron que los contenidos de COS y NT disminuyeron con el aumento de la profundidad del suelo en la mayoría de los tipos de vegetación. Los stocks de COS y NT se correlacionaron positivamente con la temperatura media anual y la precipitación media anual, observando mayores existencias de COS y de NT en altitudes más altas (3600–4500 m). La relación lineal significativa entre COS y NT ( $P < 0,01$ ) demostró que la mayoría de las variaciones en NT están relacionadas con los cambios en el almacenamiento de COS, y la acumulación de COS podría influir en las existencias de NT. El tipo de vegetación, la altitud y el pH fueron los factores de control para las existencias de COS y NT.

Kumar *et al.* (2019), estudiaron el ecosistema del suelo de las montañas Gangotri a 3 415 m s. n. m. y se comparó con el suelo de Kandakhal a 1 532 m s. n. m. Con el fin de comprender el efecto de la altitud en las propiedades fisicoquímicas del suelo y la diversidad bacteriana en el desierto frío del Himalaya. El análisis fisicoquímico del suelo mostró que la altitud se correlacionó positivamente con el pH del suelo, el COS y el contenido de NT, El pH del suelo en el suelo de Gangotri fue de 8,1, que fue comparativamente más alto que el de Kandakhal, donde fue de 7,2. El COS para el suelo de Gangotri y Kandakhal fue de 5,1006 % y 1,7915 %, respectivamente, mientras que el NT de Kjeldhal (TKN) fue de 0,6803 % y 0,3033 %, respectivamente. Sin embargo, los nutrientes minerales del suelo y el fósforo se correlacionaron negativamente con la altitud.

Bi *et al.* (2018) investigaron las características del carbono orgánico del suelo (COS) y el nitrógeno total del suelo (NT) en diferentes tipos de pastizales en un sistema de cuenca montañosa en Altai, en China. Encontraron que las concentraciones de COS y

NT variaron significativamente con el tipo de pastizal a una profundidad del suelo de 0 cm a 40 cm y mostraron una tendencia decreciente a lo largo de un gradiente de elevación decreciente. La precipitación media anual, el contenido de humedad del suelo y la concentración de N disponible en el suelo se correlacionaron positivamente de manera significativa con las concentraciones de COS y NT. Por el contrario, la temperatura media anual, el pH y la densidad aparente del suelo se correlacionaron significativa y negativamente con las concentraciones de COS y NT. La precipitación media anual y la temperatura fueron los principales factores que explicaron el 97,85 % y el 98,38 % de las variaciones generales en las concentraciones de COS y NT, respectivamente, siendo la precipitación la que más contribuyó.

Bangroo *et al.* (2017), con el fin de averiguar cómo el aspecto topográfico y la altitud afectan las cantidades de COS y N, realizaron un estudio en la Cordillera del Bosque Mawer del Himalaya. Examinaron las existencias de COS y N en dos zonas de altitud (Z1: 1800 – 2200 m s. n. m. y Z2: 2200 – 2500 m s. n. m.) bajo los aspectos Norte (N) y Sur (S) en tres profundidades del suelo (D1: 0–20 cm, D2: 20–40 cm y D3: 40–60 cm). encontraron que la reserva de COS disminuye con la altitud de 105,9 Mg ha<sup>-1</sup> a 78,3 Mg ha<sup>-1</sup> bajo el aspecto Norte y de 81,6 Mg ha<sup>-1</sup> a 74,0 Mg ha<sup>-1</sup> bajo el aspecto Sur. El stock de COS fue superior en un 16,5 % en el aspecto Norte en comparación con el aspecto Sur. Las reservas de Nitrógeno, mostraron también un comportamiento similar al del COS, concluyendo que la altitud tiene un efecto negativo en la estabilización del COS y N y, por lo tanto, el efecto de la altitud y el aspecto pueden incluirse en las ecuaciones de estimación de existencias de COS.

He *et al.* (2016) estudiaron los cambios en las concentraciones de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) y sus proporciones en cuatro componentes clave del ecosistema (hojarasca del suelo forestal, raíces finas, suelo y microorganismos del suelo) a lo largo de un gradiente altitudinal (desde 50 m a 950 m s. n. m.) en la China subtropical. las concentraciones de C orgánico del suelo y C de la biomasa microbiana aumentaron linealmente con el aumento de la altitud. Se observaron tendencias similares para las concentraciones de N total del suelo y N de la biomasa microbiana. Con el aumento de la

altitud, la hojarasca, las raíces finas y las relaciones C:N del suelo aumentaron linealmente, mientras que la relación C:N de la biomasa microbiana del suelo no cambió significativamente.

Minaya *et al.* (2016) evaluaron las concentraciones de C y N en el suelo y la vegetación a lo largo de un rango altitudinal en la región del páramo en los Andes ecuatorianos. Utilizando parcelas de muestreo de 15×15 m distribuidas en tres rangos altitudinales (Cuenca baja 4000 -4200 m s. n. m., cuenca media 4200 - 4400 m s. n. m., y cuenca alta 4400 - 4600 m s. n. m.). En cada parcela, se recolectó una muestra de suelo (0 – 0,3 m de profundidad). Las concentraciones de C en el suelo (% C) fueron significativamente más altas en la cuenca baja y media que están dominadas por vegetación de matas y rosetas acaulescentes. Se observó un patrón similar con las concentraciones de N en el suelo (% N). Para el suelo bajo matas y rosetas acaulescentes, la relación promedio entre el CS y el NS fue de 16:1, pero para el suelo bajo cojines esta relación puede llegar hasta 19:1 en la cuenca alta.

Tashi *et al.* (2016) examinaron los efectos de la altitud y la composición del bosque con respecto al contenido de C y N del suelo a lo largo de un transecto de 317 a 3300 m s. n. m. en el Este del Himalaya. Observaron que el contenido total de C y N de los suelos aumentó significativamente con la altitud, pero disminuyó con la profundidad del suelo. El C y N se correlacionaron de manera similar con la altitud y la temperatura, siendo este último aparentemente el principal impulsor del C en el suelo. La altitud representó el 73 % de la variación de C y el 47 % de la variación de la existencia de N. El pH del suelo y CIC se correlacionaron con las reservas de C y N del suelo. Los aumentos en las existencias de C y N en el suelo se relacionaron con la composición del bosque, el área basal del bosque y la cantidad de hojarasca que, a su vez, estuvo influenciada por la altitud y la temperatura.

Cuellar *et al.* (2014), cuantificaron el C en diferentes usos del suelo de los ecosistemas boscosos secos de algarrobo (BPR), plantaciones de mango (PF), pastizales (PZ) y de Maíz (CA) en Lambayeque, Perú. Obtuvieron que el BPR acumula 70,96 tC/ha<sup>-1</sup>, PF, 34,89 tC/ha<sup>-1</sup>, PZ, 39,0 tC/ha<sup>-1</sup>, y CA con 24,67 tC/ha<sup>-1</sup>, demostrando que el bosque

seco es un ecosistema con una capacidad de captura de carbono y fijación bastante reducidas. En conclusión, la pérdida de C por transformación de uso del bosque es significativamente alta.

Dieleman *et al.* (2013) cuantificaron las existencias de carbono orgánico del suelo (COS) sobre un gradiente de altitud de 3000 m, tomaron muestras en pastizales cercanos a bosques a diferentes altitudes, para estudiar las consecuencias del cambio de uso del suelo en Papúa Nueva Guinea. Encontraron que las existencias de COS de los bosques oscilan entre 4,8 y 19,4 kgC/m<sup>2</sup>, asimismo, que las reservas de COS aumentan en 5,1 kgC/m<sup>2</sup> por cada 1000 m de altitud. El pH, la densidad aparente, la profundidad y los procesos de formación del suelo jugaron un papel importante en esta relación con la altitud. Este estudio sugiere que los suelos de los bosques tropicales montanos contienen mayores cantidades de C en comparación con los bosques tropicales de partes bajas, y que la conversión de bosques en pastizales a mayor altitud podría conducir a pérdidas de C en el suelo mayores de lo esperado.

Zhang *et al.* (2012) evaluaron el contenido de N a diferentes altitudes y posiciones desde 3000 a 4000 m s. n. m. entre los años 2006 a 2008 en prados alpinos en Qinghai, China. Encontraron que las tasas de mineralización y nitrificación de N del suelo disminuyeron con el aumento de la altitud, siendo significativamente ( $P < 0,05$ ) diferente entre las altitudes más bajas y las dos más altas. Las tasas de mineralización y nitrificación del N del suelo de las pendientes orientadas al Sur, fueron más altas que las de las pendientes orientadas al Norte en cada altitud. Estos resultados fueron afectados por la temperatura y el contenido de agua del suelo

Segnini *et al.* (2011) estudiaron el contenido de reservas de C en cinco regímenes de producción agrícola, a lo largo de un transecto de 1000 km que cubre la costa árida del Pacífico, el altiplano andino y la selva tropical de las tierras altas Orientales de los Andes peruanos. Los contenidos más altos de carbono se presentaron en los suelos de la selva tropical alta sobre 134 g/kg<sup>-1</sup> (13,4 %). Mientras que las menores reservas de carbono fueron encontradas en plantaciones de café en la selva tropical alta y la alfalfa bajo riego en los valles secos con 83 Mg/ha<sup>-1</sup> y 37 tn/ac<sup>-1</sup> respectivamente que las selvas tropicales

primarias. Las tierras bajas secas mostraron los contenidos de carbono más bajos con  $51\text{g/kg}^{-1}$  (5,1 %). El C orgánico aumentó con la elevación en los ambientes áridos. En los sistemas de papa del altiplano existen bajos contenidos de C  $68\text{g/kg}^{-1}$  (6,8 %). Los autores sugieren que los sistemas de producción diversificados con cultivos y ganado son más estables para las reservas de C, lo que podría ser esencial para fortalecer las capacidades de los agricultores frente al cambio climático.

Cardoso *et al.* (2010) estudiaron la presencia de C y N en el suelo de bosques y pastizales del bioma natural el Pantanal en Brasil, con el fin de evaluar el impacto de la conversión del bosque nativo en pastos cultivados y la exposición del pastizal nativo al sistema de pastoreo continuo. Determinaron que la conversión del bosque en pastizales reduce la existencia de COS y carbono microbiano, en pasturas cultivadas durante mucho tiempo. Sin embargo, no hubo cambios en las existencias totales de N. Las pérdidas en las reservas de C ocurrieron en las tres fracciones húmicas, pero, proporcionalmente, las pérdidas más significativas ocurrieron en las fracciones de ácido húmico y fúlvico. Indicando que las grandes pérdidas se dieron a menor profundidad; y que los pastos cultivados y nativos, bajo pastoreo continuo, no pueden acumular más carbono en el suelo que los ecosistemas naturales.

## **2.2. Bases teórico - científicas**

### **2.2.1. Gradiente altitudinal**

Los gradientes altitudinales, se desempeñan de tal modo que suponen una herramienta heurística y un experimento natural para probar modelos en el medio ambiente, un ejemplo de ello puede ser “la relación entre la biodiversidad y el clima”, o “la diversificación vegetativa con la elevación” (Williams & Toledo, 2021). Considerándose estas gradientes laboratorios in situ para comprender cuestiones básicas en la distribución de la biodiversidad y la ecología de los ecosistemas, siendo una herramienta para mejorar nuestra comprensión de la relación entre parámetros ambientales y estructura del ecosistema (Malhi *et al.*, 2010). En ámbitos con gradientes altitudinales bastante marcados, la altitud suele ser considerado una variable de gran importancia, puesto que influye directamente en los factores físicos como la temperatura

y la precipitación y de modo indirecto en los factores fitosociológicos como el crecimiento y mortalidad de especies forestales, constituyendo uno de los tópicos biogeográficos más interesantes y condicionando a la variabilidad y la distribución de las especies, aun en distancias cortas (An Erica Cuyckens *et al.*, 2015; Yu, 1994).

## **2.2.2. Carbono**

### **2.2.2.1. El carbono en el suelo**

Hay tres reservorios de C importantes en la Tierra: los océanos, la atmósfera y los sistemas terrestres. El suelo tiene el almacenamiento de C más grande de los ecosistemas terrestres, que comprende el depósito de carbono orgánico del suelo (COS) y el depósito de carbono inorgánico del suelo (CIS) (Zhang *et al.*, 2021) este último incluye carbono inorgánico litogénico (LIC), que proviene del material parental, y carbono inorgánico pedogénico (PIC), que se forma a través de la disolución y precipitación del material parental carbonato (Shi *et al.*, 2012).

El secuestro de C del suelo es la absorción de CO<sub>2</sub> atmosférico por los ecosistemas terrestres mediante la fotosíntesis y su conversión y almacenamiento a largo plazo en el suelo (Li *et al.*, 2022). Se considera a los suelos como actores importantes en el ciclo del carbono, estos acumulan unas 300 veces la cantidad de C originado anualmente en la quema de combustibles fósiles a nivel mundial. la mayor parte del C retenido en el suelo es inerte y permanece allí (Schulze & Freibauer, 2005). El suelo y sus formas de uso están en el centro de atención si es que hablamos del contexto del cambio climático global, puesto que un cambio relativamente pequeño en el COS en los ecosistemas forestales puede tener grandes influencias en el balance global de CO<sub>2</sub> (Liang *et al.*, 2021). El balance de C del suelo depende de la relación entre las adiciones de C fotosintetizado por las plantas (brotes y raíces) y las pérdidas de C a la atmósfera resultantes de la oxidación microbiana de C orgánico a CO<sub>2</sub> (Costa *et al.*, 2008).

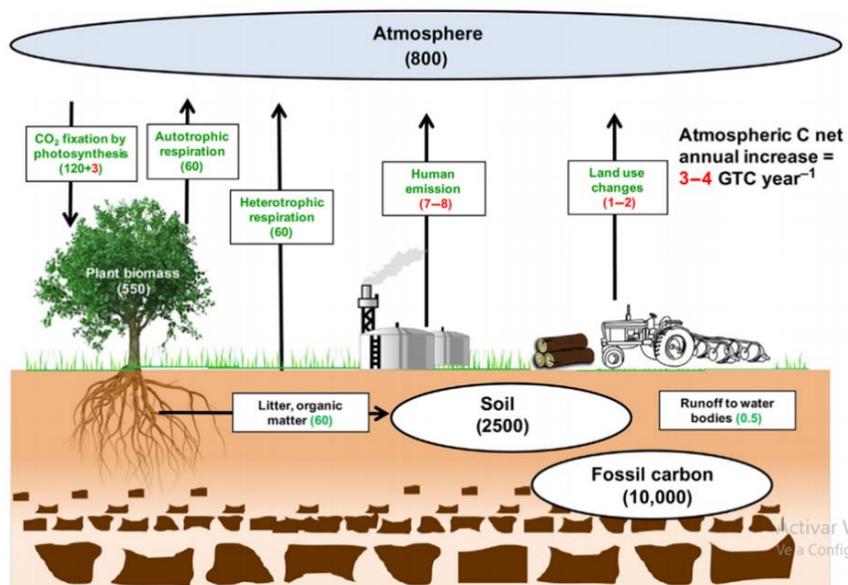
### **2.2.2.2. Ciclo del carbono**

El depósito de C más importante que interactúa con la atmósfera lo constituye el Carbono orgánico del suelo (COS), estimándose alrededor de 1 500 Pg/C a 1 m de profundidad. El carbono inorgánico del suelo (CIS) conforma poco más de 1 700 Pg, pero

es asimilado de manera constantes (carbonato de calcio). En cuanto a la vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg), éstas fijan menores cantidades que los suelos (Robert, 2002).

**Figura 1**

*Ciclo carbono terrestre simplificado.*



*Nota.* Los valores entre paréntesis de los cuadros representan el intercambio de C entre tierra y atmósfera en Gigatonnes (Gt) de C por año. Los números verdes son flujos naturales; los números rojos son contribuciones humanas (Gt de C por año). Los valores entre paréntesis en el óvalo indican la cantidad de C en diferentes grupos (Gt).

Fuente: Tomado de Trivedi *et al.*, 2018).

### 2.2.2.3. Carbono en las plantas

En las plantas, el C es aprovechado en forma de CO<sub>2</sub>, tomado de la atmósfera, este proceso es conocido como carboxilación y proporciona el mecanismo básico para fijar el CO<sub>2</sub> en su organismo fotosintéticamente activo. La descarboxilación es el proceso inverso por el cual el CO<sub>2</sub> se libera (Mengel & Kirkby, 2000). El almacenamiento de C en el suelo está determinado por el equilibrio de la entrada de C de la producción primaria de la planta y la liberación de C a través de la descomposición (Osman, 2013).

### **2.2.3. Nitrógeno**

#### **2.2.3.1. El nitrógeno en el suelo**

Las principales formas de N en el suelo son  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  y compuestos orgánicos de N. En cualquier momento, el N inorgánico en el suelo es solo una pequeña fracción del N total del suelo. La mayor parte del N en un suelo superficial está presente como N orgánico, formado por proteínas (20 - 40 %), aminoazúcares, tales como las hexosaminas (5 - 10 %), derivados de purina y pirimidina (1 %), y compuestos complejos no identificados formados por reacción de  $\text{NH}_4^+$  con lignina, polimerización de quinonas con compuestos de N y condensación de azúcares y aminas. Estas diferentes fracciones de N son susceptibles de varios procesos de transformación (Hofman & Cleemput, 2004).

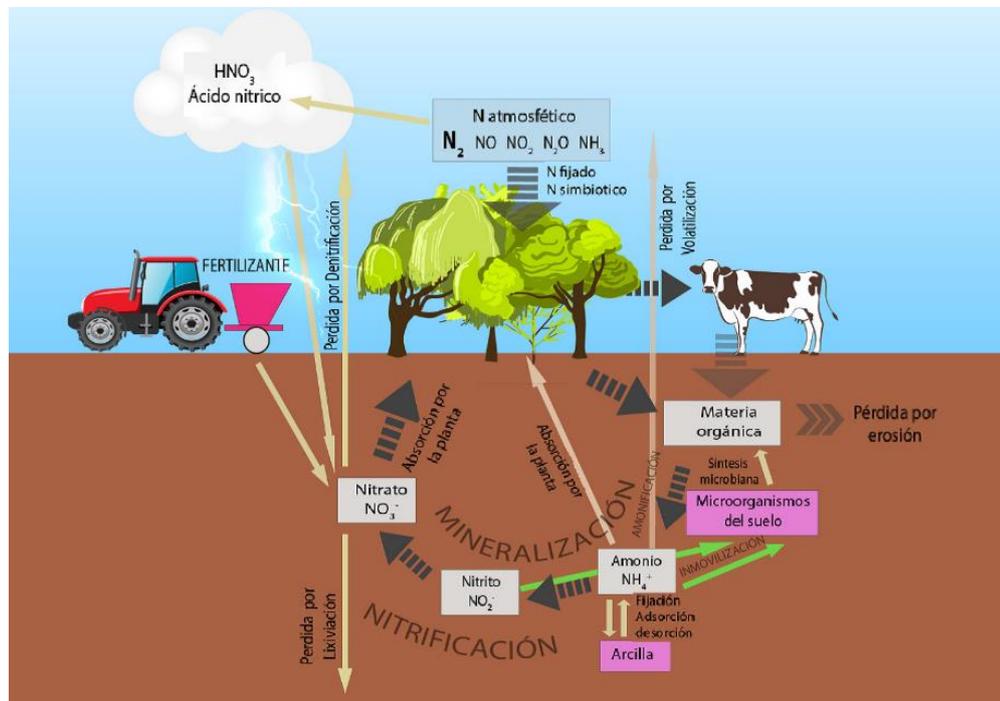
Una gran parte del nitrógeno no está disponible, debido a que está fijado en la materia orgánica del suelo (restos vegetales y animales parcialmente degradados) que será descompuesta por microorganismos, estos liberarán el N en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), facilitando su reciclaje a lo largo de la cadena alimenticia (Vitousek *et al.*, 1997).

