



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

Tema:

Evaluación de los impactos que ejercen las plantaciones de especies forestales introducidas de pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) en los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas- provincia de Imbabura.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Licenciatura en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

AUTORA: GABRIELA ALEJANDRA VELOZ SALAZAR

ASESOR: Mgs. Diego Miguel Puerres Vera

IBARRA, DICIEMBRE– 2021



## CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 14 de diciembre de 2021

MGS. DIEGO MIGUEL PUERRES VERA

### **CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f:) .....

MGS. DIEGO MIGUEL PUERRES VERA

C.C.: 100177898-2



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI):

(f): 

(f): .....

Mgs. Diego Miguel Puerres Vera

C.C.: 100177898-2



(f): .....

Ph.D. Diego Manuel León Tapia

C.C.: 1711668895



(f): .....

Mgs. Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Gabriela Alejandra Veloz Salazar, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 14 de diciembre del 2021

(f): .....

Gabriela Alejandra Veloz Salazar

C.C.: 1004438063



## AUTORÍA

Yo, Gabriela Alejandra Veloz Salazar, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004438063, declaró que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Gabriela Veloz', is written over a horizontal line.

(f): .....

Gabriela Alejandra Veloz Salazar

C.C.: 1004438063



## DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Gabriela Alejandra Veloz Salazar, con cédula de ciudadanía 1004438063, autor del trabajo de grado intitulado: Evaluación de los impactos que ejercen las plantaciones de especies forestales introducidas pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) en los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas- provincia de Imbabura, previo a la obtención del título profesional de Licenciatura en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE-SI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 14 de noviembre del 2021

(f.).....

Gabriela Alejandra Veloz Salazar

C.C. 1004438063



## DEDICATORIA

Dedico todo este trabajo de investigación a mi madre Ana Fabiola Salazar Jiménez, pues ella ha sido el pilar fundamental para lograr mis objetivos y alcanzar todos mis sueños, por forjarme como la persona que soy en la actualidad y apoyarme en cualquier circunstancia.

Se la dedico a Dios que me acompaña siempre, me cuida y me ama sobre todas las cosas



## AGRADECIMIENTO

Gracias a mi madre por ser mi principal promotor de mis sueños, gracias a ella por confiar en mí y estar dispuesta acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, noches en las que llegaba siempre con palabras de aliento y consejos que me guiaron durante mi vida.

Gracias a Dios por la vida de mi madre porque cada día me bendice con la oportunidad de estar y disfrutar de las personas que amo.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo y a todas las personas que me apoyaron en este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS .....	1
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	2
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS .....	3
AUTORÍA.....	4
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN.....	5
DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN .....	17
CAPÍTULO II.....	19
OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2    Objetivos Específicos.....	19
2.3. Pregunta Directriz .....	19
CAPÍTULO III.....	20
ESTADO DEL ARTE.....	20
3.1 Definición de Suelo .....	20
3.2 Los Páramos.....	21
3.3 Distribución y Extensión de los ecosistemas de Páramo .....	24
3.4 Importancia de los Páramos .....	24

3.5 Los efectos Biofísicos de las plantaciones forestales exóticas. ....	25
3.6 Afectaciones de Especies exóticas.....	26
3.7 Parque Nacional Cotacachi- Cayapas.....	26
3.8 Impactos Negativos de la especie forestal exótica pino ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ).....	27
3.9 El Pino ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ).....	28
CAPÍTULO IV.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
4.1. Materiales .....	32
4.1.1. Materiales utilizados en campo .....	32
4.1.2. Materiales utilizados en laboratorio .....	32
4.2. Generalidades .....	33
4.2.1. Ubicación geografía de la zona de estudio.....	33
4.2.2 Límites de la zona de estudio.....	33
4.2.3 Zonificación del área de estudio .....	34
4.3. Métodos.....	36
4.3.1. Toma de muestras de suelo .....	36
4.3.2. Parámetros físico-químicos de los suelos analizados Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).....	39
4.3.3. Preparación de la muestra y análisis físico-químico en laboratorio. ....	39
4.3.4. pH del suelo. ....	40
4.3.5. Compactación del suelo .....	41
4.3.6. Determinación de la cantidad de materia orgánica y carbono orgánico .....	41
4.3.7. Determinación de la cantidad de Potasio (mg/l) .....	43
4.3.8. Determinación de la cantidad de Fósforo (mg/l) .....	44

4.3.9. Determinación de la cantidad de Nitrógeno (%).....	45
4.3.10. Determinación de la Conductividad Eléctrica (dS/m) .....	46
CAPÍTULO V.....	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
5.1 Resultados.....	48
5.1.1 Resultado 1.....	48
5.1.1.1 Caracterización del suelo del área segmentada para el estudio .....	49
5.1.2 Resultado 2.....	51
5.1.2.1 Promedio de los resultados a nivel de la profundidad en el suelo con plantaciones de especies forestales introducidas con pinos. ....	53
5.1.2.2. Análisis del porcentaje de Nitrógeno obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino estipulado en la tabla número 9 y sin pino en la tabla número 8. ....	55
5.1.2.3. Análisis de Fósforo en mg/l obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	56
5.1.2.4. Análisis de Potasio en mg/l obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	57
5.1.2.5. Análisis del porcentaje de Materia Orgánica obtenida de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	58
5.1.2.6. Análisis del porcentaje de Carbono Orgánico obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	59
5.1.2.7. Análisis del valor de pH obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	60
5.1.2.8. Análisis de Conductividad Eléctrica en $\mu S/cm$ obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	61
5.1.2.9. Análisis Compactación en psi obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino. ....	62

5.2 Discusión .....	63
CAPÍTULO VI.....	65
CONCLUSIONES .....	65
CAPÍTULO VII .....	67
RECOMENDACIONES .....	67
CAPÍTULO VIII.....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	68
Anexos .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución latitudinalmente de los tipos de páramo en Ecuador .....	23
Figura 2. Mapa de la ubicación geográfica de la plantación de especies forestales de pino .....	34
Figura 3. Zonificación de las secciones del área de estudio .....	35
Figura 4. Mapa de ubicación de las secciones del área de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas .....	35
Figura 5. Mapa de ubicación de las secciones del área de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas .....	37
Figura 6. Preparación de la muestra y análisis físico-químico en laboratorio .....	40
Figura 7. Protocolo de medición de materia orgánica y carbono orgánico .....	42
Figura 8. Proceso para determinar la cantidad de potasio.....	44
Figura 9. Protocolo para la determinación de fósforo.....	45
Figura 10. Protocolo para la determinación de Nitrógeno.....	46
Figura 11. Triángulo de textura del suelo con las especies forestales de pino .....	50
Figura 12. Nitrógeno % de suelos con pino y sin pino. ....	55
Figura 13. Fósforo de suelo con pinos y sin pinos.....	56
Figura 14. Potasio del suelo con pinos y sin pinos .....	57
Figura 15. Materia Orgánica de suelos con pino y sin pinos. ....	58
Figura 16. Carbono Orgánico de suelos con pino y sin pino .....	59
Figura 17. pH de suelos con pino y sin pino. ....	60
Figura 18. Conductividad eléctrica en suelos con pinos y sin pinos .....	61
Figura 19. Compactación de suelos con pino y sin pino .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extensión de páramos en Sudamérica.....	24
Tabla 2. Ficha taxonómica de las especies de pinos .....	29
Tabla 3. Profundidad de las muestras de suelo en las secciones de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).....	38
Tabla 4. Ubicación georreferencial de las muestras de suelo en las secciones de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC) .....	38
Tabla 5. Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona alta de la superficie reforestada con las variedades de pino ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.....	51
Tabla 6. Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona media de la superficie reforestada con las variedades de pino ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas. ....	52
Tabla 7. Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona baja de la superficie reforestada con las variedades de pino ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.....	52
Tabla 8. Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona general sin reforestación de pinos ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.....	53
Tabla 9. Promedio a nivel de profundidad de los resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la superficie reforestada con las variedades de pinos ( <i>Pinus patula</i> y <i>Pinus radiata</i> ) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 . Lista de asistentes a la socialización de resultados de la investigación	74
Anexo 2. Oficio de satisfacción de la entrega de resultados	75
Anexo 3. Documento de oficio para el apoyo de tema de investigación	76
Anexo 4. Determinación y preparación de puntos de muestreo del suelo	77
Anexo 5. Segmentación y medición del suelo	77
Anexo 6. Medición de la Compactación del suelo	78
Anexo 7. Toma de muestras de suelo	78
Anexo 8. Preparación de muestras de suelo para el análisis en laboratorio.	79
Anexo 9. Base de Datos de la investigación	80

## RESUMEN

En el ecosistema páramo se encuentran diferentes formas de vida como flora, fauna y poblaciones humanas con sistemas culturales que contribuyen a enriquecer la biodiversidad global, en el Ecuador se tiene registrado 12.500 hectáreas de páramos las cuales están en peligro o amenazadas por varios factores que inciden en su conservación, uno de ellos es la introducción de especies forestales en estas zonas especialmente cuando se desconoce de las características de las especies forestales exóticas a introducir en los planes de reforestación. Como es el caso del Parque Nacional Cotacachi Cayapas la cual presenta un área total de 44,27 ha de plantación de pino (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) con una edad de plantación de 25 años, que se encuentran ubicadas en la Comunidad de Morochos, parroquia San Francisco del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura. Ha generado la disminución del caudal del agua para consumo humano y la pérdida de la biodiversidad como también se ha generado problemas de riesgos de incendios persistentes como el causado en el año 2015, lo cual pone en riesgo a la flora y fauna del Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

Por tal motivo se realizó la Investigación sobre el estudio de la caracterización física y química de los suelos para posteriormente el MAE junto con la comunidad de Morochos puedan plantear alternativas técnicas y jurídicas que permitan la radicación de esta plantación constituida por pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) y así poder cumplir con los requerimientos establecidos en el Código Orgánico del Ambiente. Se realizó el estudio físico- químico del suelo de la zona en estudio, donde se pudo evidenciar y comparar un suelo de un ecosistema páramo con un suelo reforestado con especies exóticas observándose un pH ácido a medida que se incrementa la profundidad del suelo, además los valores de macronutrientes como N, P y K son relativamente menores con un valor de 0,48%, 6,9 mg/l, 32 mg/l respectivamente, en comparación a un suelo de ecosistema páramo, al igual que la materia orgánica y el contenido de carbono. Se pudo manifestar que luego del análisis de caracterización físico-química de los suelos de la plantación forestal exótica de pinos afecta directamente a la estructura del suelo del ecosistema páramo.

Palabras claves: páramo, pino, suelo.

## ABSTRACT

In the páramo ecosystem there are different forms of life such as flora, fauna and human populations with cultural systems that contribute to enrich global biodiversity, in Ecuador there are 12,500 hectares of páramos registered which are in danger or threatened by various factors that influence In their conservation, one of them is the introduction of forest species in these areas, especially when the characteristics of the exotic forest species to be introduced in reforestation plans are unknown. As is the case of the Cotacachi Cayapas National Park, which has a total area of 44.27 ha of pine plantations (*Pinus patula* and *Pinus radiata*) with a plantation age of 25 years, which are located in the Community of Morochos, San Francisco parish of the Cotacachi canton of the province of Imbabura. It has generated a decrease in the flow of water for human consumption and the loss of biodiversity as well as problems of persistent fire risks such as the one caused in 2015, which puts the flora and fauna of the Cotacachi National Park at risk. Cayapas

For this reason, the investigation was carried out on the study of the physical and chemical characterization of the soils so that later the MAE together with the Morochos community could propose technical and legal alternatives that allow the establishment of this plantation constituted by pine (*Pinus radiata* and *Pinus patula*) and thus be able to comply with the requirements established in the Organic Code of the Environment. The physicochemical study of the soil in the study area was carried out, where it was possible to demonstrate and compare a soil from a páramo ecosystem with a soil reforested with exotic species, observing an acid pH as the depth of the soil increases, in addition to the Macronutrient values such as N, P and K are relatively lower with a value of 0.48%, 6.9 mg / l, 32 mg / l respectively, compared to a páramo ecosystem soil, as well as organic matter and the carbon content. It could be stated that after the analysis of the physical-chemical characterization of the soils of the exotic forest plantation of pines, it directly affects the soil structure of the páramo ecosystem.

Keywords: paramo, pine, soil.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha puesto un increíble esfuerzo para incentivar el crecimiento de la cobertura forestal, sea a través de bosques secundarios o plantaciones forestales, como resultado de varios años de trabajo y de investigación se ha incrementado más de un 40% la reforestación desde el año 1990 hasta 2005 en el mundo (Farley, 2008).