#### **2.2.3.2. Ciclo del nitrógeno**

El nitrógeno en el suelo adopta tres formas diferentes, y no todas poseen el mismo provecho inmediato para la planta, estas son: forma orgánica, amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ). Por ejemplo, el N encontrado en el compuesto húmico es orgánico, este se mineraliza en el suelo, transitando en una primera instancia a un compuesto amoniacal (por la acción primaria de microorganismos aeróbicos), proceso favorecido por un medio neutro/alcalino. Posteriormente comienza el proceso de oxidación, el cual se da por la presencia de diversos microorganismos, en este proceso el nitrógeno pasa a la forma nítrica, esta fase se ve beneficiada al incrementar la temperatura y aireación del suelo, recomendándose para ello prácticas como el laboreo. La principal diferencia entre el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nítrico, es que, el primero es soluble en agua, siendo capturado por el complejo de cambio del suelo. Mientras que, en su forma nítrica no es retenido, es fácilmente transportado por el agua puesto que es altamente soluble (Marschner, 2012).

**Figura 2**

*Ciclo del nitrógeno.*



*Nota.* Con énfasis en el ciclo primario (flechas grises) en el que se mineraliza el N orgánico, las plantas absorben el N mineral y finalmente, el N orgánico se devuelve al suelo como residuo vegetal o animal.

Fuente: Tomado de Benimeli *et al.* (2019).

### 2.2.3.3. Nitrógeno total

El nitrógeno total (Nt) forma parte de los residuos vegetales y animales depositados en el suelo que pasan por un estado de degradación y se almacena en la MO (Madrigal Reyes *et al.*, 2019). Existe una variedad de métodos para analizar nitrógeno total, siendo el Kjeldahl el más utilizado en los laboratorios de suelo del mundo, este método consiste en un análisis químico que determina el contenido de N en una sustancia particular, determinando así la cantidad de N resultante de la suma del N orgánico y el amonio, que en la mayoría de los suelos es casi equivalente al N total por lo que se considera una buena estimación de este parámetro. En resumen, el nitrógeno total es la suma del nitrógeno presente en los compuestos orgánicos aminados y en el amoniaco. (Carrasco *et al.*, 2010). Conocer la concentración de N total del suelo nos brinda información general valiosa acerca de la dotación de

uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, los microorganismos y la vida toda del suelo (Soledad & Victoria, 2022).

#### **2.2.3.4. Nitrógeno en las plantas**

Desde la solución del suelo el N es aprovechado por las plantas como nitrato o amonio; desde la atmósfera como amoníaco gaseoso ( $\text{NH}_3$ ) y  $\text{N}_2$  (Mengel & Kirkby, 2000). El nitrógeno es un constituyente de los componentes básicos de casi todas las estructuras de las plantas, puesto que es el componente esencial de la clorofila, enzimas, proteínas, etc. Ocupa una posición única como nutriente de las plantas porque se requieren cantidades bastante altas en comparación con los otros nutrientes esenciales (Hofman & Cleemput, 2004).

Un simple aumento en las aplicaciones de fertilizante nitrogenado puede causar desequilibrios nutricionales en las plantas, lo que resulta en pérdidas de nutrientes, del mismo modo la fertilización reducida con N puede no afectar inmediatamente la producción de frutos. Sin embargo, cuando las dosis de N son inferiores a las recomendadas, los árboles pueden sufrir una reducción gradual de las hojas y el crecimiento, lo que en consecuencia conducirá a pérdidas en la producción de frutos en los últimos años (Mattos *et al.*, 2020).

De entre todas las plantas, podemos destacar a las leguminosas, las cuales albergan bacterias fijadoras de nitrógeno que aumentan considerablemente las tasas de fijación de este elemento en los suelos, puesto que trasladan grandes cantidades de N desde la atmósfera (Vitousek *et al.*, 1997).

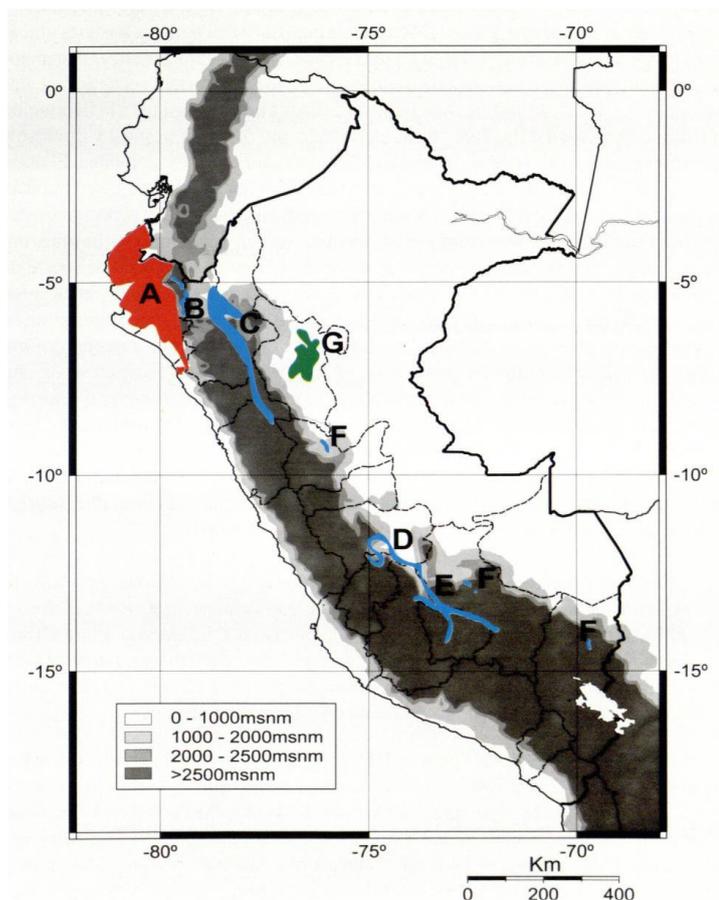
#### **2.2.4. Tipos de bosque seco**

Se han reconocido tres subunidades de bosque tropical estacionalmente seco (BTES) dentro del Perú según Linares Palomino (2004b) siendo estos: BTES Ecuatoriales, que abarcan los flancos costeros de Piura, Tumbes, Lambayeque y La Libertad. BTES Interandinos, los cuales se extienden en los valles de los ríos Huancabamba, Marañón, Apurímac y Mantaro, y la presencia de fragmentos en los valles de Quillabamba y Sandia (Cusco y Puno) y, BTES Orientales, encontrados

principalmente en el departamento de San Martín, cabe mencionar que cuentan con zonas escasas (Linares-Palomino *et al.*, 2003).

### Figura 3

*Subunidades de bosques secos en el Perú.*



*Nota.* Descripción: rojo (A) = BTES Ecuatoriales; azul = BTES Interandinos, B = Huancabamba, C = Marañón, D = Mantaro, E = Apurímac, F = Remanentes menores; verde (G) = BTES Orientales.

Fuente: Tomado de Linares Palomino (2004b).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Bosque seco**

Una definición integradora y que ya está siendo universalmente aceptada, los define como bosques cuya precipitación anual está por debajo de los 1600 mm, con una época seca que varía entre los cinco y seis meses (con precipitaciones menores a 100 mm), con procesos ecológicos acentuadamente estacionales y con una producción primaria neta reducida en comparación a los bosques montanos. Son ecosistemas de menor porte y volumen que los bosques tropicales. En el Perú alcanzan un límite altitudinal máximo en los valles secos interandinos de entre 2800 m s. n. m. (Pennington *et al.*, 2000; Linares, 2004a). Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], (2003) considera que son ecosistemas que se localizan en zona costera del Norte del Perú, entre Tumbes, Piura y Lambayeque albergando un área de 3' 230 263 ha. Mencionando además que, se encuentran relictos y fragmentos de ecosistemas estacionalmente seco en todo el territorio peruano.

### **2.3.2. Carbono**

El carbono es un elemento químico de la tabla periódica que tiene el símbolo C y el número atómico 6 y el peso atómico 12. Se encuentra en toda la vida orgánica y es la base de la química orgánica. Es un no metal que tiene la interesante propiedad química de poder unirse consigo mismo y con una amplia variedad de otros elementos, formando casi diez millones de compuestos conocidos. (Le Tissier *et al.*, 2006).

### **2.3.3. Suelo**

El suelo es una entidad natural viva de cuatro dimensiones que contiene sólidos, líquidos y gases. son sistemas abiertos puesto que intercambian materia y energía con la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera circundantes. Difieren en color, edad, profundidad, y consiste principalmente en una mezcla estructurada de arena, limo y arcilla (inorgánicos), rocas y material orgánico (muerto y vivo). Tiene uno o más horizontes

genéticos, es una parte intrínseca del paisaje y cambia con el tiempo. Se distribuyen por toda la tierra principalmente de manera sistemática. Almacenan y transforman energía y materia y a menudo alberga vegetación, alberga toda la vida terrestre y produce la mayor parte de nuestros alimentos (Hartemink, 2016).

#### **2.3.4. Elementos químicos del suelo**

Son aquellas sustancias químicas que componen el suelo, y provienen de la meteorización de la roca madre. De entre todos los elementos naturales existentes en la tierra, tan solo ocho constituyen la mayor parte de la corteza, estos son el O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K y Mg. Son considerados elementos principales para el suelo aquellos con concentraciones mayores a 100 mg kg<sup>-1</sup>, como el O, Si, Al, Fe, C, K, Ca, Na, Mg, Ti, N, S, Ba, Mn, P y quizás Sr y Zr, en cantidades decrecientes. El resto se llaman oligoelementos. Además, ciertos elementos -Ca, Mg, K, N, P y S- son necesarios por la planta en altas concentraciones y son llamados macronutrientes o nutrimentos mayores. Otros, como el Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo y Cl, son requeridos en pequeñas cantidades y se denominan micronutrientes, nutrimentos menores o elementos traza (Navarro y Navarro, 2003).

#### **2.3.5. Gradiente altitudinal**

El gradiente altitudinal es el factor que determina la variación y dominancia en los sistemas ecosistémicos (flora y fauna, propiedades edáficas) y su estudio permite entender las respuestas ecológicas y evolutivas de estos sistemas a las influencias geofísicas y ambientales (Körner, 2007; Ramos *et al.*, 2015; Parras-Alcántara *et al.*, 2015; Tashi *et al.*, 2016).

#### **2.3.6. Materia orgánica del suelo (MOS)**

Según un nuevo paradigma, MOS es una continua y progresiva descomposición de compuestos orgánicos de origen vegetal, animal y microbiano que se estabilizan con

minerales arcillosos y suelo agregados a través de procesos microbianos, físicos y químicos (Lehmann y Kleber, 2015).

### **2.3.7. Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es un elemento químico representado por el símbolo N, su número atómico es 7 y tiene una masa atómica de 14.00674 u (7 protones y 7 neutrones), representado en el grupo 15 de la tabla periódica. El N es el elemento no combinado más abundante accesible al hombre. En forma combinada es absolutamente esencial para la existencia de los organismos vivos, y constituye, en promedio, alrededor del 15% del peso de las proteínas, es un componente importante de la biomasa y es necesario para la fotosíntesis, siendo uno de los nutrientes primarios más importantes para el crecimiento de las plantas. Según el ciclo del nitrógeno, el depósito principal del nitrógeno es la atmósfera (78%), encontrándose también presente en la litosfera, la hidrosfera y la biosfera (Greenwood & Earnshaw, 1997; Robinson *et al.*, 2012; Benciu *et al.*, 2017; Bharti *et al.*, 2017)

### **2.3.8. Reserva de carbono**

Es la disposición total de carbono en un «depósito», es decir, una reserva con capacidad de acumular o expulsar el carbono. Son reservas de carbono: la biomasa viva (biomasa por encima del suelo y la encontrada por debajo del suelo); los restos de materia orgánica (madera y follaje en descomposición); los suelos (MOS). Se usa el peso como unidad de medición (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2005).

### **2.3.9. Reserva de nitrógeno**

El depósito de nitrógeno más importante, según la perspectiva biológica, está conformado por el nitrógeno orgánico y el nitrógeno mineral (Lambers *et al.*, 2008). En términos generales podemos afirmar que la litósfera cuenta con la mayor reserva de N mineral, pero se encuentra contenido en rocas ígneas y su participación es casi

imperceptible en el ciclo del N. Por ello se considera como fuente principal de este ciclo al N de la atmósfera (78%) (Hawkesford *et al.*, 2021). Pese a que la atmósfera contiene el nitrógeno de manera más abundante, es en el suelo en donde encontramos el verdadero depósito activo de este, puesto que todos los desechos y restos orgánicos de los organismos vivos finalmente terminan aquí (Burley *et al.*, 2004).

### 2.3.10. Zona reservada

Son espacios que poseen características favorables para ser establecidas como Áreas Naturales Protegidas (ANP), sin embargo, requieren del desarrollo de estudios adicionales que ayuden a determinar aspectos como la superficie de su área, la categoría que se le asignará y la factibilidad de su manejo (SINANPE, 2021).

## 2.4. Hipótesis

**Ho:** Las reservas de carbono y nitrógeno en los suelos del bosque seco Chancaybaños no varían por la influencia del gradiente altitudinal.

**Ha:** Las reservas de carbono y nitrógeno en los suelos del bosque seco Chancaybaños varían por la influencia del gradiente altitudinal.

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Unidad de análisis	Técnica	Instrumento
<b>Dependiente</b>	“Es definido como un sistema que puede almacenar o emitir C. Las reservas de carbono son medidas en términos de masa (por ejemplo: toneladas métricas de carbono)”. (Mongabay, s.f.)	Concentración de C en el suelo	Suelo	Análisis de laboratorio	Reporte de laboratorio
<b>Reservas de carbono (C)</b>					

<b>Reservas de nitrógeno (N)</b>	<p>Es un sistema que almacena nitrógeno. Es en las rocas ígneas de la corteza y el manto en donde se halla la mayor parte del N del planeta, pero, en esa estructura el N no puede ser aprovechado por las especies vegetativas, siendo las dos fuentes principales de reserva de N para estas: la atmósfera (78%) y la materia orgánica del suelo (Perdomo <i>et al.</i>, 2001).</p>	Concentración de N en el suelo	Suelo	Reporte de laboratorio
<b>Independiente</b>	<p>“Son cambios abruptos presentes en las montañas, como pueden ser: el tipo de suelos, la diversidad vegetativa y las condiciones climáticas en distancias geográficas cortas”. (Reverchon <i>et al.</i>, s.f.)</p>	Altitud	Parcela	Medición de altitud Cuaderno de campo

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

Esta investigación fue de tipo cuantitativo de alcance descriptivo porque se midió la variable y las características, así como el fenómeno o planteamiento referido y correlacional porque nos permitió estar al tanto de la correspondencia o grado de asociación entre dos o más variables (Hernández y Mendoza, 2019).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

La presente investigación es experimental, puesto que se manipulan en algún grado las variables del presente estudio. Con diseño transeccional porque se colectaron los datos en un solo momento en un tiempo determinado o único; de tipo descriptivo porque se buscó averiguar el estado de una o más variables en una población, en un determinado tiempo, y correlacional o causal porque se busca establecer relaciones entre dos o más variables (Hernández y Mendoza, 2019).

#### **3.3. Métodos de investigación**

Se utilizó el método deductivo correlacional, que como lo describen Rodríguez y Pérez (2017) mediante la deducción se pasa de un conocimiento general a otro de menor nivel de generalidad. Las generalizaciones son puntos de partida para realizar inferencias mentales y arribar a nuevas conclusiones lógicas para casos particulares. Consiste en inferir soluciones o características concretas a partir de generalizaciones, principios, leyes o definiciones universales. Se trata de encontrar principios desconocidos a partir de los conocidos o descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos; por ejemplo, obtener conclusiones prácticas referentes al comportamiento de alguna sustancia en función de un principio o ley general que allí se aplica.

### **3.3.1. Ubicación del área de estudio**

La presente investigación se realizó en la Zona Reservada Chancaybaños (6°34'38.99"S - 78°54'20.29"W), localizada en el distrito de Chancaybaños, Santa Cruz, en la región Cajamarca. La cual se distribuye en un rango altitudinal entre los 1300 - 2400 m s. n. m. y tiene una extensión aproximada de 2 646 ha (Figura 4).

#### **3.3.1.1.Límites geográficos**

La Zona Reservada Chancaybaños (ZRC) limita geográficamente (D.S. N° 01-96-AG, 1996): Por el Norte y Noroeste: con la desembocadura del río Huamboyo en el río Chancay. Por el Noreste: con el lecho del río Huamboyo río arriba, hasta su nacimiento. Por el Este: con la cumbre del cerro Huamboyo y la quebrada La Paquilla. Por el Sur: en la confluencia de la quebrada “El Agua Dulce” con la vía Santa Cruz - Chota. Y por el Oeste: carretera Santa Cruz - Chota hasta el Puente sobre el río Chancay (poblado Progreso) (D. S. N° 001-96-AG, 1996).

#### **3.3.1.2.Zonas de vida**

En la Zona Reservada de Chancaybaños encontramos las siguientes zonas de vida: bosque seco premontano tropical, bosque seco montano bajo tropical, y monte espinoso premontano tropical, ésta marcada diferenciación permite una interrelación de flora y fauna significativa (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP], 2019).

#### **3.3.1.3.Flora**

Aun cuando la vegetación oriunda ha sido destruida en su mayoría y reemplazada por cultivos agrícolas, la vegetación preponderante en la ZRC es propia de sabana, con presencia de arbustos y pequeños árboles y pastizales estacionales. Dentro de estos árboles se distinguen la *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose, más conocida como “taya” o “tara”, la jacaranda, las acacias y algunos cactus. Además, encontramos “capulí”

*Prunus salicifolia* (Kunth), *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq llamada por los lugareños “chamana”, “eucaplito” (*Eucalyptus globulus* Jacques Labillardière), “maguey” (*Agave americana* L.), “retama” (*Spartium junceum* L.), “hualtaco” (*Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl) y “palo santo” [*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch]. (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP], 2019).

#### **3.3.1.4.Fauna**

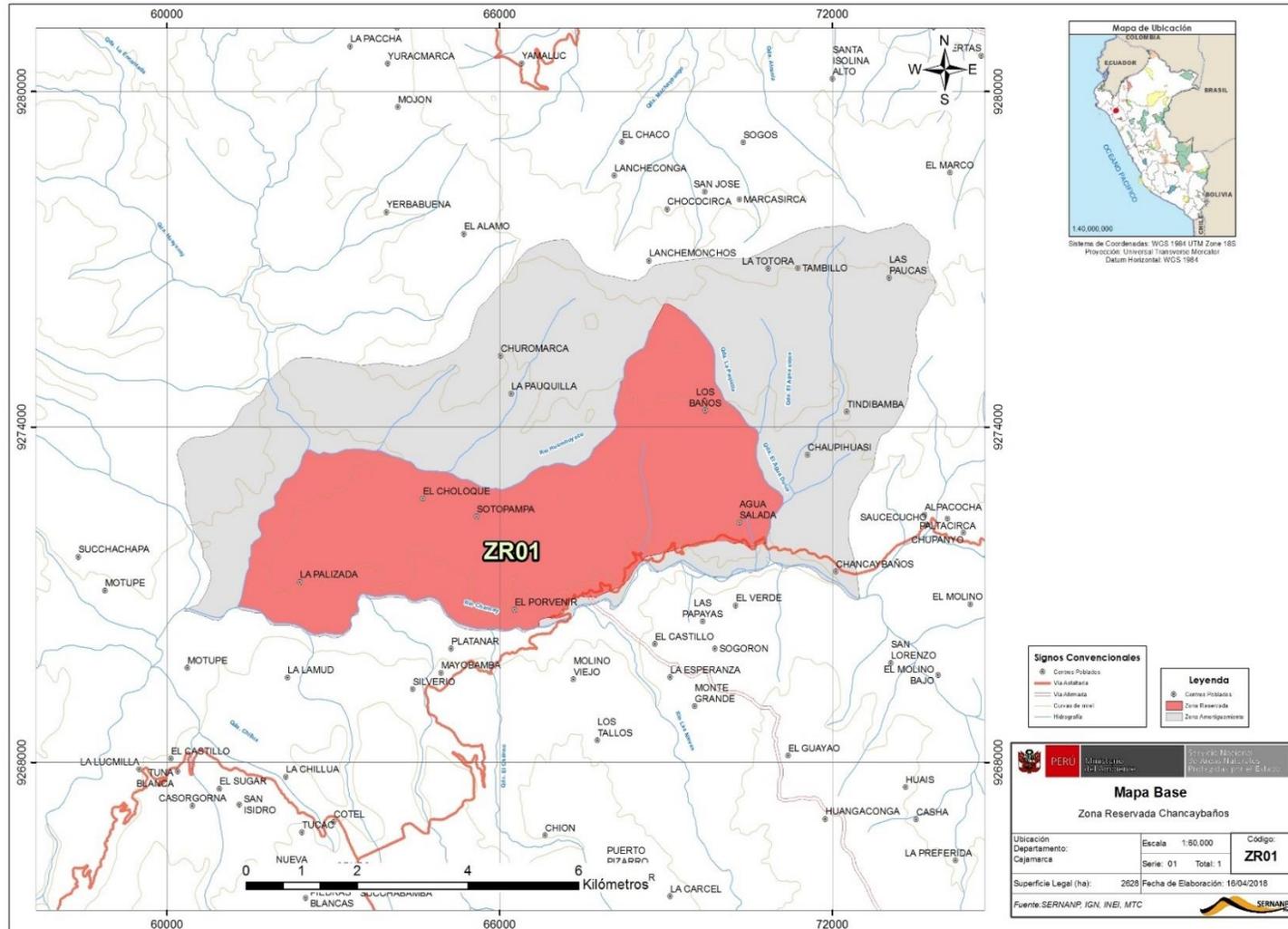
Dentro de las especies de fauna más sobresalientes, podemos encontrar: la “cascabelita” (*Metriopelia ceciliae* Lesson), “cóndor andino” (*Vultur gryphus* L.), loro cabeza roja (*Aratinga erythrogenys* Lesson), madrugadora (*Zenaida auriculata* Des Murs), nutria (*Lontra longicaudis* Olfers), puma (*Puma concolor* Linneo), turtupilín (*Pyrocephalus rubinus* Chapman), y zorrillo (*Eira barbara* Linnaeus) (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP], 2019).

#### **3.3.1.5.Clima**

El clima es subhúmedo y semicálido. La precipitación media anual es de 400 a 600 mm. la temperatura, fluctúa entre los 20 °C en la parte baja de 1 400 – 1 900 m s. n. m. y 15 °C en la parte alta de 1900 – 2 400 m s. n. m.(Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP], 2019).

**Figura 4**

*Mapa Base de la Zona Reservada Chancaybaños.*



*Nota:* El mapa de la Zona Reservada, la Zona de Amortiguamiento y los Centros Poblados aledaños. Fuente: SERNANP (2018).

### **3.3.2. Equipos materiales y/o insumos requeridos**

#### **Herramientas**

- Picos
- Palanas
- Machetes

#### **Equipos**

- Cámara fotográfica
- GPS
- Tamiz 2 mm.
- Laptop

#### **Materiales**

- Cinta de marcación de 100 m
- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Papel bond A4
- Bolsas plásticas
- Lapiceros y lápices
- Paja rafia

### **3.4. Población, muestra y muestreo**

Se definió la unidad de análisis, la población (Tabla 2) y para el tipo de muestra se utilizó el diseño no probabilístico, donde la elección de las unidades se realizó a razón de las características de la investigación y considerando la toma de decisiones del investigador (Hernández & Mendoza, 2019).

**Tabla 2***Unidad de análisis, población y muestra del estudio*

<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Población</b>	<b>Muestra</b>
Reservas de carbono (C)			Se utilizó un diseño de muestreo no probabilístico por conveniencia
Reservas de nitrógeno (N)	Suelo del bosque de la Zona Reservada Chancaybaños	Bosque seco de la Zona Reservada Chancaybaños (2646 ha)	(por la homogeneidad de vegetación y suelo en cada gradiente), en tal sentido se instalarán tres parcelas de 30 m x 30 m (900 m <sup>2</sup> ) cada una, en tres puntos altitudinales: 1 560, 1 977 y 2 400 m s. n. m.
Gradiente altitudinal (m s. n. m.)			

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

Como técnica se usó la observación de campo (no experimental), que comprendió el uso de un método de muestreo en suelos y la medición de la altitud. El enfoque del trabajo estuvo dirigido a la diferencia de las concentraciones de C y N con respecto a los gradientes altitudinales, para lo cual se instalaron tres parcelas cuyas características fueron relativamente homogéneas en pendiente y vegetación. Para lo cual se realizaron recorridos de reconocimiento del área, y con la ayuda de un GPS Garmin 64S, se identificaron las altitudes propuestas y se procedió a instalar la parcela de evaluación. Las muestras de suelo fueron trasladadas al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Cajamarca. Los datos obtenidos se ordenaron en formatos, para luego ser sistematizados en el software Microsoft Excel (Tabla 3).

#### **3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos**

En la Tabla 3 se describen los instrumentos de la siguiente manera:

**Tabla 3***Técnica e instrumentos para la recolección de los datos*

<b>Variable</b>	<b>Fuente</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Reservas de carbono (C)			
Reservas de nitrógeno (N)	Bosques secos de la Zona Reservada	Análisis de laboratorio	Reporte de laboratorio
Gradiente altitudinal (m s. n. m.)	Chancaybaños.	Medición de la altitud	Formatos y cuaderno de campo

**3.5.3. Método de muestreo**

✓ Se seleccionó la localización en el sector Chancaybaños, debido a que constituye un modelo natural idóneo para comprobar la hipótesis propuesta (Figura 15). Las parcelas se establecieron en un rango altitudinal entre 1560 y 2 400 m s. n. m. La primera parcela se ubicó a 1 560 m s.n.m., la segunda a 1 977 m s.n.m. y la tercera a 2 400 m s.n.m.

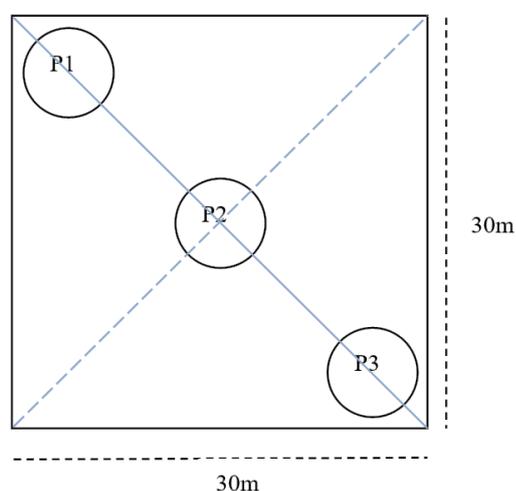
✓ En cada nivel altitudinal se estableció una parcela de 30 m x 30 m (Figura 16), y la distancia entre estas se consideraron de acuerdo los puntos altitudinales, las condiciones de acceso y el nivel de intervención humana, se procuró que las parcelas tengan condiciones parecidas en cuanto a la composición florística y la pendiente de acuerdo al criterio del investigador. En cada parcela se tomó una línea diagonal imaginaria, y en base a ésta se establecieron tres puntos de muestreo (Fig. 5).

✓ La recolección de muestras se realizó previa limpieza de la superficie para eliminar restos orgánicos frescos o de reciente incorporación (Figura 17).

✓ Se colectaron tres muestras del horizonte A (0 - 10 cm) y tres del horizonte B (10 – 20 cm) (Figuras 17, 18 y 19), haciendo un total de seis muestras por parcela, y dieciocho muestras en total.

## Figura 5

*Toma de puntos de muestreo en cada parcela.*



*Nota:* Las muestras en la parcela fueron tomadas de forma diagonal en los puntos P1, P2 y P3.

- ✓ La ubicación de la parcela se dio de tal modo que permita ser lo más representativo posible, obteniendo 1 kg de suelo por parcela (Figura 21).
- ✓ Las muestras fueron colectadas en bolsas debidamente etiquetada e identificadas con el “número o clave única de identificación de la parcela, zona de muestreo, proyecto, hora y fecha del muestreo, iniciales de la persona que toma la muestra” (MINAM, 2014) (Figura22).
- ✓ Posteriormente, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del Instituto de Innovación Agraria (INIA), Cajamarca, para el análisis físico (arena, limo, arcilla) y químico poniendo énfasis en la cantidad de carbono (C) y de nitrógeno (N) y relación C/N, así mismo de otras variables como acidez (pH), materia orgánica (MOS), potasio (K), fósforo (P), capacidad de campo (CC), densidad aparente (DA), punto de marchitez permanente (PM) y agua disponible (AD), lo que permitió obtener los resultados requeridos registrándolos en un reporte de análisis de laboratorio (Anexo 3).

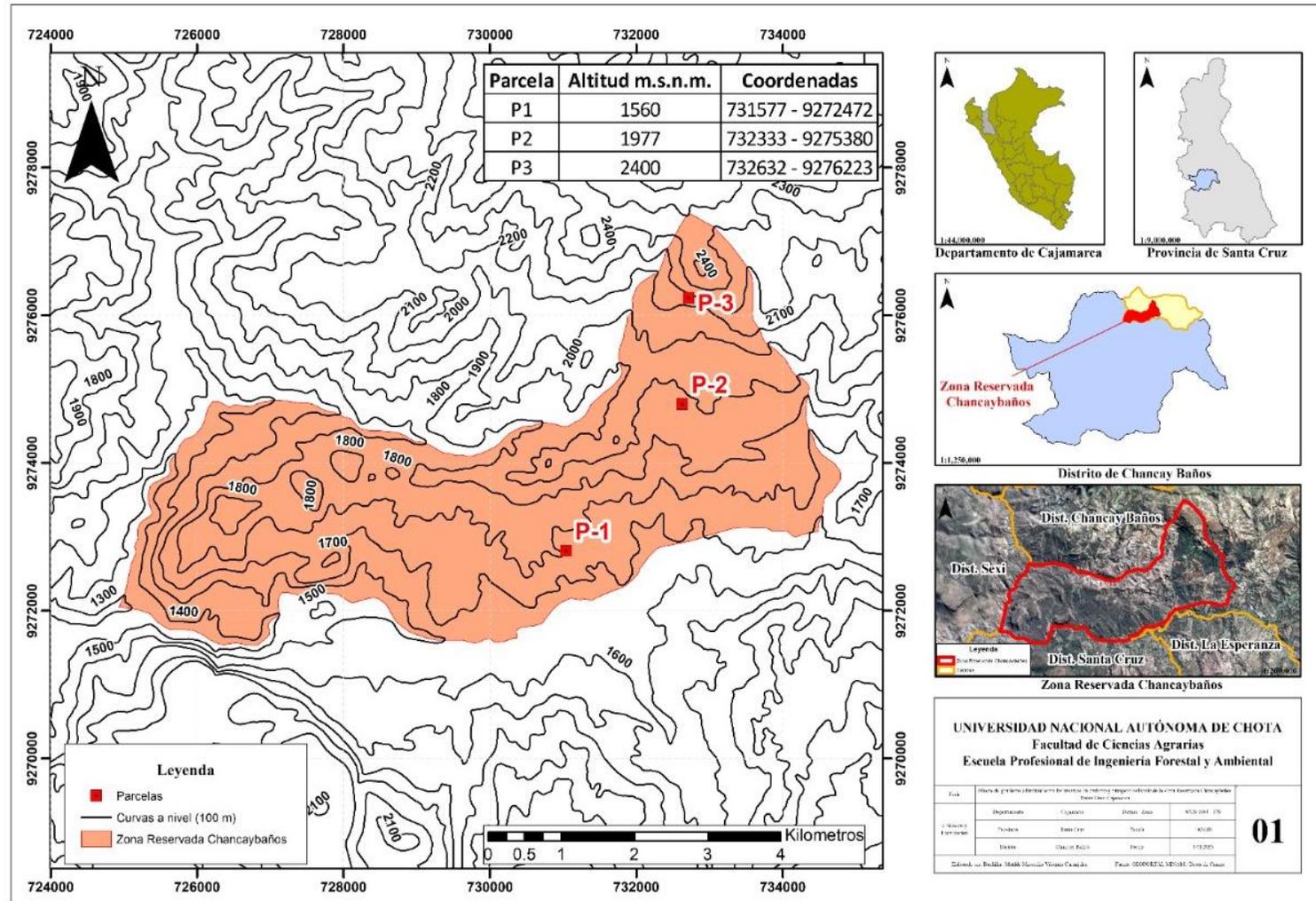
**Tabla 4***Metodología utilizada por el laboratorio de INIA - Cajamarca*

<b>Ensayo</b>	<b>Norma de referencia</b>
PH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Materia orgánica/ Carbono	Norma oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000. Segunda sección (31 de diciembre de 2002). Item 7.1.7 AS-07. 2000. Método Walkley y Black
Nitrógeno Total	Norma oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000. Segunda sección (31 de diciembre de 2002). Item 7.3.17 AS-25. 2000. Método del digestado.
Potasio	Norma oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000. Segunda sección (31 de diciembre de 2002). Item 7.1.10 AS-10. 2000. Determinación de potasio (Validado).
Fósforo	Norma oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000. Segunda sección (31 de diciembre de 2002). Item 7.2.6 AS-19. 2000. Determinación de fósforo.
Densidad Aparente	Norma oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000. Segunda sección (31 de diciembre de 2002). Item 7.1.3 AS-3. 2000. Método parafina.

✓ Para evaluar la vegetación se tomaron las parcelas ya establecidas (30 x 30 m), se inventariaron las especies forestales con DAP >10 cm (Ministerio del Ambiente(MINAM), 2015).

**Figura 6**

*Mapa de los puntos de muestreo*



*Nota:* El mapa muestra la ubicación de las parcelas P1, P2 y P3.

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- ✓ Los datos fueron sistematizados en el software Microsoft Excel y el análisis estadístico en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2022), los cuales sirvieron como método para elaborar las tablas de cálculo de datos, cuadros estadísticos, gráficos de barras y las tablas de presentación de los datos finales.
- ✓ Se hizo uso del análisis de la estadística descriptiva la cual se efectuó mediante cuadros estadísticos y gráficos de barras. Esto permite representar los datos obtenidos y poder interpretarlos, además del análisis de estadística inferencial, la cual se usó para obtener conclusiones estadísticamente válidas y significativas las cuales pueden servir para la toma de decisiones y hacer predicciones.
- ✓ Se verificó la normalidad de los residuos de las variables de respuesta (reservas de C y N) utilizando la prueba de Shapiro-Wilk ( $P < 0.05$ ), mediante la función *shapiro.test* de R (Royston, 1982) (Anexo 4).
- ✓ El experimento tiene un diseño en bloques completamente al azar, en un esquema factorial (3x2). Las dos fuentes de variación son: F1: Altitud (1577, 1799 y 2 400 m s. n. m.) y F2: Las profundidades (0-10 y 10-20 cm). Las diferencias significativas entre las variables se examinaron empleando un análisis de varianza (ANOVA) (Ivashchenko *et al.*, 2021).
- ✓ Para determinar la asociación de la altitud con las reservas de C y N en el suelo, se utilizó el análisis de correlación paramétrica de Pearson a  $p < 0,05$  (Lal, 2002), la cual se la ejecutó con la función *cor* de R (Becker *et al.*, 1988) (ver tabla 4).
- ✓ Para explicar la relación existente entre la altitud y las reservas de C y N se usó modelos de regresión, siendo ajustados con las funciones *nls* de R (Garibaldi *et al.*, 2019). La significancia de los parámetros fue validada con el test de Student.
- ✓ Así mismo se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) del paquete FactoMineR y factoextra (Lê *et al.*, 2008; Kassambara, 2019) de R, se utilizó el método de Biplot que permitió una representación gráfica de los individuos de cada parcela y las variables edafoclimáticas evaluadas (Pardo, 2020).

**Tabla 4***Valores de correlación*

<b>Valores</b>	<b>Denominación</b>
0	Ausencia de correlación
0 - 0,3	Correlación débil
0,3 - 0,6	Correlación regular
0,6 - 0,9	Correlación fuerte
0,9 - 1	Fuertemente correlacionado
1	Correlación perfecta

Fuente: Tomado de Cunha et al. (2022)

### **3.7. Aspectos éticos**

La recolección de muestras se realizó con el permiso previo de la institución, en este caso la Jefatura del ANP Zona Reservada Chancay Baños (Anexo 1). Los resultados de la investigación que se publiquen serán evidencias provisionales que requerirán confirmación y afinamiento de estudios posteriores.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

##### 4.1.1 Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de C del suelo

Se encontraron mayores porcentajes de C, en el punto más alto, a 2 400 m s. n. m. (9,75 %) y los menores porcentajes, en el punto más bajo, a 1 560 m s. n. m. (2 %) (Tabla 5). Mediante el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas entre gradientes altitudinales ( $P < 0,05$ ) (Tabla 6). Al nivel de cada gradiente, no se encontraron diferencias significativas entre profundidades de muestreo (0-10 cm y 10-20 cm). Asimismo, no existió interacción significativa entre la altitud y la profundidad de muestreo (Figura 7).