En el Ecuador las plantaciones exóticas de la especie forestal de pino empezaron a realizarse desde los años 1800, con buenos resultados para la especie (*Pinus radiata*) ya que esta crecía mejor en el ambiente ecuatoriano, especialmente en la Sierra, esta clase de pino empezó a ser plantada en grandes extensiones de terreno desde 1960 bajo varios programas de apoyo gubernamental hacia las comunidades (Farley, 2008).

El páramo es un ecosistema único en el cual habitan una diversidad de formas de vida que contribuyen a enriquecer la biodiversidad global, el cual es amenazado actualmente por varios factores que están incidiendo en su conservación.

La superficie de los páramos en el Ecuador representa el 42 % que tiene una reducida área con relación a otros biomas Neo tropicales de otros países, lo que los hace especialmente vulnerables a la intervención humana. A estos hechos se suma el bajo conocimiento que se tiene sobre los diversos ecosistemas, lo que limita desarrollar planes de manejo adecuados que conlleva a la implementación de estrategias de conservación que no sean correctas y sin fundamentos científicos. Para la conservación de los páramos es necesario diseñar planes y modelos de conservación en donde se apliquen estrategias que involucren a las comunidades locales, nacionales e internacionales.

Una visión transdisciplinaria que incluya el estudio de las relaciones ecológicas podría llevar a la comprensión de las interacciones entre las poblaciones y los ecosistemas para ser posible la conservación de estos recursos naturales (Revista Luna Azul, 2006).

Programas de forestación a nivel local y regional han fomentado la siembra de especies forestales en áreas vulnerables como se observa en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas con especies forestales coníferas, especialmente el pino (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) en una superficie considerable lo cual afecta a la calidad de suelo en las zonas de páramo, especialmente el contenido de carbono suele ser muy alto y las plantaciones forestales pueden causar una pérdida del 10% (Mena, 2008).

La biodiversidad se ve amenazada por la introducción de estas especies forestales sin un estudio de impacto ambiental. Se considera que después de la destrucción del hábitat y la fragmentación de los paisajes, la introducción de estas especies es el segundo factor asociado a la extinción de flora nativa (León, 2009).

Las acículas de pino son muy uniformes y resistentes, esta acidifica los suelos, no permite el crecimiento de microorganismos y de plantas; es así que el suelo que está cubierto en toda la superficie de toda la plantación de pino no contiene materia orgánica por causa de la absorción de humedad de las acículas de pino, afectando a los suelos de páramo por la pérdida de la retención de los humedales, por la poca disponibilidad de la formación por infiltración del agua en el suelo a vertientes naturales subterráneas (Jadán et al., 2019).

La evaluación de los impactos ambientales negativos que causan las especies exóticas en ecosistemas de páramo, permitirá diseñar planes, estrategias y acciones a corto, mediano y largo plazo para mantener la biodiversidad y con el rescate o repoblamiento de especies nativas propias en el área de incidencia de las plantaciones de especies exóticas, priorizando el análisis en el recurso suelo mediante investigaciones de caracterización, estudios edafológicos del suelo y viabilidad de protocolos para la recuperación de las áreas afectadas con este tipo de especies exóticas.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo General

Determinar el grado de influencia de impactos negativos que ejercen las plantaciones de pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) en el ecosistema Páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura, mediante análisis físicos y químicos del suelo.

#### 2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar la superficie de la especie forestal de pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) en el área de influencia del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

Evaluar por método de puntos de muestreo las características físicas químicas del suelo de las especies introducidas de pinos (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

Socializar la investigación realizada a los actores locales para la generación acciones de conservación del ecosistema del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

#### 2.3. Pregunta Directriz

Las plantaciones de pino en el ecosistema Páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas evidencian un impacto negativo en el suelo.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Definición de Suelo

La mayoría de procesos fundamentales para el desarrollo y nutrición de las plantas se da lugar en el suelo, en el cual la materia orgánica se encuentra distribuida por la tierra ya que es un factor primordial para el crecimiento de diversas plantas, gracias a la acción de diferentes microorganismos del suelo, el carbono puede ser recirculado en forma de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, así como también el nitrógeno es transformado en amonio y nitrato que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Vinueza, 2015).

El suelo desempeña importantes funciones que son de vital importancia para el soporte de la vida y el desarrollo de los organismos, además es la fuente de materiales no renovables en el mundo (Sposito 1984, UNESUR 2004).

El suelo se ha ido formando por la meteorización de las rocas, lo cual constituye la capa superior de la corteza terrestre en las que se encuentran las raíces de las diferentes especies de plantas y microorganismos, también está formado por partículas orgánicas, inorgánicas y minerales, las partículas inorgánicas se producen cuando el suelo se erosiona al contrario de las partículas orgánicas que se producen por la descomposición de microorganismos, partículas que después son transformadas en humus, todas estas partículas en conjunto con los macroorganismos favorecen al equilibrio del suelo (Vinueza, 2015).

Existen diferentes horizontes en el suelo, los cuales se pueden dividir de acuerdo a su textura, color y consistencia. Como también establecer su nombre con letras del abecedario según el horizonte, siendo estas las siguientes:

- Horizonte A: Por lo general en esta capa se encuentra la materia orgánica en abundancia y presenta colores oscuros por la presencia de humus.
- Horizonte B: En esta capa presenta la acumulación de residuos del horizonte A y presenta menos cantidad de materia orgánica a diferencia del primer horizonte.
- Horizonte C: También conocido por la roca madre erosionada y debajo de este se encuentra la roca madre denominada horizonte D (Vinueza, 2015).

### 3.2 Los Páramos

El cambio climático está afectando a diversos ecosistemas y uno de ellos es el páramo ya que posee una gran diversidad de especies de plantas y animales, es por ello que son considerados como ecosistemas frágiles con un alto índice de endemismo (Vinueza,2015).

Los páramos se encuentran generalmente sobre la cordillera de los Andes ya que son ecosistemas únicos de la franja ecuatorial a diferencia de otros páramos que se encuentran en Asia, Oceanía y África (Vega, 2016). Un aspecto que caracteriza a los páramos es su temperatura muy fría de 7 °C con una medida a 3.500 msnm (Buytaert, 2004). La precipitación anual en los páramos del Ecuador es entre 500 y 2.000 mm (Chuncho, 2019).