**Tabla 5**

*Cantidad de C (%) en cada nivel altitudinal*

Parcela	Altitud (m s. n. m.)	C (%)
P1	1 560	2.00
P2	1 977	3.80
P3	2 400	9.75

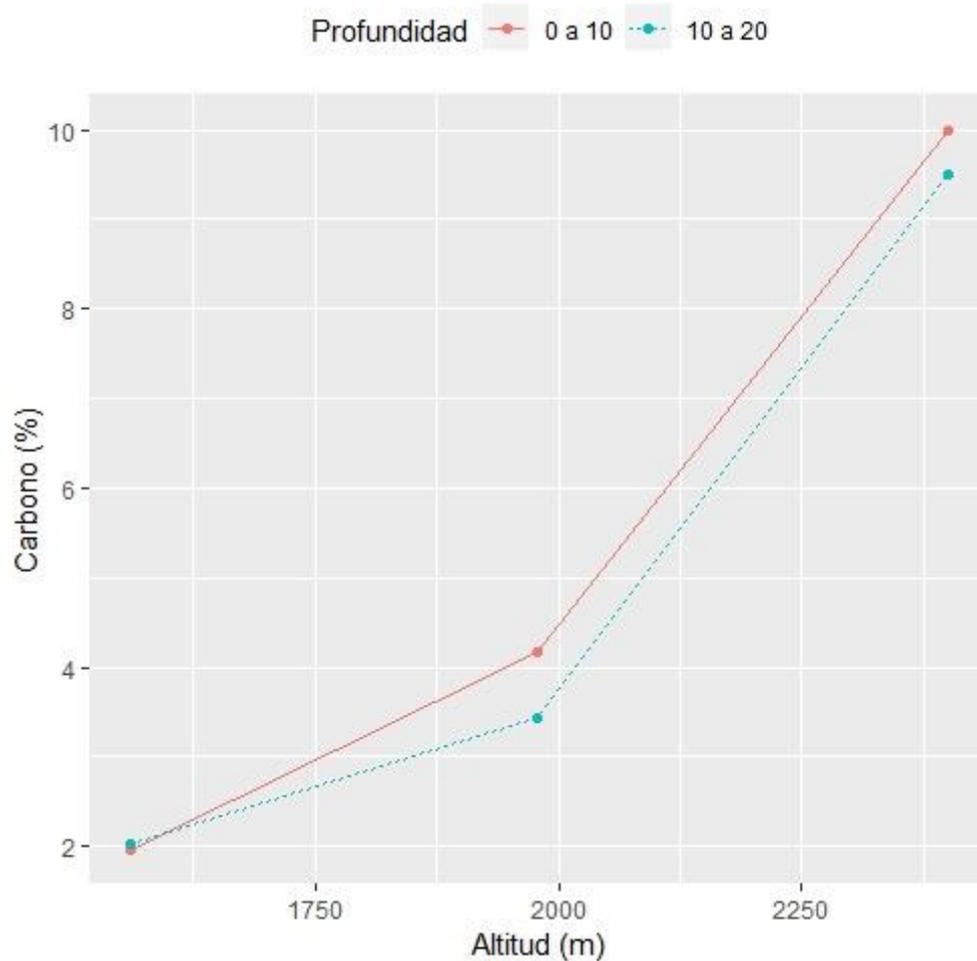
**Tabla 6**

*Análisis de varianza (ANOVA) de reservas de carbono en el suelo*

Fuentes de variación	GL	SQ	QM	Fc	Sig
Gradiente altitudinal	2	197.6841	98.84205	149.4690	0.00000
Profundidad	1	0.68445	0.68445	1.035	0.32910
Altitud*profundidad	2	0.481033	0.240517	0.364	0.70250
Error	12	7.935467	0.661289		
Total corregido	17	206.78505			
CV (%) = 15.69					
Media general: 5.1816667					Número de observaciones: 18

**Figura 7**

*Comportamiento de las reservas de carbono en función de la altitud y profundidad del suelo (interacción).*

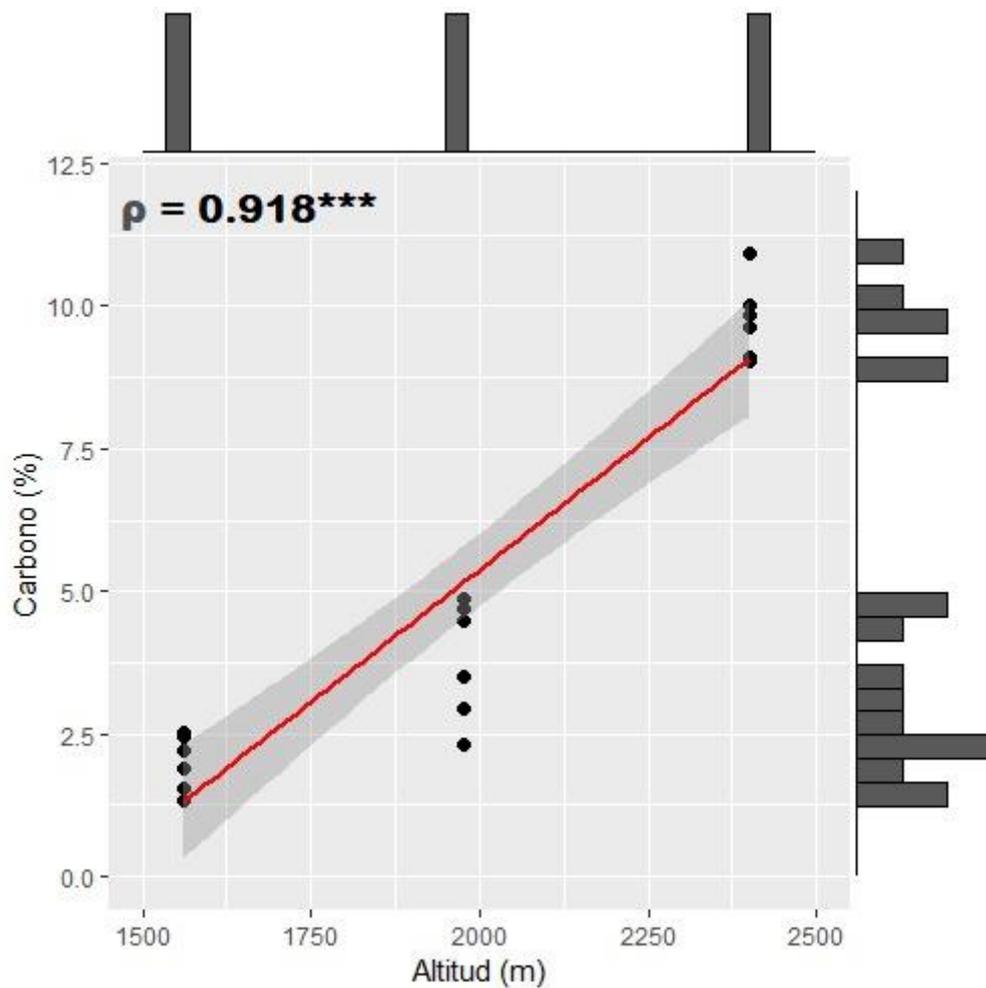


#### **4.1.1.1. Análisis de correlación entre el C y la altitud**

Mediante análisis de correlación se determinó que existe una asociación significativa entre las reservas de C y el gradiente altitudinal ( $P < 0,05$ ), presentando un coeficiente de correlación de 0,92 (fuertemente correlacionado). Asociación directamente proporcional entre las variables que indica que el aumento de una influye positivamente en la otra (Fig. 8).

**Figura 8**

*Correlación de concentraciones de carbono y la altitud.*



#### **4.1.1.2. Análisis de regresión**

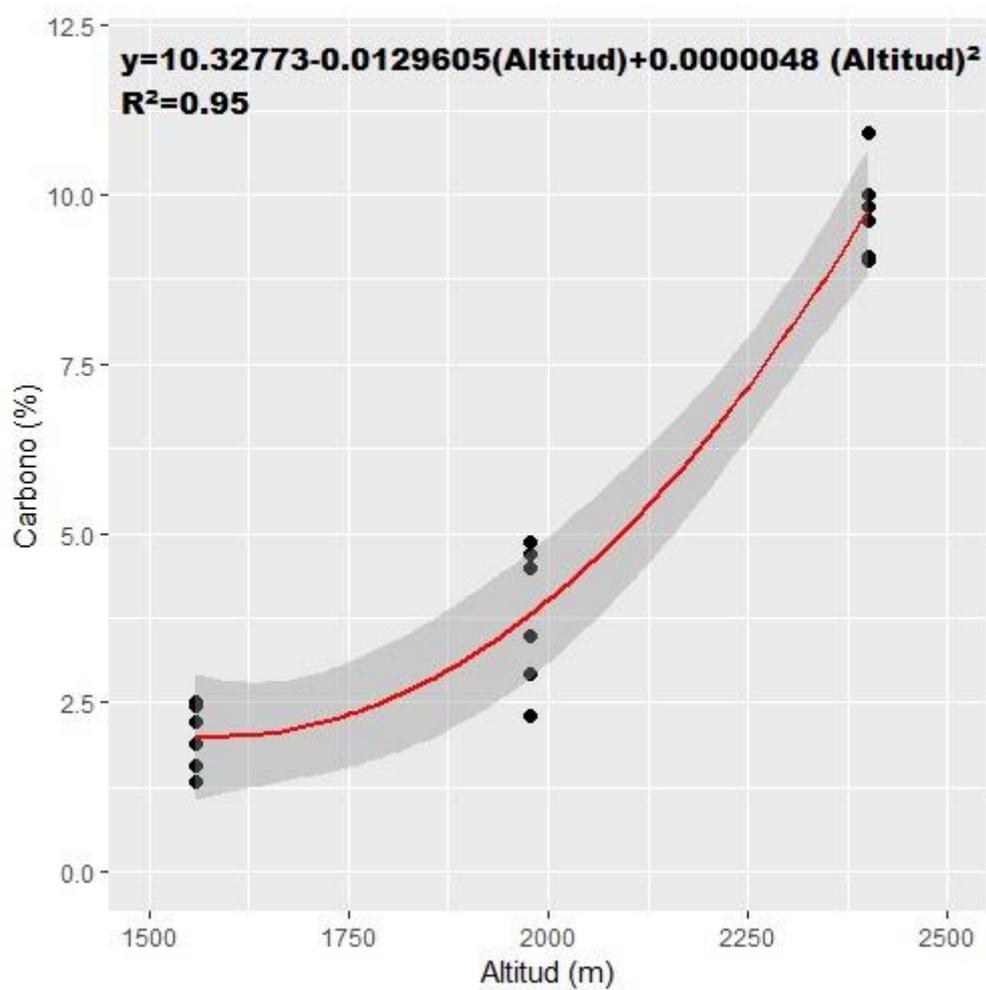
Mediante el análisis de regresión se determinó que los parámetros del modelo ajustado para predecir el contenido de C en función del gradiente altitudinal presentaron significancia mediante la prueba Student ( $P < 0,05$ ) (Anexo 5).

La regresión presentó buenos indicadores estadísticos con coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,95, indicando que la variabilidad existente del carbono en función del gradiente altitudinal, fue explicada en un 95%.

La función para predecir el porcentaje de C teniendo como variable predictora la altitud tiene la siguiente expresión:  $y=10.32773-0.0129605(\text{Altitud}) + 0.0000048(\text{Altitud})^2$ , contenido de C (Fig. 9).

### Figura 9

*Regresión de la variable contenido de carbono.*



#### 4.1.2. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de N del suelo

Al igual que con el C, para las reservas de N se hallaron los mayores porcentajes a 2 400 m s. n. m. (0,95 %) y los menores porcentajes a 1 560 m s. n. m. (0,42 %), tal y como se detalla en la Tabla 7. Mediante el análisis de varianza para la variable respuesta, reserva de N, se determinó que existe diferencias significativas entre gradientes altitudinales ( $P < 0,05$ ) (Tabla 8). Al nivel de cada gradiente, no se encontraron diferencias significativas entre profundidades de muestreo (0-10 cm y 10-20 cm). Asimismo, no existió interacción significativa entre el gradiente altitudinal y la profundidad de muestreo (Fig. 10).

**Tabla 7**

*Cantidad de NT (%) en cada nivel altitudinal*

Parcela	Altitud (m s. n. m.)	N (%)
P1	1 560	0.42
P2	1 977	0.45
P3	2 400	0.95

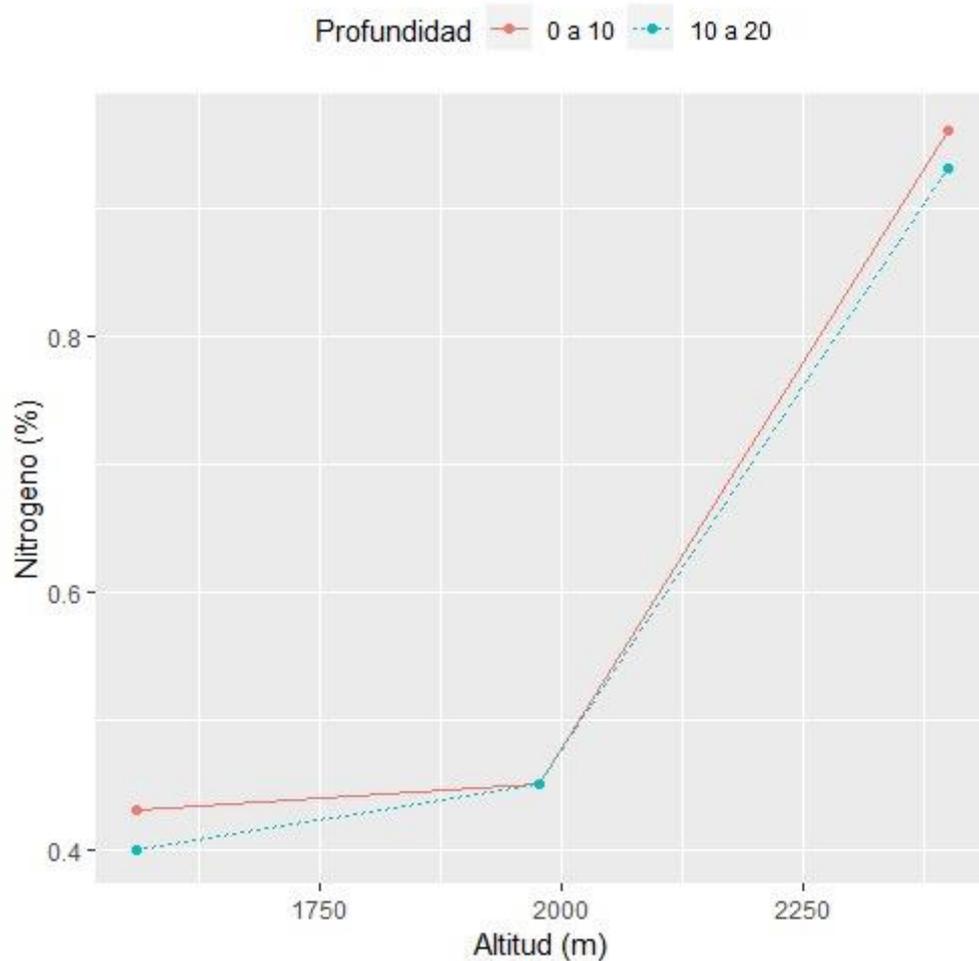
**Tabla 8**

*Análisis de varianza (ANOVA) de reservas de nitrógeno en el suelo*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Gradiente altitudinal	2	1,064233	0,532117	126,3600	0,00000
Profundidad	1	0,0018	0,0018	0,427	0,52560
Altitud*profundidad	2	0,000633	0,000317	0,075	0,92800
Error	12	0,050533	0,004211		
Total corregido	17	1,1172			
CV (%) = 10.76					
Media general: 0.6033333					Número de observaciones: 18

**Figura 10**

*Comportamiento de las reservas de nitrógeno en función de la altitud y profundidad del suelo (interacción).*

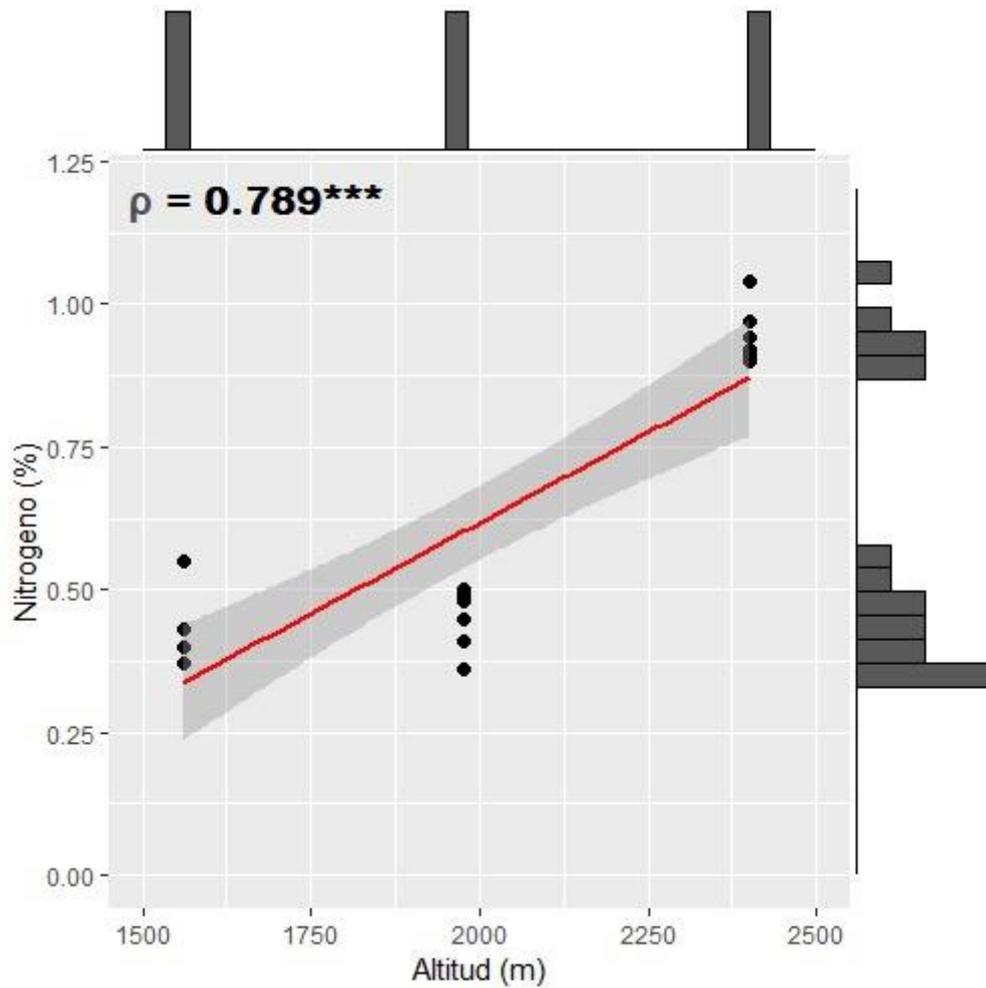


#### **4.1.2.1. Análisis de correlación entre el N y la altitud**

Mediante análisis de correlación se determinó que existió una asociación significativa ( $P < 0,05$ ), la cual fue directamente proporcional entre el gradiente altitudinal y el contenido de N en el suelo, presentando un coeficiente de correlación de 0,79 (Correlación fuerte). Asociación directamente proporcional entre las variables que indica que el aumento de una influye positivamente en la otra (Fig. 11).

**Figura 11**

*Correlación de concentraciones de nitrógeno y la altitud.*



#### 4.1.2.2. Análisis de regresión

Se determinó que el modelo ajustado para predecir el contenido de N en función de la altitud presentó parámetros significativos mediante la prueba Student ( $P < 0,05$ ) (Anexo 6).

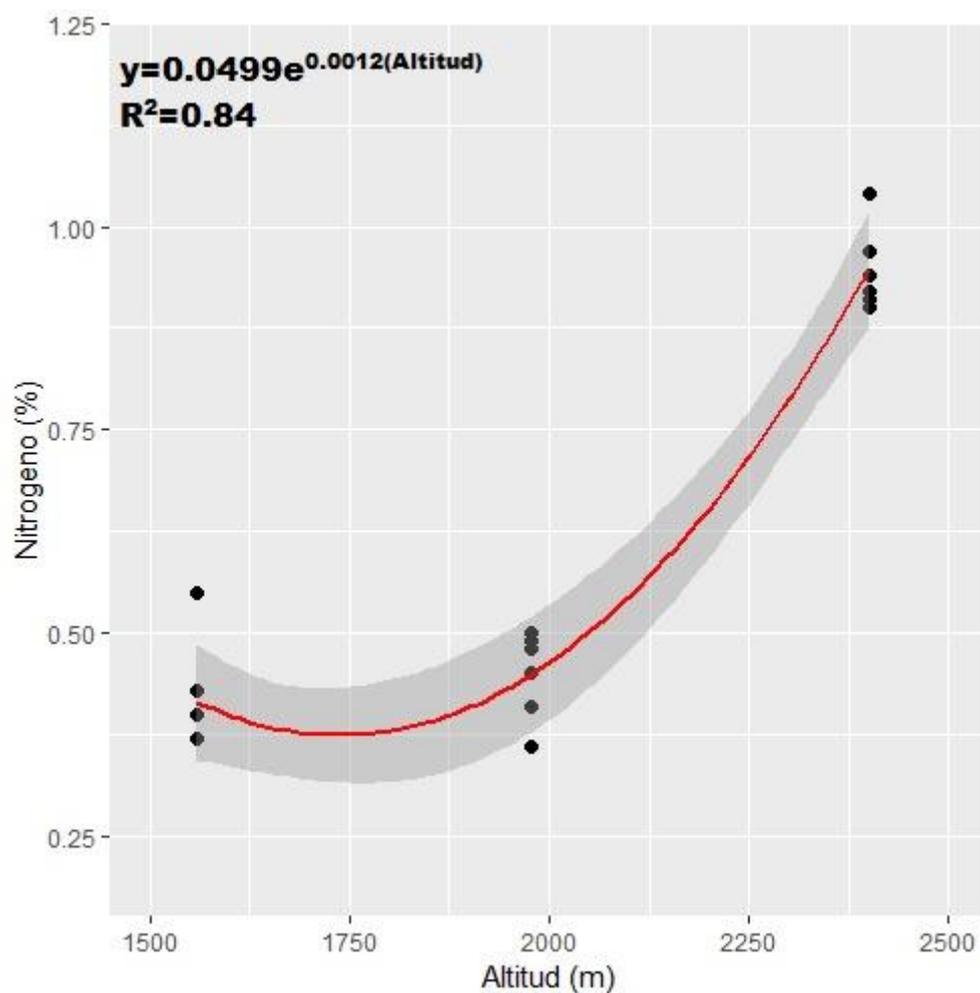
La regresión presentó buenos indicadores estadísticos, aunque menores que los de la variable C, con coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,876, indicando que la

variabilidad existente del carbono en función del gradiente altitudinal, fue explicada en un 87,6%.

La función para predecir el porcentaje de N teniendo como variable predictora la altitud tiene la siguiente expresión:  $y=0.0499e^{0.0012(\text{Altitud})}$ , contenido de N (Fig. 12).

**Figura 12**

*Regresión de la variable contenido de nitrógeno.*



#### 4.1.3. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Mediante el ACP se puede observar la variabilidad existente en las propiedades físico – químicas de los suelos en el bosque seco de Chancaybaños, la misma que fue

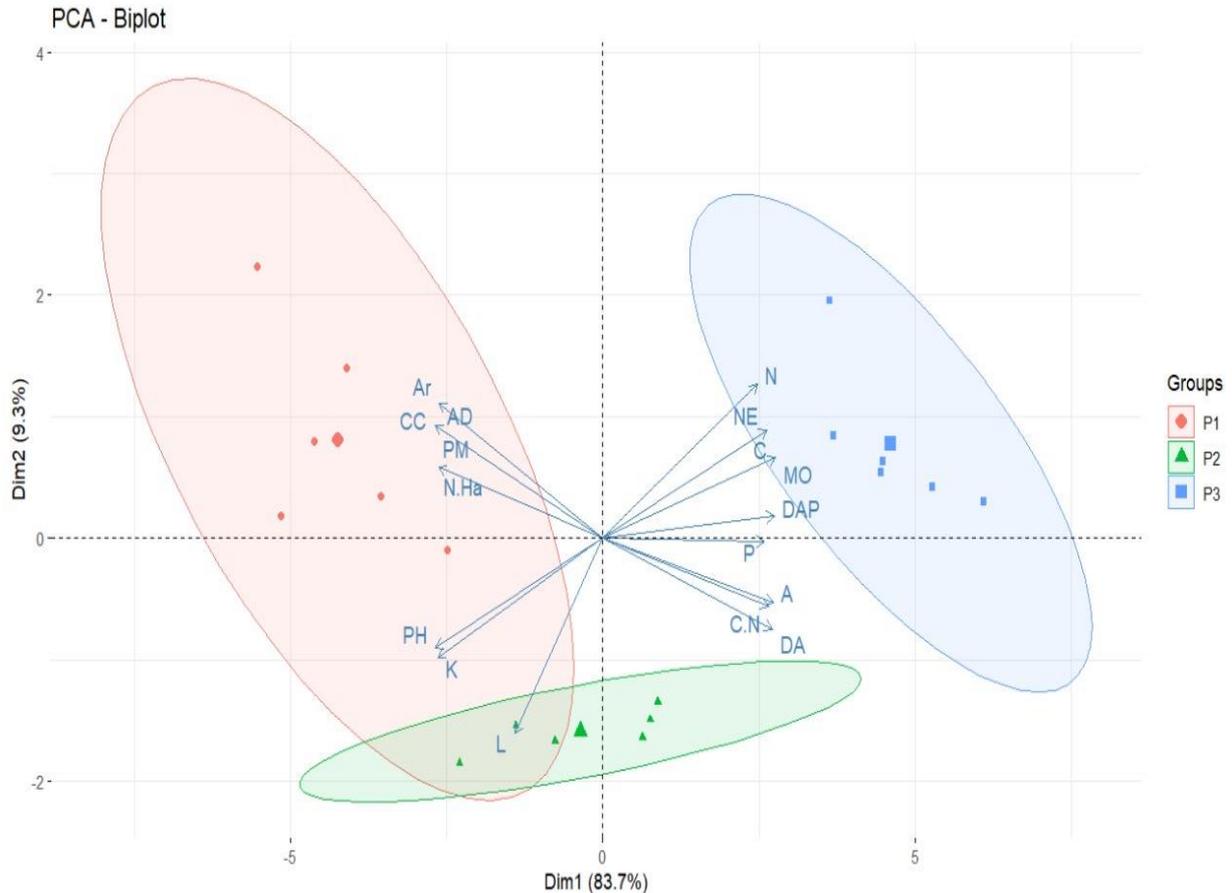
explicada en un 93 % en los dos CP (Fig. 13). Las características de los suelos existentes en la parcela P1 ubicada a los 1 560 m s. n. m. presentaron mayor probabilidad de tener las mismas características a la parcela P2 posicionada a los 1 977 m s. n. m. (95%); pero estas difirieron de la parcela P3 a 2 400 m s. n. m. La P3 (2 400 m s. n. m.) se caracterizó por presentar los mayores valores de C (9,75%) y N (0.95%); así mismo, presentó los mayores contenidos de MO con 16,81% y fósforo con 288,5 ppm, así como mayores valores para especies (NE) y DAP.

En la P2 (1 977 m s. n. m.) se evidencia la presencia de mayores valores de Limo. Con respecto a la P1 (1 560 m s. n. m.) presentó los valores más bajos de C y N, considerando la dimensión 1, mostró además los mayores valores para arcilla, capacidad de campo, agua disponible, punto de marchitez y número de individuos por ha. El C y N presentaron una relación directamente proporcional con la materia orgánica, pero Presentaron una relación inversamente proporcional con el pH y el potasio (Anexo 3) (Tabla 9).

Con respecto a los datos de vegetación se observó un menor número de especies forestales (NE) en la P1, y mayor en la P3, al igual que el DAP. Pero el número de individuos por ha (N/ha) es mayor en P1 y va disminuyendo con la altitud, siendo menor en P3 (Anexo 7) (Tabla 14).

**Figura 13**

*Análisis de componentes principales de variables físicas y químicas del suelo en el Bosque Seco Chancaybaños.*



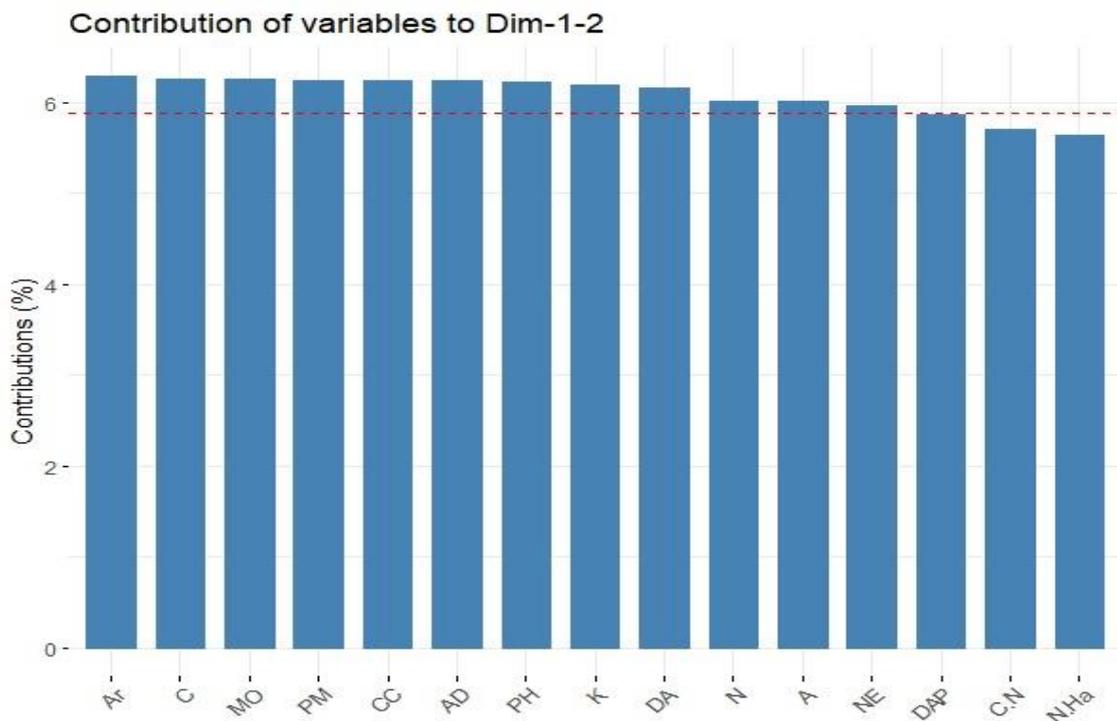
Las variables físicas que tuvieron mayor representatividad en la contribución para explicar la variabilidad existente en los dos componentes principales, son: Ar (Cantidad de Arcilla), AD (Agua disponible), PM (Punto de marchitez), CC (Capacidad de Campo) y DA (Densidad aparente), seguido de las variables químicas (Fig. 14).

Con respecto a las dos variables estudiadas, el contenido de C presentó mayor contribución en explicar la variabilidad existente, que el contenido de N.

El número de especies (NE) el número de especies por hectárea (N.ha) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) no tuvieron una contribución relevante en explicar la variabilidad existente.

**Figura 14**

*Contribución de variables físicas y químicas en el ACP*



#### 4.2. Contrastación de hipótesis

Según el Anova se observa que existen diferencias significativas entre las concentraciones de C y N con respecto al gradiente altitudinal, en ese sentido, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: que las reservas de C y N en los suelos del bosque seco Chancaybaños, varían por la influencia del gradiente altitudinal. Así mismo mediante correlación y regresión se determina que el gradiente altitudinal tiene un efecto positivo sobre el C y N ( $\rho=0.918$  y  $0.789$ ), pudiendo ser expresados por  $y=10.32773-0.0129605(\text{Altitud})+0.0000048(\text{Altitud})^2$  y  $y=0.0499e^{0.0012(\text{Altitud})}$ , respectivamente.

### 4.3. Discusión de resultados

#### 4.3.1. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de C del suelo

Existe una correlación positiva significativa entre el gradiente altitudinal y las reservas de C (0.92) en el suelo del bosque seco Chancaybaños, presentando 9.75% de C en la mayor altitud (2 400 m s. n. m.) y 2% en la altitud más baja (1560 m s. n. m.), estos resultados son congruentes con los reportados por Solano *et al.* (2018) en un matorral seco interandino de Ecuador. Cuellar *et al.* (2014) en ecosistemas boscosos secos de algarrobo en Perú. Minaya *et al.* (2016) en páramos de los Andes ecuatorianos. He *et al.* (2016) en bosques de China subtropical y Liu & Nan (2018) en la Cordillera de Guandi, provincia de Shanxi, China y otros estudios de Vieira *et al.* (2011); Pastor *et al.* (2015) y Yin *et al.* (2022). Según Ma & Chang (2019) las existencias de COS aumentan a 54 MgC/ha por cada 1000 m s. n. m., respectivamente. Bojko & Kabala (2017) por su parte, estudiaron los depósitos de carbono orgánico del suelo (COS) en un rango de altitud de 450–1400 m s. n. m. Sus resultados aluden a que las reservas de COS aumentan hasta la altitud de 1000 m s. n. m. y luego disminuyen. En la Zona Reservada Chancaybaños se tiene que en el punto más bajo (1 560 m s. n. m.) existe una T° promedio de 18.78 °C y una precipitación de 669 ml/año y en la mayor altitud (2 400 m s. n. m.) una T° de 16.90 °C y precipitación de 855 ml/año, esto se relaciona con que la variación del COS así como de MO, se encuentra relacionada con la disminución de la temperatura y el incremento de la precipitación, ocasionando que en lugares con mayores elevaciones, la descomposición de la MOS sea menor (Páliz, 2016; Solano *et al.*, 2018; Liu & Nan, 2018; Yin *et al.*, 2022). Según Bi *et al.* (2018) la precipitación media anual y la temperatura media anual juntas explican el 97,85 % de estas variaciones. El contenido de arena y arcilla en la estructura del suelo, también influyen en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, indicándose que a mayor porcentaje de arena existe mayor acumulación de CO en los suelos de los pastos naturales altoandinos, por el contrario a mayor porcentaje de limo y arcilla, se obtiene menor acumulación de CO (Huamán-Carrión *et al.*, 2021), datos que se correlacionan con los de este trabajo investigativo. Sin embargo, Páliz (2016), menciona que el contenido de C puede ser modificado por la intervención y uso que se le ha dado a través del tiempo. Zhang *et al.* (2021) en cambio consideran que la topografía juega un papel más importante en los niveles de COS y NT que los tipos de uso del suelo

(tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales). En cuanto a la concentración de C a diferentes profundidades, no se encontraron diferencias significativas en las tres gradientes altitudinales, contradiciendo a Salas *et al.* (2020) y Tashi *et al.* (2016) quienes anotan que, el C disminuye con la profundidad. Finalmente, Shedayi *et al.* (2016) consideran que la altitud no es un factor muy impactante en las concentraciones de C. Atribuyendo su aumento a lo largo del gradiente a factores como el tipo de vegetación y la hojarasca.

#### **4.3.2. Influencia del gradiente altitudinal sobre las reservas de N del suelo**

El comportamiento del N fue similar al del C, encontrándose que a medida que aumentaba la altitud, aumentaron también las reservas de nitrógeno, hallándose los niveles más altos de NT (0.95%) en la mayor altitud (2 400 m s. n. m.), concordando con Jiang *et al.* (2019) quien en un rango de 900 a 1700 m s. n. m. encontraron que el contenido de C y NT a gran altura fue mayor que el de baja elevación. He *et al.* (2016) en un rango de 50 m s. n. m. a 950 m s. n. m. mostraron que las concentraciones de N total del suelo aumentaron linealmente con el aumento de la altitud, mientras que Saha *et al.* (2018) en bosques templados informaron los siguientes valores de rango de N a diferentes altitudes: entre 0,01 y 0,012 % (altitud superior), de 0,009 a 0,011 % (altitud media) y de 0,007 a 0,011 % (altitud inferior). Además, Solano *et al.* (2018) y Malik & Haq (2022) coinciden en que las existencias totales de N aumentaron significativamente con la elevación. Así como la temperatura del suelo y del aire también disminuyó significativamente con la elevación, encontrando además una relación significativamente inversa entre las reservas de nitrógeno y la temperatura (Vieira *et al.*, 2011).

Staszal *et al.* (2022) señalan que este resultado es el efecto de procesos de descomposición más lentos, ya que probablemente las bajas temperaturas limitan el ciclo de la materia orgánica en altitudes elevadas (He *et al.*, 2016). Según Bi *et al.* (2018) la precipitación media anual y la temperatura media anual son responsables del 98,38 % de las variaciones generales en las concentraciones de NT. Mientras que Zhang *et al.* (2021) sugieren que el tipo de vegetación, la altitud y el pH podrían ser los principales factores que controlan la distribución espacial de NT. Bangroo *et al.* (2017) por su parte recalcan que las reservas de N del suelo en los bosques montañosos están influenciadas por la

diversidad forestal, las características topográficas y los impactos del cambio climático. La mayoría de las variaciones en NT están relacionadas con los cambios en el almacenamiento de COS, entendiendo que la acumulación de COS podría influir en las existencias de NT (Zhang *et al.*, 2021).

Contrario a estos resultados, autores como Zhang *et al.* (2012), Tianzhu *et al.* (2017) y Adam *et al.* (2022) en ecosistemas de praderas alpinas, indicaron que la mineralización del N del suelo y las tasas de nitrificación disminuyeron con el aumento de la altitud, encontrando mayores reservas de N en las elevaciones más bajas. Por otro lado, pese a que algunos autores hallaron que el contenido de N disminuye con la profundidad (De Feudis *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2021), en el presente estudio no se mostraron diferencias significativas. Finalmente es importante mencionar que la disponibilidad de N, depende en gran medida de la cantidad y propiedades de la materia orgánica. Por lo tanto, los suelos ricos en N de altitudes más altas son los mejores para el crecimiento y desarrollo de los bosques (Malik & Haq, 2022).