Por lo general en el ecosistema páramo el clima es frío y húmedo, pero este último factor en varias ocasiones no se evidencia por la alta precipitación, existen zonas donde la cantidad de lluvia por año puede llegar hasta los 3.000 mm, pero la mayoría de páramos tiene una precipitación media anual de unos 1.000 mm o menos. Por otro lado, la evaporación es muy baja en estas zonas debido al frío y la nubosidad a esta altura, lo que da como resultado un alto contenido de agua, la interacción de precipitación y

evaporación, el ecosistema páramo presenta precipitación vertical, es decir la lluvia y también precipitación horizontal que es la intercepción de la niebla (Hofstede, 2001).

La vegetación existente en los páramos constituye en pajonal (*Calamagrostis effusa*) en el cual se desarrollan algunas hierbas erectas, arbustos, hierbas en forma de rosetas terrestres, líquenes y musgos, también es importante mencionar que existen zonas de páramo en lugares protegidos. La característica que tienen en común la mayoría de las plantas del ecosistema páramo es que han desarrollado adaptaciones a las condiciones extremas ambientales principalmente el frío como por ejemplo algunas especies mantienen hojas muertas dentro de la planta para poder aislar sus partes más vulnerables, como es el caso de la especie el frailejón (*Espeletia pycnophylla*). Las mediciones de temperatura han mostrado que en un ambiente donde en la mitad de la noche la temperatura del aire baja varios grados bajo cero, en la base de un penacho de paja nunca se encontrarán temperaturas de congelación (Hofstede, 2001).

Debido a la diversidad de climas y a un gran rango de altitudes, los Andes ecuatorianos forman la región con mayor diversidad de plantas en el Ecuador, uno de los factores importantes de este ecosistema es la humedad alta debido a la complejidad geomorfológica, a los diferentes tipos de suelo y al efecto de las masas de aire del Atlántico que chocan con los extremos occidentales y orientales de las cordilleras andinas (Calero, 2016).

En Ecuador los páramos se extienden al norte sobre la Cordillera de los Andes, al norte limita con Colombia y al sur con Perú, lo que la posiciona como la Cordillera Oriental con mayor extensión de páramo ya que la Cordillera Occidental es más interrumpida ocupando de superficie  $12.500 \text{ km}^2$  y de extensión  $1'337'119 \text{ ha}$  lo que quiere decir que corresponde al 6 % del territorio nacional (Beltrán et al., 2009).

El ecosistema páramo es considerado una zona productiva e importante debido a sus funciones naturales, ya que es el resultado de varios servicios ecosistémicos como por

ejemplo la capacidad de regular los flujos hídricos tanto superficiales como subterráneos (Aguirre y Torres, 2014).

En el Ecuador los páramos cubren el 6 % del territorio nacional en el cual se desarrollan varias comunidades que les brinda servicios ambientales debido a sus características ecológicas, pero varias acciones antrópicas como el sobrepastoreo, quemas, forestación con especies introducidas exóticas, incremento de la frontera agrícola están afectando directamente a este importante ecosistema (Carúa et al., 2008).

Por lo general los suelos de páramo son de color negro y orgánicos, ya que la mayoría son de origen volcánico tienen un gran potencial para las actividades agrícolas. Sin embargo, las bajas temperaturas de estas zonas hacen que el suelo mantenga la acidez por causa de la presencia de materia orgánica que difícilmente se descompone y no es aprovechable para la planta. (González, 2016). Los páramos del Ecuador se pueden dividir latitudinalmente, como se indica en la siguiente figura:

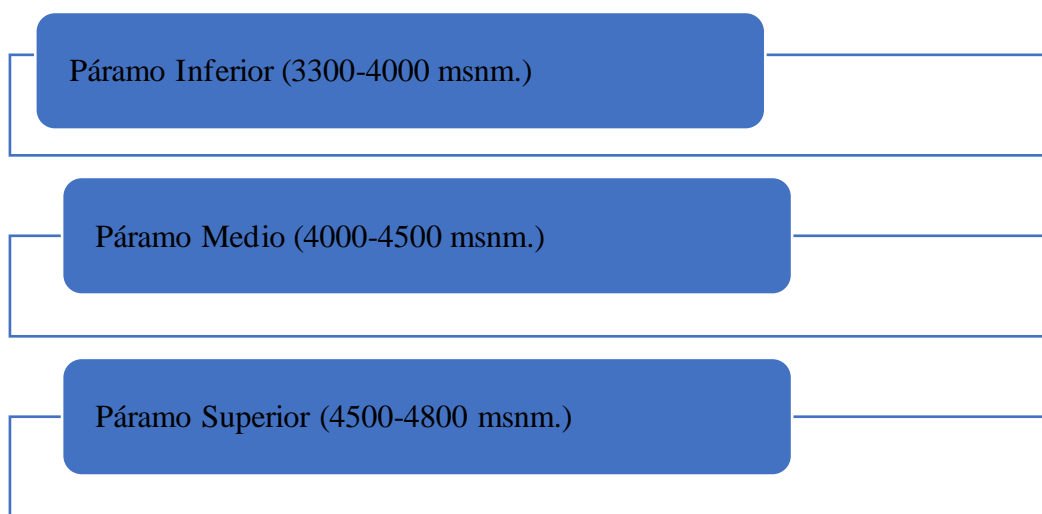


Figura 1. Distribución latitudinalmente de los tipos de páramo en Ecuador. Fuente: (Camacho, 2013).

### 3.3 Distribución y Extensión de los ecosistemas de Páramo

Se encuentran distribuidos los páramos sudamericanos desde la cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de Huancabamba en Perú. Ecuador tiene un área de 12.500  $km^2$  correspondientes al 6 % del área total del país y al 41,27% del área total de páramos en Sudamérica por lo que indica que es el país con mayor número de porcentaje de páramos de la región (González, 2016).

Tabla 1.

#### *Extensión de páramos en Sudamérica*

País	Superficie de Páramos ( $km^2$ )	Porcentaje con respecto a Sudamérica
Ecuador	12.500	41,27 %
Colombia	14.434	47,65 %
Venezuela	2.398	7,91 %
Perú	953	3,14 %
TOTAL	30.286	100 %

**Nota:** Fuente: (González, 2016).

### 3.4 Importancia de los Páramos

Los páramos cumplen varias funciones como son:

- Poseen valor científico y ecológico debido a la diversidad de flora y fauna que se puede encontrar, además su belleza escénica, es decir la vista que ofrece es única

- Dentro de los páramos se puede desempeñar papeles como son la producción agrícola, pecuaria y también forestal para su aprovechamiento y también como un factor económico para quienes habitan dentro de él.
- Se debe mencionar que una de sus principales funciones es mantener la regulación del agua, la cual llega a usarse para el consumo humano y actividades agrícolas (Camacho, 2013).