#### **4.3.3. Análisis de componentes principales**

Con respecto a la P1 (1 560 m s. n. m.) mostró los mayores valores para Ar (37.4%), CC (23.93%), AD (10.51%) y PM (13.42%). Sousa Neto *et al.* (2011) reportan valores de humedad del suelo significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) en parcelas a 100 m. y 400 m que en suelos situados a 1000 m. Los valores de CC podrían reflejar en parte la porosidad y compactación del suelo (Beare *et al.*, 2009), que por el alto contenido de arcilla, por lo que podemos inferir la presencia de menor porosidad. A menor altitud la capacidad de retención del agua es baja, puesto que la porosidad aumenta mientras aumenta la altitud (Jeyakumar *et al.*, 2020). En cuanto a los contenidos de Ar, estos fueron disminuyendo a medida que aumentaba la altitud y aumentaban las cantidades de A, demostrándose que a mayor altitud la textura del suelo se va volviendo franco-arenoso (Jeyakumar *et al.*, 2020). Resultados similares obtuvieron Huamán-Carrión *et al.* (2021) en suelos de pastos naturales altoandinos. El contenido de arena gruesa, pedregosidad y materia orgánica y las propiedades relacionadas aumentan significativamente, en mayor o menor medida, con la elevación (Badía *et al.*, 2016).

La parcela 3 (2 400 m s. n. m.) presentó los mayores valores de C (9.75 %) y N (0.95 %); así mismo, presentó los mayores contenidos de MO (16.81 %) y el fósforo (288.5 ppm), específicamente, el contenido de MOS aumenta con la altitud en las regiones tropicales y subtropicales, mientras que disminuye con la altitud en las regiones templadas y altiplanicies, Los factores climáticos (temperatura media anual y precipitación media anual) y las propiedades del suelo (contenido total de N, relación C/N y pH) juntos representaron el 83% de la variación espacial en MOS con la altitud (Li *et al.*, 2022).

En nuestro estudio se presentó una relación directamente proporcional entre el C y N con la materia orgánica (MOS), e inversamente proporcional con el pH y el K, concordando con la investigación de Jeyakumar *et al.* (2020) quienes refieren que a mayor altitud el pH disminuye, por su parte Kumar *et al.* (2019) afirman que la MOS se correlacionó negativamente con la temperatura y positivamente con la altitud. Se informa que las bajas temperaturas disminuyen la actividad microbiana y enzimática en suelos de gran altitud, lo que hace que la MOS no se vea afectada. Badía *et al.* (2016) relaciona este aumento en la MOS con la mayor precipitación y producción primaria neta y el aporte de hojarasca a los suelos y la disminución de la temperatura, lo que reduce la actividad biológica y el grado de humificación de la materia orgánica.

El fósforo (P) por su parte aumentó con la altitud, de 3.43% (1 560 m s. n. m.) a 8.27% (2 400 m s. n. m.). He *et al.* (2016) reportó que las concentraciones de P en el suelo disminuían de 50 m a 700 m de altitud y luego aumentaban a 950 m de altitud, él atribuyó estos resultados a cambios no lineales en el contenido de agua del suelo, el pH, la capacidad de absorción de P y de las interacciones entre el microclima, la topografía y la vegetación. Zhu *et al.* (2021) en el Suroeste de China determinó que el P fue el factor dominante que limitó el uso de N por parte de la vegetación y que luego resultó en la limitación del secuestro de C.

Con respecto a la vegetación, se observó que en la P1 existe una predominancia de la asociación taya (*Tara spinosa*) + faique (*Acacia macracanta*), en la P2 se encuentran asociaciones de taya (*Tara spinosa*) + faique (*Acacia macracanta*) + molle (*Schinus*

*molle*), y en la P3 las asociaciones más importantes fueron de lanche (*Eugenia egensis*) + lloque (*Kageneckia lanceolata*) + motequero (*Allophylus densiflorus*) + taya (*Tara spinosa*) + yanazara (*Freziera lanata*). Estos resultados concuerdan con lo anotado por Cueva *et al.* (2019) quien reporta en un bosque seco andino, que conforme se incrementa la altitud aumenta la riqueza, estructura y la biomasa. Por tanto, la altitud es una variable topográfica relevante en los estudios sobre biodiversidad; en ese sentido, la vegetación afecta el tamaño del depósito de COS a través de la cantidad y calidad diferencial de los aportes de materia orgánica y la modificación de la composición de la comunidad microbiana del suelo (Sun *et al.*, 2019).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Las reservas de C y N en el suelo del bosque seco de Chancaybaños muestran un incremento a medida que aumenta la altitud, encontrándose para el carbono los valores de 2,00 %, 3,80% y 9,75 %, y para el nitrógeno 0,42%, 0,45% y 0,95% a 1 560, 1 977 y 2 400 m s. n. m. respectivamente, mientras que en la comparación de profundidades no se presentó variación alguna.

La altitud es un factor influyente en la variación de las reservas de C y N en el ecosistema del bosque seco Chancaybaños.

Las zonas altas del bosque seco Chancaybaños son más fértiles, principalmente por la influencia de variables climáticas como, baja temperatura y alta precipitación, encontrándose en el punto más bajo una T° promedio de 18.78 °C y una precipitación de 669 ml/año y en la mayor altitud una T° de 16.90 °C y precipitación de 855 ml/año, que influyen en la tasa de descomposición y acumulación de materia orgánica.

#### **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda a los encargados de la toma de decisiones, priorizar la conservación de los sumideros de C y N ya que es importante para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y atenuar los efectos del calentamiento global en ecosistemas de bosque seco. Así mismo, implementar una gestión adecuada del uso de estos suelos que evite la pérdida de estas reservas de C y N.

Se recomienda a los tesisistas / investigadores interesados en el tema, realizar más estudios en la zona, a fin de determinar entre otros, la influencia de otros factores que pudieran afectar las cantidades de N y C de los suelos del BS Chancaybaños.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

- Adam, R., Bronisław, W., & Aleksandra, S. C. (2022). Community-specific patterns of nitrogen transformations along an elevational gradient in alpine and subalpine ecosystems. *Plant and Soil*, 0123456789, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05555-6>
- Ahmed, I. U. (2018). Forest Soil C: Stock and Stability under Global Change. In H. F. dos S. Viana & F. A. G. Morote (Eds.), *New Perspectives in Forest Science* (pp. 37–68). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74690>
- An Erica Cuyckens, G., Malizia, L., & Blundo, C. (2015). Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). *Madera y Bosques*, 21(3), 137–148.
- Andrade-Castañeda, H. J., Segura-Madrigal, M. A., Canal-Daza, D. S., Huertas-Gonzales, A., & Mosos-Torres, C. A. (2017). Composición florística y reservas de carbono en bosques ribereños en paisajes agropecuarios de la zona seca del Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 65(4), 1245–1260. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i4.27007>
- Badía, D., Ruiz, A., Girona, A., Martí, C., Cassanova, J., Ibarra, P., & Zufiaurre, R. (2016). The influence of elevation on soil properties and forest litter in the Siliceous Moncayo Massif , SW Europe. *Journal of Mountain Science*, 13(2), 2155–2169.
- Balvanera, P., Castillo, A., & Martinez-Harms, M. (2011). Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests. In R. Dirzo, H. Young, H. Mooney, & G. Ceballos (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 259–277). Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7>
- Bangroo, S. A., Najar, G. R., & Rasool, A. (2017). Effect of altitude and aspect on soil organic carbon and nitrogen stocks in the Himalayan Mawer Forest Range. *Catena*,

- 158(October 2016), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.017>
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 65(4), 10–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>
- Beare, M. H., Gregorich, E. G., & St-Georges, P. (2009). Compaction effects on CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O production during drying and rewetting of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(3), 611–621. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.12.024>
- Becker, R., Chambers, J. M., & Wilks, A. R. (1988). *The new S language : a programming environment for data analysis and graphics*. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, Pacific Grove, Calif. 702 p. <https://doi.org/10.14350/rig.39936>
- Benciu, F., Enciu, M., Bujor, L., Bogan, E., Puia, O.-A., & Gabor, S. (2017). Evaluation of the Physico-Chemical Water Quality Parameters of Lake Branesti, Romania. *International Journal of Academic Research in Enviornment & Geography*, 4(1), 24–36. <https://doi.org/10.46886/IJAREG/v4-i1/2568>
- Benimeli, M. ., Plasencia, A., Corbella, R. D., Andina Guevara, D., Sanzano, A., Sosa, F. A., & Fernández de Ullivari, J. (2019). *El nitrógeno del suelo*.
- Bharti, V. S., Dotaniya, M. L., Shukla, S. P., & Yadav, V. K. (2017). Managing Soil Fertility Through Microbes: Prospects, Challenges and Future Strategies. In J. S. Singh & G. Seneviratne (Eds.), *Agro-Environmental Sustainability* (Vol. 1, pp. 81–111). Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49724-2>
- Bi, X., Li, B., Nan, B., Fan, Y., Fu, Q., & Zhang, X. (2018). Characteristics of soil organic carbon and total nitrogen under various grassland types along a transect in a mountain-basin system in Xinjiang, China. *Journal of Arid Land*, 10(4), 612–627. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0006-1>
- Bojko, O., & Kabala, C. (2017). Organic carbon pools in mountain soils — Sources of variability and predicted changes in relation to climate and land use changes. *Catena*, 149, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.022>

- Brown, J. H. (2001). Mammals on mountainsides: Elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 101–109.  
<https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2001.00228.x>
- Burbano Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82–96.  
<https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Burley, J., Evans, J., & Youngquist, J. (2004). *Encyclopedia of forest sciences* (First edit). Elsevier Academic Press, Spain. 2093 p.  
<https://doi.org/https://www.hzu.edu.in/uploads/2020/10/Encyclopedia-of-Forest-Sciences-Four-Volume-Set-Volume%201-4.pdf>
- Cardoso, E. L., Silva, M. L. N., Silva, C. A., Curi, N., & De Freitas, D. A. F. (2010). Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(9), 1028–1035.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900013>
- Carrasco, F., Ángel, J., & Díaz, M. (2010). *Nuevo materiales y tecnologías para el tratamiento de agua*.  
[http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3632/2010\\_TratamientoAgua.pdf](http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3632/2010_TratamientoAgua.pdf)
- Costa, F. de S., Bayer, C., Zanatta, J. A., & Mielniczuk, J. (2008). Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 32(1), 323–332.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000100030>
- Cuellar, J., López, A., & Zelaya, N. (2014). Cuantificación del carbono almacenado en diferentes sistemas de uso de la tierra de Los Bosques Secos en La Región Lambayeque, Perú. *III Encuentro de Investigadores Ambientales “Investigación Ambiental e Innovación En El Contexto Del Cambio Climatico,”* 1(August), 1–7.
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Effect of the altitudinal gradient in the floristic composition, structure and arboreal biomass of the andean dry forest, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365–378. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>

- Cunha, F. L., Silva, O. M. das C., Araujo, V. C. de, Venturin, N., & Melo, L. A. de. (2022). Palha de café carbonizada em substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Anadenanthera macrocarpa*. *Ciência Florestal*, 32(2), 548–572. <https://doi.org/10.5902/1980509837069>
- De Feudis, M., Cardelli, V., Massaccesi, L., Lagomarsino, A., Fornasier, F., Westphalen, D. J., Cocco, S., Corti, G., & Agnelli, A. (2017). Influence of altitude on biochemical properties of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) forest soils. *Forests*, 8(6), 1–14. <https://doi.org/10.3390/f8060213>
- Dieleman, W. I. J., Venter, M., Ramachandra, A., Krockenberger, A. K., & Bird, M. I. (2013). Soil carbon stocks vary predictably with altitude in tropical forests: Implications for soil carbon storage. *Geoderma*, 204–205, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.005>
- Garibaldi, L. A., Oddi, F. J., Aristimuño, F. J., & Behnisch, A. N. (2019). Modelos estadísticos en lenguaje R. *Editorial UNRN*, 264.
- Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the elements* (2nd ed.). Reed Educational and Professional Publishing.
- Hartemink, A. E. (2016). The definition of soil since the early 1800s. In *Advances in Agronomy* (Vol. 137). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.001>
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I. S., & White, P. (2021). *Functions of macronutrients*. 135–189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- He, X., Hou, E., Liu, Y., & Wen, D. (2016). Altitudinal patterns and controls of plant and soil nutrient concentrations and stoichiometry in subtropical China. *Scientific Reports*, 6(April), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep24261>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2019). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1º Edi). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. 714 p.
- Hofman, G., & Cleemput, O. Van. (2004). Soil and Plant Nitrogen. First version. *IFA*,

- Paris, France, 1(January 2004), 31.  
<https://www.researchgate.net/publication/265247400>
- Huamán-Carrión, M. L., Espinoza-Montes, F., Barrial-Lujan, A. I., & Ponce-Atencio, Y. (2021). Influence of altitude and soil characteristics on organic carbon storage capacity of high Andean natural pastures. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 83–90.  
<https://doi.org/10.17268/SCLAGROPECU.2021.010>
- Huerta, F. M., Briones, J. E., Neri, C., Muñoz, A., & Rosas, V. C. (2014). Relaciones Entre Comunidades Arbóreas, Suelo Y El Gradiente Altitudinal En El Volcán De Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 202–215.  
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i24.329>
- Ivashchenko, K., Sushko, S., Selezneva, A., Ananyeva, N., Zhuravleva, A., Kudeyarov, V., Makarov, M., & Blagodatsky, S. (2021). Soil microbial activity along an altitudinal gradient: Vegetation as a main driver beyond topographic and edaphic factors. *Applied Soil Ecology*, 168(August), 1–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104197>
- Jeyakumar, S. P., Dash, B., Singh, A. K., Suyal, D. C., & Soni, R. (2020). Nutrient Cycling at Higher Altitudes. In R. Goel, R. Soni, & D. C. Suyal (Eds.), *Microbiological Advancements for Higher Altitude Agro-Ecosystems & Sustainability* (1era ed., pp. 293–306). Springer Nature Singapore Pte Ltd.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-15-1902-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1902-4_4)
- Kassambara, A. (2019). Practical guide to principal component methods in R: Multivariate analysis. In *Jurnal Online Internasional & Nasional* (Vol. 53, Issue 9).
- Körner, C. (2007). The use of “altitude” in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(11), 569–574. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>
- Kumar, S., Suyal, D. C., Yadav, A., Shouche, Y., & Goel, R. (2019). Microbial diversity and soil physiochemical characteristic of higher altitude. *PLoS ONE*, 14(3), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213844>
- Lal, R. (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental*

- Pollution*, 116(3), 353–362. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00211-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00211-1)
- Lal, R., & Stewart, B. A. (2018). Soil Nitrogen Uses and Environmental Impacts. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Soil Nitrogen Uses and Environmental Impacts*. CRC Press.
- Lambers, H., Chapim, S., & Pons, T. (2008). Plant physiological ecology. In *Archivo Espanol de Arte* (Second Edi, Vol. 81, Issue 321). Springer Science+Business Media, LLC. 623 p. <https://doi.org/10.3989/aearte.2008.v81.i321.95>
- Lê, S., Josse, L., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Le Tissier, M. D. A., Buddemeier, R. W., Parslow, J., Swaney, D. P., Crossland, C. J., Smith, S. V., Whyte, H., Dennison, W. C., Hills, J. M., & Kremer, H. H. (2006). *The role of the coastal ocean in the disturbed and undisturbed nutrient and carbon cycles - A management perspective*. LOICZ.
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7), 1–9. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
- Li, C., Xiao, C., Li, M., Xu, L., & He, N. (2022). A global synthesis of patterns in soil organic matter and temperature sensitivity along the altitudinal gradient. *Frontiers in Environmental Science*, 10(September), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.959292>
- Li, J., Chen, Q., Li, Z., Peng, B., Zhang, J., Xing, X., Zhao, B., & Song, D. (2021). Distribution and altitudinal patterns of carbon and nitrogen storage in various forest ecosystems in the central Yunnan Plateau, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85710-8>
- Li, S. X., Wang, Z. hui, Miao, Y. fang, & Li, S. qing. (2014). Soil Organic Nitrogen and Its Contribution to Crop Production. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(10), 2061–2080. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60847-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60847-9)
- Liang, Q., Wang, C., Zhang, K., Shi, S., Guo, J., Gao, F., Liu, J., Wang, J., & Liu, Y.

- (2021). The influence of tree species on soil organic carbon stability under three temperate forests in the Baihua Mountain Reserve, China. *Global Ecology and Conservation*, 26, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01454>
- Linares-Palomino, R. (2004a). Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos : II . Fitogeografía y Composición florística. *Arnaldoa*, 11(1), 1–35.
- Linares-Palomino, R. (2004b). Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. *Arnaldoa*, 11(1), 85–102.
- Linares-Palomino, R. (2006). Phytogeography and Floristics of Seasonally Dry Tropical Forests in Peru. In R. Pennington, J. Ratter, & G. Lewis (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation* (Issue May 2006, pp. 257–279). <https://doi.org/10.1201/9781420004496.ch11>
- Linares-Palomino, R., Pennington, R. T., & Bridgewater, S. (2003). The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial Pacific South America. *Candollea*, 58(2), 473–499. <https://www.researchgate.net/publication/262102697%0AThe>
- Liu, N., & Nan, H. (2018). Carbon stocks of three secondary coniferous forests along an altitudinal gradient on Loess Plateau in inland China. *PLoS ONE*, 13(5), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196927>
- Lo Lau, J. (n.d.). *Los bosques secos luchan contra el olvido en el Perú*. <https://es.mongabay.com/2017/02/peru-bosques-secos/#>
- Ma, M., & Chang, R. (2019). Temperature drive the altitudinal change in soil carbon and nitrogen of montane forests: Implication for global warming. *Catena*, 182(3), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104126>
- Ma, S.-T., Zhao, X., Pu, C., Liu, Y., Lal, R., Xue, J.-F., & Zhang, H.-L. (2018). Enhancing Soil Organic Carbon by Managing Nitrogen in China. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Soil Nitrogen Uses and Environmental Impacts* (pp. 233–256). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b22044-9>

- Madrigal Reyes, S., Cristóbal Acevedo, D., Hernández Acosta, E., & Romo Lozano, J. L. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 201–223. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Malhi, Y., Silman, M., Salinas, N., Bush, M., Meir, P., & Saatchi, S. (2010). Introduction: Elevation gradients in the tropics: Laboratories for ecosystem ecology and global change research. *Global Change Biology*, 16(12), 3171–3175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02323.x>
- Malik, Z. A., & Haq, S. M. (2022). Soil Chemical Properties-Variation with Altitude and Forest Composition: A Case Study of Kedarnath Wildlife Sanctuary, Western Himalaya (India). *Journal of Forest and Environmental Science* 38, (1), 37–21. <https://doi.org/10.7747/JFES.2022.38.1.21>
- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. In *Mineral nutrition of higher plants*.
- Mattos, D., Kadyampakeni, D. M., Oliver, A. Q., Boaretto, R. M., Morgan, K. T., & Quaggio, J. A. (2020). Soil and nutrition interactions. In *The Genus Citrus*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00015-2>
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (4 Ed. (1 E)). Instituto Internacional de la Potasa, Basilea, Suiza. 597 pp.
- MINAM. (2014). Guía para muestreo de suelos. In *Ministerio del Ambiente*. [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)
- Minaya, V., Corzo, G., Romero-Saltos, H., Van Der Kwast, J., Lantinga, E., Galárraga-Sánchez, R., & Mynett, A. (2016). Altitudinal analysis of carbon stocks in the Antisana páramo, Ecuadorian Andes. *Journal of Plant Ecology*, 9(5), 553–563. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv073>
- Ministerio del Ambiente(MINAM). (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. *Ministerio Del Ambiente*, 49. <https://zaguan.unizar.es/record/64804/files/TAZ-TFG-2017-4736.pdf>

- Navarro Blaya, S., & Navarro Garcíá, G. (2003). *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal* (Segunda edición). Ediciones Mundi-Prensa.  
[https://www.academia.edu/11618245/Química\\_Agrícola\\_Segunda\\_Edición](https://www.academia.edu/11618245/Química_Agrícola_Segunda_Edición)
- Oliveira, E. S., Mielniczuk, J., Tornquist, C. G., Lopes, F., & Fontana, F. (2009). Simulated soil carbon and nitrogen dynamics in an Acrisol of Rio Grande do Sul state using the Century model. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(6), 1635–1646. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000600012>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2005). *Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Términos y definiciones*. <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07adfee9364a4127238bf3ffc7d6ab2.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2016). Bosques y el cambio climático en el Perú. In *Fao*. <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>
- Osman, K. T. (2013). Forest soils: Properties and Management. In *Springer International Publishing Switzerland* (Vol. 78, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02541-4>
- Otivo, J. L. (2015). *Aportes para un manejo sostenible del ecosistema bosque tropical seco de Piura*. <https://www.aider.com.pe/pdf/Aportes-al-conocimiento-del-ecosistema-bosque-tropical-seco-de-Piura.pdf>
- Páliz, P. (2016). *Efecto de la altitud en el contenido de carbono orgánico en el suelo y hojarasca de la Reserva Biológica Uyuca, Zamorano, Honduras*. Tesis Pregrado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamora. Honduras. 27 p.
- Pardo, C. E. (2020). *Estadística descriptiva multivariada*. In Universidad Nacional de Colombia (Ed.). Colombia. 266 p. <https://doi.org/10.36385/fcbog-5-0>
- Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., & Galán-Espejo, A. (2015). Soil organic carbon along an altitudinal gradient in the Despenaperros Natural Park, southern Spain. *Solid Earth*, 6(1), 125–134. <https://doi.org/10.5194/se-6-125-2015>

- Pastor, J., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y., & Marquez, E. (2015). Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Multiciencias*, 15(3), 271-280 Universidad.
- Pennington, R. T., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27(2), 261–273. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x>
- Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- D. S. N° 001-96-AG, (1996). <https://legislacionanp.org.pe/declaran-como-zona-reservada-area-geografica-ubicada-en-el-distrito-de-chancaybanos-provincia-de-santa-cruz-departamento-de-cajamarca/>
- Ramos, D., Castro, V., & Sánchez, E. (2015). Caracterización De La Vegetación a Lo Largo De Una Gradiente Altitudinal En La Comunidad De Cochahuayco, Cuenca Media Del Río Lurín, Lima. *Ecología Aplicada*, 14(1), 11–25. <https://doi.org/10.21704/rea.v14i1-2.78>
- Rasal, M., Troncos, J., Lizano, C., Parihuamán, O., Quevedo, D., Rojas, C., & Delgado, G. (2011). Características edáficas y composición florística del bosque estacionalmente seco La Menta y Timbes, región Piura, Perú. *Ecología Aplicada*, 10(2), 61–74. <https://doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.414>
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra: Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96. In *Fao*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 83 p.
- Robinson, R. S., Kienast, M., Luiza Albuquerque, A., Altabet, M., Contreras, S., De Pol Holz, R., Dubois, N., Francois, R., Galbraith, E., Hsu, T. C., Ivanochko, T., Jaccard, S., Kao, S. J., Kiefer, T., Kienast, S., Lehmann, M., Martínez, P., McCarthy, M., Möbius, J., ... Yang, J. Y. (2012). A review of nitrogen isotopic alteration in marine sediments. *Paleoceanography*, 27(4), 1–13. <https://doi.org/10.1029/2012PA002321>

- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Royston, J. P. (1982). An extension of Shapiro and Wilk's w test for normality to large samples. *Applied Statistics*, 31(2), 115. <https://doi.org/10.2307/2347973>
- Salas, C., Montes, K., Sanchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., & Iglesias, S. (2020). Influencia del gradiente altitudinal sobre la estimación del carbono almacenado en biomasa aérea viva y en suelos del “Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands”. *Joa, Jipijapa. Ecosistemas*, 29(2), 1973–1973.
- Schulze, E. D., & Freibauer, A. (2005). Environmental science: Carbon unlocked from soils. *Nature*, 437(7056), 205–206. <https://doi.org/10.1038/437205a>
- Segnini, A., Posadas, A., Quiroz, R., Milori, D. M. B. P., Vaz, C. M. P., & Martin-Neto, L. (2011). Soil carbon stocks and stability across an altitudinal gradient in southern Peru. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 213–220. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.213>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP]. (2018). *Mapa de la Zona Reservada Chancaybaños*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1922503/Mapa de la Zona Reservada Chancaybaños.jpg.jpg?v=1622563356](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1922503/Mapa%20de%20la%20Zona%20Reservada%20Chancayba%C3%B1os.jpg.jpg?v=1622563356)
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP]. (2019). *Zona Reservada Chancaybaños*. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1945701-zona-reservada-chancaybanos>
- Shedayi, A. A., Xu, M., Naseer, I., & Khan, B. (2016). Altitudinal gradients of soil and vegetation carbon and nitrogen in a high altitude nature reserve of Karakoram ranges. *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1935-9>
- Shi, Y., Baumann, F., Ma, Y., Song, C., Kühn, P., Scholten, T., & He, J. S. (2012). Organic and inorganic carbon in the topsoil of the Mongolian and Tibetan grasslands: Pattern, control and implications. *Biogeosciences*, 9(6), 2287–2299.

- <https://doi.org/10.5194/bg-9-2287-2012>
- SINANPE. (2021). *Sistema Nacional De Áreas Naturales Protegidas Por El Estado*.  
<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/campañas/4340-sistema-nacional-de-areas-naturales-protegidas-por-el-estado>
- Solano, M., Ramón, P., Gusmán, E., Burneo, J. I., Quichimbo, P., & Jiménez, L. (2018). Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo en un matorral seco en Ecuador. *Ecosistemas*, 27(3), 116–122.  
<https://doi.org/10.7818/ECOS.1521>
- Soledad, A., & Victoria, M. (2022). El nitrógeno del suelo y sus formas químicas. *Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche*, 36–40.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12242/INTA\\_CRPatagoniaNorte\\_EEABariloche\\_Enriquez\\_AS\\_El\\_Nitrogeno\\_Del\\_Suelo\\_Y\\_Sus\\_Formas\\_Quimicas %282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12242/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Enriquez_AS_El_Nitrogeno_Del_Suelo_Y_Sus_Formas_Quimicas%2029.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sousa Neto, E., Carmo, J. B., Keller, M., Martins, S. C., Alves, L. F., Vieira, S. A., Piccolo, M. C., Camargo, P., Couto, H. T. Z., Joly, C. A., & Martinelli, L. A. (2011). Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, methane and carbon dioxide in a gradient of elevation in the coastal Brazilian Atlantic forest. *Biogeosciences*, 8(3), 733–742. <https://doi.org/10.5194/bg-8-733-2011>
- Sun, X., Tang, Z., Ryan, M. G., You, Y., & Sun, O. J. (2019). Changes in soil organic carbon contents and fractionations of forests along a climatic gradient in China. *Forest Ecosystems*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0161-7>
- Tashi, S., Singh, B., Keitel, C., & Adams, M. (2016). Soil carbon and nitrogen stocks in forests along an altitudinal gradient in the eastern Himalayas and a meta-analysis of global data. *Global Change Biology*, 22(6), 2255–2268.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.13234>
- Team, R. C. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Tianzhu, L., Guicai, S., Jian, W., & Gengxin, Z. (2017). Microbial Communities and Associated Enzyme Activities in Alpine Wetlands with Increasing Altitude on the

- Tibetan Plateau. *Wetlands*, 37(3), 401–412. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0876-6>
- Trivedi, P., Singh, B. P., & Singh, B. K. (2018). Soil carbon: Introduction, importance, status, threat, and mitigation. In *Soil Carbon Storage: Modulators, Mechanisms and Modeling*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812766-7.00001-9>
- Vieira, S. A., Alves, L. F., Duarte-Neto, P. J., Martins, S. C., Veiga, L. G., Scaranello, M. A., Picollo, M. C., Camargo, P. B., do Carmo, J. B., Neto, E. S., Santos, F. A. M., Joly, C. A., & Martinelli, L. A. (2011). Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology and Evolution*, 1(3), 421–434. <https://doi.org/10.1002/ece3.41>
- Vitousek, P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D., Schlesinger, W., & Tilman, D. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 7(3), 737–750. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0737:haotgn\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0737:haotgn]2.0.co;2)
- Williams, G., & Toledo, M. (2021). *Vegetación, Humboldt y gradiente altitudinal*. INECOL.
- Yin, S., Wang, C., & Zhou, Z. (2022). Globally altitudinal trends in soil carbon and nitrogen storages. *CATENA*, 210, 105870. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2021.105870>
- Yu, H. (1994). Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *Journal of Zoology*, 234(4), 577–600. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1994.tb04866.x>
- Zhang, J., Zhang, M., Huang, S., & Zha, X. (2021). Assessing spatial variability of soil organic carbon and total nitrogen in eroded hilly region of subtropical China. *PLoS ONE*, 15(12 December), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244322>
- Zhang, S., Chen, D., Sun, D., Wang, X., Smith, J. L., & Du, G. (2012). Impacts of altitude and position on the rates of soil nitrogen mineralization and nitrification in alpine meadows on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Biology and*

*Fertility of Soils*, 48(4), 393–400. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0634-5>

Zhang, Y., Ai, J., Sun, Q., Li, Z., Hou, L., Song, L., Tang, G., Li, L., & Shao, G. (2021). Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by vegetation types and altitude across the mountainous regions in the Yunnan Province, south-western China. *Catena*, 196(August 2020), 1–8.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104872>

Zhu, X. C., Ma, M. G., Tateno, R., He, X. H., & Shi, W. Y. (2021). Effects of vegetation restoration on soil carbon dynamics in Karst and non-karst regions in Southwest China: a synthesis of multi-source data. *Plant and Soil*, 475(1), 45–59.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-021-05220-4>

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### Anexo 1. Resolución Jefatural que otorga el permiso de investigación en la ZR Chancaybaños



#### RESOLUCION JEFATURAL DE LA ZONA RESERVADA CHANCAYBAÑOS N° 001-2021-SERNANP-ZRCHB-JEF

Chiclayo, 09 de noviembre de 2021

#### VISTO:

La solicitud presentada por la señorita Matilde Mercedes Vásquez Carujaulca para realizar la investigación científica que incluye colecta de muestras biológicas en el marco del proyecto denominado: "Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancay Baños, Santa Cruz, Cajamarca", por el periodo de noviembre 2021 a abril 2022.

#### CONSIDERANDO:

Que, según lo previsto en los literales g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, unos de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, el Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, señala que la investigación científica es considerada como uno de los objetivos de creación de las Áreas Naturales Protegidas y como una actividad inherente al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SINANPE y su gestión, no contando dicha actividad con restricción alguna en la medida que cumpla la normatividad, no se contraponga con los objetivos de creación del Área Natural Protegida en cuestión y sus instrumentos de planificación;

Que, mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, publicado el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;



Que, mediante la Resolución Presidencial N° 099-2017-SERNANP, publicado el 18 de abril de 2017, se modifica el proceso GAN-01-10-Otorgamiento de Certificado de Procedencia, asimismo deja sin efecto la Resolución Presidencial N° 250-2013-SERNANP que aprobó el Certificado de Procedencia de los recursos naturales renovables forestales, flora y/o fauna silvestre provenientes de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 013-2018-MINAM del 05 de noviembre del 2018, se aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo.

Que, mediante el Decreto Supremo N° 001-2019-MINAM del 02 de febrero de 2019, se actualizan los procedimientos administrativos a cargo del SERNANP que otorgan Títulos Habilitantes;

Que, con Resolución Presidencial N° 169-2019-SERNANP del 05 de julio del 2019, que aprueba la modificación del mapa de Procesos de Gestión de Áreas Naturales Protegidas, en base a la aplicación de la mejora continua, para el control de ingreso a las Áreas Naturales Protegidas para realizar Investigación y Evaluación de recursos naturales y medio ambiente (Proceso de Nivel 2);

Que, a través del Decreto Supremo N° 019-2021-MINAM, se aprobó el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados, vigente desde el 24 de julio del 2021, reglamento que en su Artículo 5, excluye del ámbito de aplicación del mismo a la investigación básica relacionada a la identificación, delimitación y clasificación de especies que involucren el uso de herramientas moleculares u otras herramientas modernas con fines taxonómicos, sistemáticos, filogeográficos, biogeográficos, evolutivos, de ecología molecular y de genética de la conservación, sin fines comerciales, por lo tanto en caso se requiera obtener el acceso a los recursos genéticos y sus derivados deberá solicitarlo conforme a las modalidades establecidas en el precitado Reglamento;

Que, mediante Informe N° 003-2021-SERNANP-DGANP-ZRCHB/JRCM de fecha 08 de noviembre del 2021, se evalúa la solicitud presentada, concluyendo que el expediente cumple con los requisitos solicitados;



Que, en observancia al principio de impulso de oficio, el cual se encuentra previsto en el numeral 1.3 del artículo IV del Título Preliminar del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; se desprende que las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias, por ello corresponde autorizar lo solicitado por el administrado;

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada "Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo de la Zona Reservada Chancay Baños, Santa Cruz, Cajamarca". a favor de Matilde Mercedes Vásquez Carujaulca, a ser realizada en el ámbito de la Zona Reservada Chancaybaños por el periodo de 06 meses, contado a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución.

**Artículo 2°.-** Establecer que el equipo de trabajo autorizado para desarrollar las actividades de investigación está conformado por 02 investigadores según el siguiente detalle:

Apellidos y Nombres	Documento de identidad	País de Procedencia	Cargo	Institución
Jim Villena Velásquez	41825131	Perú	Colaborador	Universidad Nacional Autónoma de Chota
Alejandro Seminario Cunya	16669724	Perú	Colaborador	Universidad Nacional Autónoma de Chota

**Artículo 3°.-** La autorización no convalida la necesidad del investigador de obtener los permisos adicionales requeridos por otras entidades acorde a sus competencias.

**Artículo 4°.-** Autorizar la colecta de muestras botánicas de hojas, flores y/o frutos, teniendo en consideración la cantidad máxima de dos (2) muestras por especie, siempre y cuando la identificación taxonómica en campo no se pueda determinar. Asimismo la colecta de muestra de suelo en cantidad de 1kg. por parcela.

Precisar que la presente autorización no otorga derechos sobre los recursos genéticos o productos derivados de las muestras colectadas.

**Artículo 5°.-** Los integrantes del equipo de investigación son responsables de conocer y cumplir las disposiciones contenidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, modificado por Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM. Asimismo, los investigadores deberán cumplir con las normas que la Jefatura y su personal dispongan durante el desarrollo de la investigación, entre ellas por el Decreto Supremo N° 013-2018-MINAM.

**Artículo 6°.-** La señorita Matilde Mercedes Vásquez Carujaulca, autorizado en el artículo 1° de la presente Resolución, en su calidad de investigador principal asume las siguientes obligaciones y compromisos:

- Tramitar de autorización de ingreso antes de desarrollar la investigación, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Presidencial N° 169-2019-SERNANP.
- Presentar copia de la presente autorización al personal del ANP que lo solicite.
- No extraer muestras biológicas distintas a las autorizadas.
- Tramitar el certificado de procedencia, cuando se requiera trasladar las muestras de material biológico colectado fuera del ámbito del ANP.
- Comunicar al SERNANP cualquier nuevo registro para la ciencia, debiendo entregar una copia del depósito del holotipo del nuevo taxa en una institución científica nacional autorizada. La extracción de dichos ejemplares incluyendo los



- nuevos registros para el ANP deberán ser reportados a la Jefatura de ANP (en el Puesto de Control o sede administrativa más cercana) para su respectiva consignación en el certificado de procedencia.
- f. Gestionar los permisos de exportación ante la autoridad competente, cuando se requiera enviar al extranjero parte del material biológico colectado.
  - g. Entregar una vez publicado los resultados de la investigación, una copia digital del informe o la publicación al SERNANP y autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP.
  - h. No utilizar las muestras biológicas con fines de acceso a recursos genéticos o sus productos derivados; así como, no utilizar los conocimientos colectivos vinculados a los recursos biológicos de pueblos indígenas; sin contar con el contrato de acceso correspondiente.
  - i. No ingresar bolsas de plástico de un solo uso, sorbetes plásticos y envases de tecnopor (poliestireno expandido) para bebidas y alimentos de consumo humano en el ámbito del ANP.

El incumplimiento injustificado de estas obligaciones y compromisos producirá el ingreso del investigador en la lista de investigadores inhabilitados para próximas autorizaciones emitidas por el SERNANP.

**Artículo 7°.-** La autorización a la que se refiere el Artículo 1° caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento injustificado de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

**Artículo 8°.-** El SERNANP se abstiene de toda responsabilidad por los accidentes o daños que puedan sufrir los integrantes del equipo de investigación durante el desarrollo del proyecto de investigación científica.

**Artículo 9°.-** Regístrese la presente Resolución en el Módulo de Seguimiento a las autorizaciones de investigación del SERNANP, en el archivo de autorizaciones de la Zona Reservada Chancaybaños y publíquese en la página web del SERNANP ([www.sernanp.gob.pe](http://www.sernanp.gob.pe)).

Regístrese y comuníquese.