### 3.5 Los efectos Biofísicos de las plantaciones forestales exóticas.

La mayoría de programas forestales en el Ecuador se enfocan en objetivos económicos, como la producción de madera para su comercialización interna o exportación, siendo importante la producción de bienes y servicios, con la mayoría de la atención enfocada en factores económicos y sociopolíticos, los efectos biofísicos de las plantaciones forestales son los siguientes:

- Mejoramiento de la calidad del suelo
- Mejoramiento de la calidad del agua
- Protección de cuencas hidrográficas
- Secuestro de carbono.

Es importante establecer hasta qué grado estas expectativas están acordes con la realidad y el tipo de entorno que las plantaciones forestales requieren para que se puedan desarrollar de la mejor manera, esto es esencial para entender si las plantaciones realmente contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

En el Ecuador no existen muchas evidencias que demuestran que estos objetivos hayan sido logrados ya que al ser un país subdesarrollado hace falta estudios previos de factibilidad para poder introducir plantaciones forestales a un medio externo (Farley, 2008).

### 3.6 Afectaciones de Especies exóticas

Los impactos ambientales provocados por las plantaciones de especies exóticas como el pino que se encuentran presentes en un páramo, pueden afectar a todos los ecosistemas y a sus componentes. El impacto ecológico es toda afectación negativa hacia un medio biótico, esto como consecuencia de estas plantaciones, de igual manera se ven afectados determinados factores abióticos, que inciden directamente sobre el medio biótico de un ecosistema (Calero, 2016).

Las especies invasoras de plantas y animales son una de las principales barreras a la regeneración natural y a la restauración ecológica. Actualmente cualquier investigación ecológica de conservación, manejo de ecosistemas se encuentra con este problema. Muchas áreas de protección, conservación, como las reservas ecológicas y parques naturales tienen el grave problema de la presencia de especies invasoras. Áreas que fueron declaradas como reservas hace varios años, actualmente están invadidas y es muy difícil su erradicación. Los proyectos de restauración ecológica, necesariamente chocan con el problema de las invasiones de especies exóticas, convirtiéndose en unos de los principales retos a superar (León, 2009).

### 3.7 Parque Nacional Cotacachi- Cayapas

Se encuentra en la región del Chocó Biogeográfico en el noroccidente del Ecuador, en las provincias de Esmeraldas e Imbabura. Cubre una superficie de 260.961 ha, en un rango altitudinal comprendido entre 3.700 msnm sobre el nivel del mar, en las riberas del río San Miguel, y 4.895 msnm, en el volcán Cotacachi.

El Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC) es una de las áreas de mayor riqueza florística y faunística del Ecuador, debido principalmente a su excepcional variedad de ecosistemas. La mayor parte del parque se ubica en la Biorregión o provincia Biótica del Chocó, una de las zonas más importantes para la conservación del mundo. Además, en el caso de las aves incluye un número considerable de especies que

representan otros centros de endemismo como son Andes Centrales del norte, Páramo de los Andes Centrales y Tumbesina.

Sus límites se encuentran en territorio local, específicamente en 2 provincias (Imbabura y Esmeraldas), 5 cantones y 18 parroquias. Si se suma la zona de amortiguamiento del Parque, el área incluye a 2 provincias, 6 cantones y 25 parroquias (MAE, 2019).

Las personas cercanas al páramo además de beneficiarse del recurso agua, realizan agricultura, ganadería, siembra de especies exóticas, que son perjudiciales y causan transformaciones bruscas en los ambientes naturales. Sin embargo, la degradación del ecosistema no solo viene dada por factores antrópicos, sino además por factores naturales que han causado estas perturbaciones (Aguirre et al., 2013).

La zona a ser evaluada es en la comunidad de Morochos que se encuentra dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas de la provincia de Imbabura, de acuerdo a la clasificación vegetal por (Sierra, 1999) el área a ser analizada pertenece a la formación vegetal Páramo herbáceo ya que posee vegetación de pajonal por (*Calamagrostis intermedia*) y gramíneas como (*Agrostis breviculmis*) (Puente et al., 2019).

### 3.8 Impactos Negativos de la especie forestal exótica pino (*Pinus patula* y *Pinus radiata*)

Las especies forestales empleadas en la reforestación de los páramos suelen ser especialmente el pino insigne (*Pinus radiata*) y el pino colorado (*Pinus patula*). Pero durante el crecimiento de estas especies exóticas, sus individuos tienden a consumir mucha agua, reduciendo el rendimiento hídrico del suelo, dando como resultado la desecación de éste, lo que lo hace menos fértil, debido a un menor contenido de materia orgánica, en comparación con el suelo del páramo conservado (Hofstede et al., 2002).

Las especies (*Pinus patula* y *Pinus radiata*), que se encuentran en la zona de estudio causan daños al ecosistema ya que presentan varios efectos nocivos al ecosistema

natural, uno de ellos es la ausencia de vegetación propia de la zona, pero aún más importantes son los efectos durante el crecimiento de la plantación ya que consumen mucha agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente deshidrata el suelo y pérdida de fertilidad por la acidez de las acículas de pino que son difíciles de degradar.

El efecto directo de la plantación de la especie forestal del pino sobre la fertilidad del suelo puede causar menor actividad biológica y bajo crecimiento de sotobosque. Las razones para esto son la falta de luz, más que todo en plantaciones densas sin manejo donde las copas de los pinos no dejan pasar la luz al suelo, y la gran producción de hojarasca que queda casi sin descomposición en el suelo ahoga a la vegetación del sotobosque (MAE, 2019).

Algunos estudios realizados muestran que las plantaciones de pinos en páramos tienen una evapotranspiración mayor y una escorrentía superficial menor, en comparación con el páramo con planes de conservación, los autores después del análisis de 94 estudios de cuencas comparativas concluyeron que los bosques de pino, causan una reducción de 40 mm en el rendimiento hídrico y una reducción del 10% de cobertura vegetal natural (Bosch y Hewlett, 1982). Se debe mencionar que se podría mejorar los suelos con plantaciones de pino cuando haya existido un disturbio muy marcado sobre la textura y estructura normal del suelo, es decir suelos erosionados y extremadamente pobres en materia orgánica (Vidal, 1999).

### 3.9 El Pino (*Pinus patula* y *Pinus radiata*)

En el área de estudio se encuentran dos especies de pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*), el área de distribución de estas especies en general es en climas subtropicales húmedos, en regiones cálidas o frescas, en donde presentan las precipitaciones entre 500 y 2000 mm por año y una altitud de 1.500 a 3.100 msnm. Estas especies de pinos crecen comúnmente en terrenos con la topografía plana o con pendientes moderadas en suelos ácidos con un pH 4,5 a 5,5. Los principales requerimientos en lo que se debe a su

alimentación están relacionados con el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio (León y Suarez, 1998).

Tabla 2.

*Ficha taxonómica de las especies de pinos*

---

**Ficha Taxonómica de la especie *Pinus radiata***

---

<b>FAMILIA</b>	<i>Pinaceae</i>
<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Pinus radiata</i>
<b>NOMBRE COMÚN</b>	Pino
<b>DESCRIPCIÓN BOTÁNICA</b>	
<b>TRONCO</b>	Cónico y recto, árbol que alcanza hasta 60 m de altura y 100 cm de diámetro.
<b>CORTEZA</b>	Externa café agrietado; corteza interna crema-rosáceo, segrega una resina transparente.
<b>HOJAS</b>	Aciculares en fascículos de tres
<b>FLORES</b>	Masculinas con estambres peltados, las femeninas se encuentran en conos o estróbilos
<b>FRUTOS</b>	Cono o estróbilo leñoso, grande parecido a una piña.
<b>SEMILLAS</b>	Aladas
<b>CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS - CLIMÁTICAS</b>	
<b>ALTITUD</b>	1.800 – 3.500 msnm.
<b>PRECIPITACIÓN</b>	800 – 1.300 mm.
<b>TEMPERATURA</b>	11 – 17 °C
<b>FACTORES EDÁFICOS</b>	Franco-arenoso, bien drenado, con pH neutro a ligeramente ácido, exigente en Fósforo, Boro y Zinc
<b>TURNOS</b>	22 años

---

Continuación tabla 2

---

**Ficha Taxonómica de la especie *Pinus patula***

---

<b>FAMILIA</b>	Pinaceae
<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Pinus patula</i>
<b>NOMBRE COMÚN</b>	Pino
<b>DESCRIPCIÓN BOTÁNICA</b>	
<b>TRONCO</b>	Recto y cilíndrico, pueden alcanzar de 20 a 40 m de altura y 40 a 150 cm de diámetro
<b>CORTEZA</b>	Papirácea, escamosa y de color rojizo en la parte superior del tallo y en las ramas
<b>HOJAS</b>	Aciculares en fascículos de tres y a veces de 4
<b>FLORES</b>	Son inflorescencias, de color anaranjado.
<b>FRUTOS</b>	Son cónicos de 7 a 9 cm de diámetro.
<b>SEMILLAS</b>	Aladas
<b>CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS - CLIMÁTICAS</b>	
<b>ALTITUD</b>	1.400 – 3.200 msnm
<b>PRECIPITACIÓN</b>	700 – 1.200 mm
<b>TEMPERATURA</b>	12 – 18 °C
<b>FACTORES EDÁFICOS</b>	Franco-arenoso, francos arcillosos y bien drenados, con pH neutro o ligeramente ácidos.
<b>TURNOS</b>	15- 25 años

---

**Nota:** Fuente: (MAE, 2017).

Las especies forestales como el pino están siendo incluidas como parte del ecosistema páramo sin considerar la afectación que estos pueden causar al entorno natural, que en su mayoría son a fuentes hídricas y laderas (Ramírez, 2021). Estas especies invasoras poseen características que les ayudan a tener éxito debido a los estados

reproductivos más rápidos, la velocidad de crecimiento, mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes esenciales y principalmente la flexibilidad por las variaciones de condiciones ambientales (Sher y Hyatt, 1999).

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

##### 4.1.1. Materiales utilizados en campo

- GPS de precisión.
- Estacas de madera de 30 cm.
- Bolsas de recolección de muestras de suelo.
- Flexómetro.
- Pala, sacabocado, azadón.
- Penetrómetro.

##### 4.1.2. Materiales utilizados en laboratorio

- Balanza gramera.
- Vasos de precipitación.
- Agitadores magnéticos.
- Papel filtro.
- Agua destilada.
- Potenciómetro.
- Tamiz de 2 mm.
- Mufla.
- Desecador.
- Crisoles.
- Pipetas.
- Fotómetro.
- Kit del test de cubetas de Potasio del sistema Spectroquant de Merck.
- Kit de fosfatos del sistema Spectroquant de Merck.
- Kit de test en cubetas de nitrógeno del sistema Spectroquant de Merck.

## 4.2. Generalidades

### 4.2.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

La plantación de especies (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) se encuentran ubicados en la Comunidad de Morochos, parroquia San Francisco del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura, correspondiente a un área total de 44,27 ha. (Ver figura 2.)

### 4.2.2 Límites de la zona de estudio

- Norte: Terrenos comunales de Morales Chupa.
- Sur: Terrenos comunales de Cumbas.
- Este: Terrenos particulares de los comuneros de Morochos.
- Oeste: Parque Nacional Cotacachi Cayapas (Ayovi et al., 2019).