Blgo. Joel Rolando Córdova Maquera  
Jefe de la Zona Reservada Chancaybaños  
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado  
SERNANP

## Anexo 2. Registro fotográfico

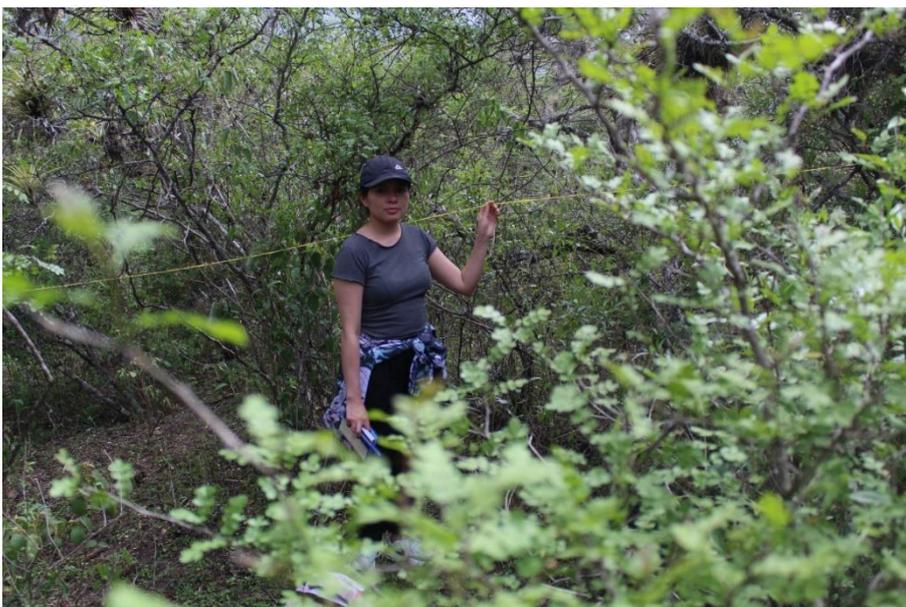
**Figura 15**

*Ingreso a la Zona Reservada Chancay Baños*



**Figura 16**

*Delimitación de la parcela*



**Figura 17**

*Remoción del suelo para la extracción de la muestra*



**Figura 18**

*Obtención de la muestra de suelo (0-10 cm)*



**Figura 19**

*Medición del suelo (10 cm)*



**Figura 20**

*Proceso de homogenizar el suelo*



**Figura 21**

*Llenado de muestras de suelo en bolsas.*



**Figura 22**

*Proceso de etiquetado de muestras*



## Anexo 3

### Reporte del Laboratorio de Servicio de Suelos INIA



**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

www.minagri.gob.pe



**inia**  
Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA** Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$
I M1B	SU1594-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.	113

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	$\text{g}/\text{cm}^3$
7.6	--	2.69	3.82	355	40	14	46	Ar	27.89	15.91	11.98	1.29

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MODERADAMENTE ALCALINO**

Materia Orgánica (M.O.) : **MEDIO**

Fósforo (P) : **BAJO**

Potasio (K) : **ALTO**

Clase textural : **ARCILLOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**




ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA  
BAÑOS DEL INCA  
LABORATORIO DE SUELOS  
INIA  
Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Matilde Vásquez Peralta  
Técnica de SUELOS

Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386



**Siempre con el pueblo**



PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA

Procedencia: CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA

Fecha: 14/05/2022

NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$
I M1A	SU1596-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.	162.5

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	$\text{g}/\text{cm}^3$
7.3	--	4.24	2.38	345	48	12	40	ArA	24.69	13.89	10.79	1.34

INTERPRETACIÓN:

pH (Reacción) : LIGERAMENTE ALCALINO  
 Materia Orgánica (M.O.) : ALTO  
 Fósforo (P) : MUY BAJO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 Clase textural : ARCILLOSO ARENOSO

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :

APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.



Jr. WIRACocha S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA

Procedencia: CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA

Fecha: 14/05/2022

NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
II M3B	SU1599-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7.4	--	6,02	5,49	348	61	19	21	FArA	17,09	9,12	7,97	1,43

INTERPRETACIÓN:

pH (Reacción) : LIGERAMENTE ALCALINO  
 Materia Orgánica (M.O.) : ALTO  
 Fósforo (P) : MEDIO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :

APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
 www.minagri.gob.pe





"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
II M3A	SU1584-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7.1	--	8.07	7.16	335	67	15	18	FA	15.23	7.95	7.28	1.47

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **NEUTRO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **ALTO**  
 Fósforo (P) : **MEDIO**  
 Potasio (K) : **MEDIO**  
 Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



Jr. WIRACocha S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

Nombre: MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA

Procedencia: CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA

Fecha: 14/05/2022

NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S/cm}$
II M2B	SU1589-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.	129

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	$\text{g/cm}^3$
7.6	--	3.97	3.82	360	54	22	24	FArA	18.95	10.29	8.66	1.4

INTERPRETACIÓN:

pH (Reacción) : NEUTRO  
 Materia Orgánica (M.O.) : MEDIO  
 Fósforo (P) : BAJO  
 Potasio (K) : ALTO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :

APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
Estación Experimental Agraria Baños del Inca

M.Sc. Mariela Cervantes Peralta  
RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS.

Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACocha S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M2B	SU1587-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
6.2	--	16.58	6.2	290	68	14	18	FA	15.09	7.86	7.23	1.47

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ACIDO  
 Materia Orgánica (M.O.) : MUY ALTO  
 Fósforo (P) : BAJO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 Clase textural : FRANCO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
www.minagri.gob.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M2A	SU1592-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	%
6.2	--	15.69	8.11	295	74	12	14	FA	12.99	6.54	6.45	1.5

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ACIDO  
Materia Orgánica (M.O.) : MUY ALTO  
Fósforo (P) : MEDIO  
Potasio (K) : MEDIO  
Clase textural : FRANCO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACocha S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M1B	SU1591-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
6.2	--	15.58	8.59	290	68	10	22	FArA	16.36	8.66	7.7	1.46

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ÁCIDO  
 Materia Orgánica (M.O.) : MUY ALTO  
 Fósforo (P) : MEDIO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
www.minagri.gob.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M1A	SU1586-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
6.0	--	18.83	10.02	280	80	10	10	FA	10.88	5.22	5.66	1.54

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MOODERADAMENTE ÁCIDO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **MUY ALTO**  
 Fósforo (P) : **MEDIO**  
 Potasio (K) : **MEDIO**  
 Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



Estación Experimental Agraria Baños del Inca  
 Laboratorio de Suelos  
 Matilde Vásquez Carvajulca  
 Matilde Vásquez Carvajulca  
 Laboratorio de Suelos





PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
I M3B	SU1598-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7.6	--	3.80	3.22	358	54	13	34	FArA	22.00	12.20	9.79	1.38

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ALCALINO  
Materia Orgánica (M.O.) : MEDIO  
Fósforo (P) : BAJO  
Potasio (K) : ALTO  
Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
I M3A	SU1582-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7.5	--	3.27	3.58	355	45	16	39	FArA	24.88	14.01	10.86	1.33

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ALCALINO  
 Materia Orgánica (M.O.) : MEDIO  
 Fósforo (P) : BAJO  
 Potasio (K) : ALTO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
www.minagri.gob.pe

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M3B	SU1583-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
6.2	--	16.92	7.63	289	73	13	15	FA	13.51	6.87	6.64	1.50

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MODERADAMENTE ACIDO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **MUY ALTO**  
 Fósforo (P) : **MEDIO**  
 Potasio (K) : **MEDIO**  
 Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
T: 076348386  
Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
III M3A	SU1597-EEBI-22	9276223	732632	2400	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	%
6.1	--	17.26	9.07	288	77	11	12	FA	11.94	5.88	6.06	1.52

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MODERADAMENTE ACIDO**  
Materia Orgánica (M.O.) : **MUY ALTO**  
Fósforo (P) : **MEDIO**  
Potasio (K) : **MEDIO**  
Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**





Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
II MZA	SU1585-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7	--	7.73	7.16	330	68	14	18	FA	15.09	7.86	7.23	1.47

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **NEUTRO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **ALTO**  
 Fósforo (P) : **MEDIO**  
 Potasio (K) : **MEDIO**  
 Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
 www.minagri.gob.pe





Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S/cm}$
II M1B	SU1590-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.	100.6

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	%
7.6	--	5.04	4.29	365	60	16	24	FArA	18.11	9.76	8.35	1.43

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MODERADAMENTE ALCALINO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **ALTO**  
 Fósforo (P) : **BAJO**  
 Potasio (K) : **ALTO**  
 Clase textural : **FRANCO ARCILLOSO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
Estación Experimental Agraria Baños del Inca

*M. Sc. Mariana Cervantes Peralta*  
RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS.

Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
 www.minagri.gob.pe





"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis
II M1A	SU1588-EEBI-22	9279380	732333	1977	F+T+P.H.

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%		%	%	%	g/cm <sup>3</sup>
7.2	--	8.4	7.16	340	66	16	18	FA	15.37	8.04	7.33	1.46

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **NEUTRO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **MUY ALTO**  
 Fósforo (P) : **MEDIO**  
 Potasio (K) : **MEDIO**  
 Clase textural : **FRANCO ARENOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA  
 T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)





**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



T: 076348386  
 Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
 www.minagri.gob.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S/cm}$
I M2B	SU1593-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.	115.5

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	$\text{g/cm}^3$
7.6	--	4.34	2.86	360	62	10	28	FArA	19.11	10.39	8.72	1.42

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : MODERADAMENTE ALCALINO  
 Materia Orgánica (M.O.) : ALTO  
 Fósforo (P) : MUY BAJO  
 Potasio (K) : ALTO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLOSO ARENOSO

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.





PERÚ

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Email: [binca@inia.gob.pe](mailto:binca@inia.gob.pe)  
www.minagri.gob.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Estación Experimental Agraria Baños del Inca

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

Nombre: **MATILDE VÁSQUEZ CARUAJULCA**

Procedencia: **CHANCAY BAÑOS-SANTA CRUZ- CAJAMARCA**

Fecha: **14/05/2022**

**NOMBRE Y UBICACIÓN PARCELA**

Nombre de Parcela	Código Laboratorio	Longitud	Latitud	Altitud msnm	Tipo de análisis	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$
I M2A	SU1595-EEBI-22	9272472	731577	1560	F+T+P.H.	101

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

pH	Al	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Clase	C.C.	P.M.	A.D.	D.A.
	meq/100g	%	ppm	ppm	%	%	%	Textural	%	%	%	$\text{g}/\text{cm}^3$
7.7	--	2.29	4.77	365	42	20	38	Far	25.07	14.13	10.93	1.32

**INTERPRETACIÓN:**

pH (Reacción) : **MODERADAMENTE ALCALINO**  
 Materia Orgánica (M.O.) : **MEDIO**  
 Fósforo (P) : **BAJO**  
 Potasio (K) : **ALTO**  
 Clase textural : **FRANCO ARCILLOSO**

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar:

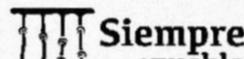
NUTRIENTE	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES :**

**APLICAR 3.50 TON/HA. DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



Jr. WIRACOCHA S/n BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA



**Tabla 9***Resultados de análisis físico y químico*

<b>Parcela</b>	<b>Repetición</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>C/N</b>	<b>PH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>A</b>	<b>L</b>	<b>Ar</b>	<b>CC</b>	<b>PM</b>	<b>AD</b>	<b>DA</b>	<b>Altitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
P1	M1A	0,37	2,46	6,62	7,3	4,24	2,38	345	48	12	40	24,69	13,89	10,79	1,34	1560	9272472	731577
P1	M1B	0,55	1,56	2,82	7,6	2,69	3,82	355	40	14	46	27,89	15,91	11,98	1,29	1560	9272472	731577
P1	M2A	0,37	1,33	3,57	7,7	2,29	4,77	365	42	20	38	25,07	14,13	10,93	1,32	1560	9272472	731577
P1	M2B	0,43	2,52	5,8	7,6	4,34	2,86	360	62	10	28	19,11	10,39	8,72	1,42	1560	9272472	731577
P1	M3A	0,37	1,90	5,10	7,5	3,27	3,58	355	45	16	39	24,88	14,01	10,86	1,33	1560	9272472	731577
P1	M3B	0,4	2,21	5,45	7,6	3,80	3,22	358	54	13	34	21,99	12,2	9,79	1,38	1560	9272472	731577
P2	M1A	0,5	4,88	9,81	7,2	8,4	7,16	340	66	16	18	15,37	8,04	7,33	1,46	1977	9279380	732333
P2	M1B	0,36	2,93	8,19	7,6	5,04	4,29	365	60	16	24	18,11	9,76	8,35	1,43	1977	9279380	732333
P2	M2A	0,48	4,49	9,42	7	7,73	7,16	330	68	14	18	15,09	7,86	7,23	1,47	1977	9279380	732333
P2	M2B	0,41	2,3	5,67	7,6	3,97	3,82	360	54	22	24	18,95	10,29	8,66	1,4	1977	9279380	732333
P2	M3A	0,49	4,69	9,62	7,1	8,07	7,16	335	67	15	18	15,23	7,95	7,28	1,47	1977	9279380	732333
P2	M3B	0,45	3,49	7,64	7,4	6,02	5,49	348	61	19	21	17,09	9,12	7,97	1,43	1977	9279380	732333
P3	M1A	0,9	10,92	12,19	6	18,83	10,02	280	80	10	10	10,88	5,22	5,66	1,54	2400	9276223	732632
P3	M1B	1,04	9,04	8,66	6,2	15,58	8,59	290	68	10	22	16,36	8,66	7,7	1,46	2400	9276223	732632
P3	M2A	0,97	9,1	9,42	6,2	15,69	8,11	295	74	12	14	12,99	6,54	6,45	1,5	2400	9276223	732632
P3	M2B	0,91	9,62	10,57	6,2	16,58	6,2	290	68	14	18	15,09	7,86	7,23	1,47	2400	9276223	732632
P3	M3A	0,94	10,01	10,8	6,1	17,26	9,07	288	77	11	12	11,94	5,88	6,06	1,52	2400	9276223	732632
P3	M3B	0,92	9,82	10,7	6,2	16,92	7,63	289	73	13	15	13,51	6,87	6,64	1,50	2400	9276223	732632

**Anexo 4**

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)*

<b>Nitrógeno</b>	<b>Carbono</b>
Shapiro-Wilk normality test	Shapiro-Wilk normality test
data: ri_VR	data: ri_VR
W = 0.96677, p-value = 0.7353	W = 0.92199, p-value = 0.1402

## Anexo 5

```
lm(formula = C ~ (Altitud) + I(Altitud2), data = Basedatos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.49667 -0.59792 -0.01417  0.50833  1.16833

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.033e+01  4.582e+00   2.254  0.03957 *
Altitud      -1.296e-02  4.253e-03  -3.048  0.00814 **
I(Altitud2)  4.885e-06  9.281e-07   5.263  9.55e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7789 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.956,    Adjusted R-squared:  0.9501
F-statistic: 162.9 on 2 and 15 DF,  p-value: 6.711e-11

> coef(ModeloC)
(Intercept)      Altitud      I(Altitud2)
 1.032773e+01 -1.296050e-02  4.884660e-06
```

## Anexo 6

```
Formula: N ~ (a * exp(Altitud * b))

Parameters:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
a 0.0499216  0.0150606   3.315  0.00438 **
b 0.0012127  0.0001346   9.009  1.15e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1004 on 16 degrees of freedom

Number of iterations to convergence: 5
Achieved convergence tolerance: 1.494e-06

> coef(ModeloN)
      a      b
0.049921623 0.001212671
>
```

## Anexo 7. Datos de vegetación de las parcelas del BS Chancaybaños

**Tabla 11**

*Especies identificadas en la parcela 1 (1 560 m s. n. m.)*

PARCELA 1				
Nº	Nombre común	Nombre científico	DAP	ALTURA (m)
1	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.20	3
2	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.33	5
3	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.43	5
4	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.25	4
6	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.24	4
8	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.29	5
14	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.42	5
15	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.38	2.5
17	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.30	4
18	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.19	3.5
19	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.26	5
21	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.45	5
22	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.40	3
25	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.52	4
26	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.20	4.5
27	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.20	4
28	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.30	4
32	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.55	5
37	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.42	4
39	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.23	2.5
40	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.29	4
43	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.39	5.5
44	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.40	4
46	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.19	3
47	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.27	3
5	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.40	5
7	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.31	5
9	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.27	3.5
10	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.30	3.5
11	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.22	4
12	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.20	4
13	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.26	3
16	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.25	3
20	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.40	5
23	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.25	5
24	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.23	4
29	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.35	5
30	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.25	3
31	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.26	3
33	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.45	4
34	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.46	5
35	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.43	5
36	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.36	3.5

38	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.43	4.5
41	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.33	4.5
42	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.27	5
45	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.35	4
48	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.42	4

**Tabla 12**

*Especies identificadas en la parcela 2 (1 977 m s. n. m.)*

PARCELA 2				
Nº	Nombre común	Nombre científico	DAP	ALTURA (m)
1	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.37	6.00
2	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.58	6.25
3	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.78	6.00
4	Faique	<i>Acacia macracanta</i>	0.53	5.00
5	Molle	<i>Schinus molle</i>	0.26	4.00
6	Molle	<i>Schinus molle</i>	0.55	6.00
7	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.49	6.00
8	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.26	5.70
9	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.43	6.00
10	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.32	5.00
11	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.25	5.00
12	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.54	6.50
13	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.51	6.25
14	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.54	6.00
15	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.28	5.00
16	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.43	6.00
17	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.47	6.00
18	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.30	6.00
19	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.48	6.00
20	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.19	6.00
21	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.50	6.00
22	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.48	6.00
23	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.68	6.50
24	Taya	<i>Tara spinosa</i>	0.21	3.50

**Tabla 13***Especies identificadas en la parcela 3 (2 400 m s. n. m.)*

PARCELA 3				
Nº	Nombre común	Nombre científico	DAP	ALTURA (m)
1	Casaguay	-	0.35	4
2	Casaguay	-		x
3	Lanche	<i>Eugenia egensis</i>	0.58	4.5
4	Limoncilio	-	0.38	5
5	Limoncilio	-	0.41	6
6	Limoncilio	-	0.38	5
7	Limoncilio	-	0.48	4
8	Limoncilio	-		x
9	Limoncilio	-	0.37	7
10	Lloque	<i>Kageneckia lanceolat</i>	0.58	3.5
11	Lloque	<i>Kageneckia lanceolata</i>		x
12	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.44	7.5
13	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.46	5
14	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.76	6
15	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.5	5
16	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.42	6
17	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.37	7
18	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.33	5
19	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.35	6.5
20	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.37	7
21	Motequero	<i>Allophylus densiflorus</i>	0.46	
22	Panchoquero	-	0.38	5
23	Panchoquero	-	0.46	3
24	Panchoquero	-	0.44	4
25	Panchoquero	-	0.54	3
26	Tara	<i>Tara spinosa</i>	0.58	7
27	Tara	<i>Tara spinosa</i>	0.42	5.5
28	Tara	<i>Tara spinosa</i>	0.38	6
29	Tara	<i>Tara spinosa</i>	0.41	5
30	Tara	<i>Tara spinosa</i>	0.6	8
31	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.52	6
32	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.74	8
33	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.5	8
34	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	1.18	9
35	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.51	10
36	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.38	8
37	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.66	12
38	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	0.68	9
39	Yanazara	<i>Freziera lanata</i>	1.68	9

**Tabla 14**

*Datos de vegetación (NE, N/ha, DAP).*

<b>Parcela</b>	<b>N° especies (NE)</b>	<b>N° árboles</b>	<b>N° individuos por ha (N/ha)</b>	<b>DAP</b>
<b>P1</b>	2	48	54	0.32
<b>P2</b>	3	24	27	0,41
<b>P3</b>	8	39	15	0,53

Nota: Datos sistematizados para fines del ACP.