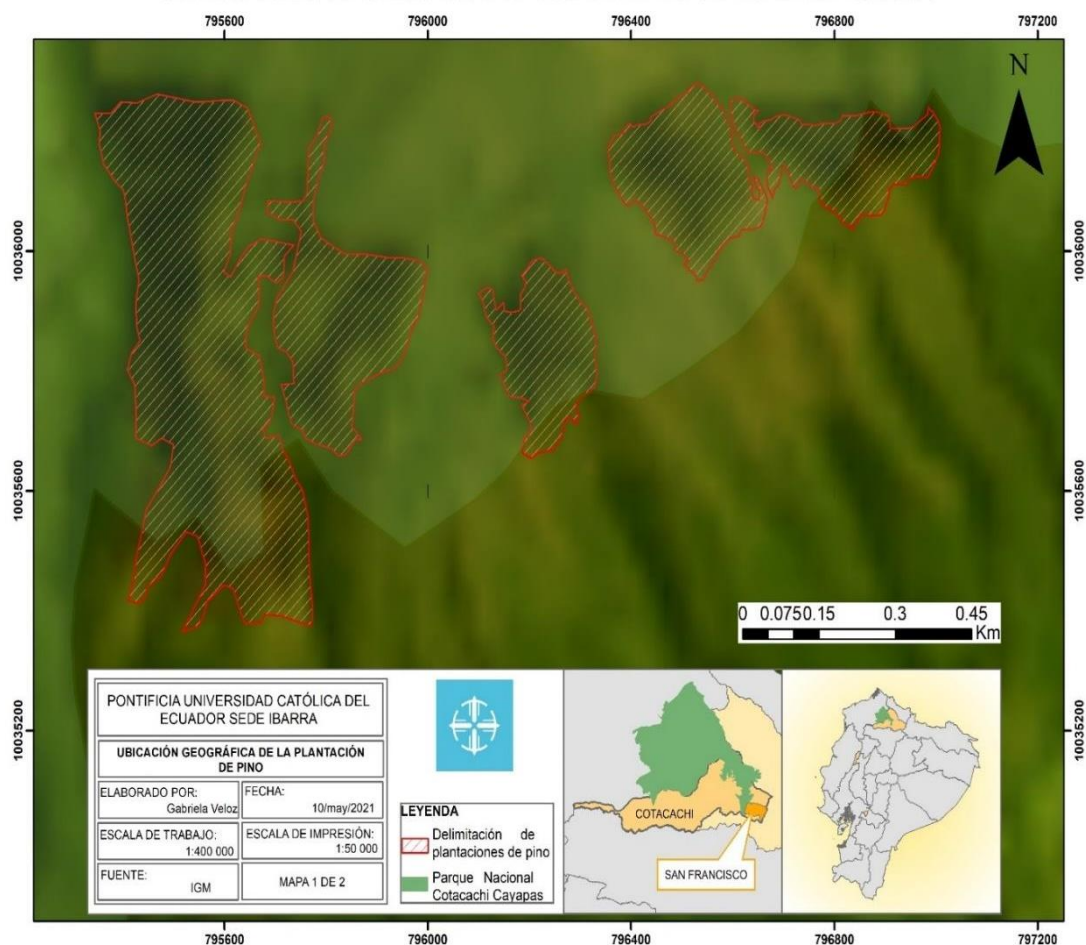


Figura 2. Mapa de la ubicación geográfica de la plantación de especies forestales de pino. Elaborado por: El autor.

Es importante mencionar que la mayoría de plantaciones de pinos se encuentra ubicado en el interior del Parque Nacional Cotacachi Cayapas con 37,48 ha, mientras que 6,79 ha de plantaciones se encuentran ubicados en la parte externa del Parque. Dando un total de 44,27 ha de pino (*Pinus patula* y *Pinus radiata*).

#### 4.2.3 Zonificación del área de estudio

La zona de estudio considerada para la caracterización de los puntos de muestreo fue la de mayor extensión de la plantación de pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) siendo esta una superficie de 22,25 ha, que se encuentran en la parte interna del Parque Nacional

Cotacachi Cayapas (Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC)), de igual manera se dividió para el estudio en tres secciones, siendo estas la siguientes, zona alta, zona media y zona baja.

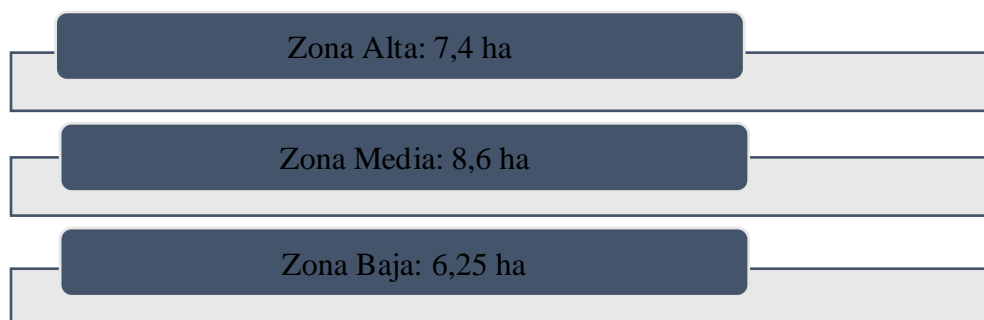


Figura 3. Zonificación de las secciones del área de estudio. Elaborado por: El autor

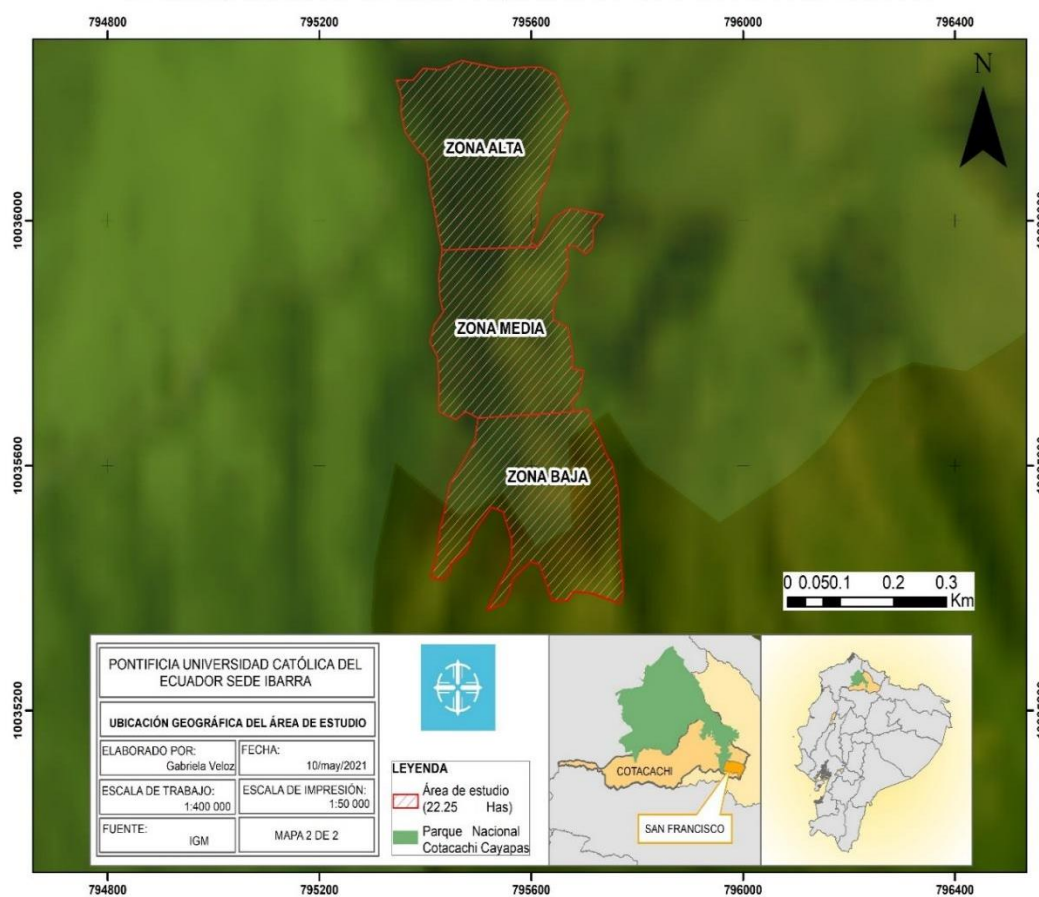


Figura 4. Mapa de ubicación de las secciones del área de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas. Elaborado por: El Autor.

### 4.3. Métodos

#### 4.3.1. Toma de muestras de suelo

En la investigación se procedió a realizar el trabajo en campo con varias visitas programadas al área de estudio, en donde se georreferenciaron los puntos de toma de muestras de suelos con el apoyo de un GPS de precisión.

Se realizó el proceso de muestreo de suelo en las áreas con presencia de especies endémicas como el pajonal para comparar con el suelo del área que contiene las especies forestales exóticas de pino en estudio.

(Carúa et al., 2008) Realizó la investigación de suelo de páramo en el cantón Mejía, Pichincha, Ecuador, realizando diferentes cuadrantes, con nueve muestras por sesión, además indica que para un mejor resultado es preferible tomar la muestra de suelo a diferentes profundidades, es por esta razón que la caracterización del área de estudio en donde se realizó el muestreo del suelo se dividió en tres secciones, zona alta, media y baja de la superficie de las 22,2 ha, en cada zona se tomó 9 muestras de suelo y se realizaron 3 cuadrantes de 5 metros de largo y 5 metros de ancho. En el primer cuadrante se tomaron 3 muestras al azar a una profundidad de 0-20 cm para luego homogenizar y obtener una muestra de suelo representativa, en el segundo cuadrante de igual manera se tomaron 3 muestras al azar a una profundidad de 20-40 cm y en el tercer cuadrante se repite el mismo proceso, pero a una profundidad de 40-60 cm. Las profundidades fueron seleccionadas con el objetivo de obtener y evaluar de mejor manera las muestras de suelo.

Esto se realizó por cada sección de estudio, luego se homogeneizó las muestras de las tres secciones para obtener la muestra general del área seleccionada para el estudio, según la metodología propuesta por Sosa (2012).

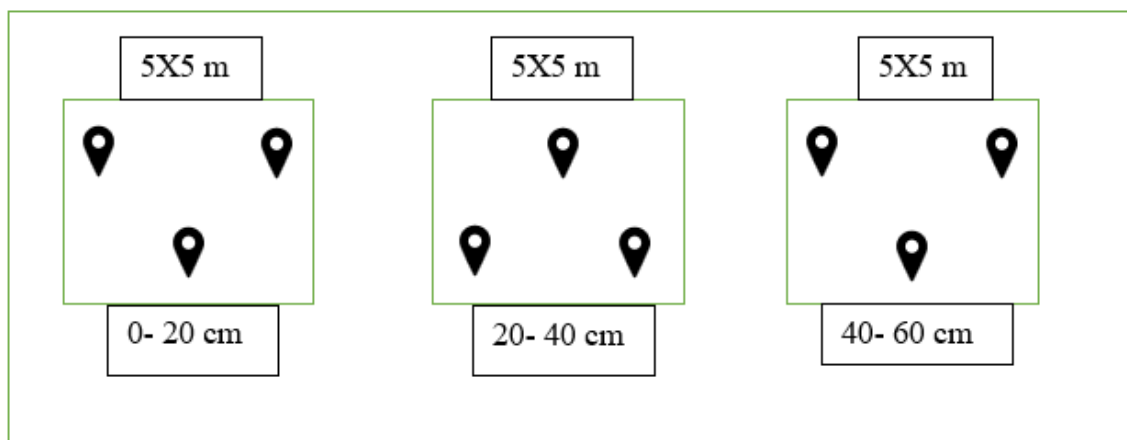


Figura 5. Mapa de ubicación de las secciones del área de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

Elaborado por: El autor

Para el análisis de suelo en el laboratorio de química de la PUCE-SI se utilizó 500 g de suelo según Mendoza y Espinoza (2017). Indica que es preferible llevar esa cantidad a laboratorio para analizarla, la muestra fue obtenida en el área reforestada por los miembros de la comunidad de Morocho con apoyo del Ministerio del Ambiente y Agua, con la especie forestal introducida (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) correspondiente a las 22,2 ha, de esta muestra de suelo se utilizó 250 g para la caracterización de las propiedades química y físicas, en donde se realizaron 2 repeticiones por cada análisis con la finalidad de minimizar el margen de error, y obtener un resultado confiable.

Se consideró para el transporte de la muestra de suelo al laboratorio de química de la PUCE-SI el uso de fundas plásticas debidamente identificadas con los datos de la ubicación del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, de igual manera se considera la recomendación realizada por Mendoza y Espinoza (2017). Donde se dejó un radio de 50 cm alrededor del árbol para tomar la muestra de suelo en áreas con plantas forestales.

Tabla 3.

*Profundidad de las muestras de suelo en las secciones de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).*

<b>Muestra</b>	<b>Profundidad (cm)</b>
<b>M1</b>	0-20
<b>M2</b>	20-40
<b>M3</b>	40-60

*Nota:* Elaborado por: El autor

Tabla 4.

*Ubicación georreferencial de las muestras de suelo en las secciones de estudio Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC)*

<b>Zona</b>	<b>Muestra</b>	<b>Coordenadas UTM (Grados Decimales DD)</b>
<b>Alta- 3788 msnm</b>	M1	0,327431, -78,345896
	M2	0,327214, -78,345073
	M3	0,327138, -78,344199
<b>Media- 3754 msnm</b>	M1	0,325829, -78,345653
	M2	0,325723, -78,345152
	M3	0,325802, -78,344605
<b>Baja- 3726 msnm</b>	M1	0,324768, -78,345544
	M2	0,324360, -78,345077
	M3	0,323479, -78,344955
<b>Sin pinos 3758 msnm</b>	M1	0,324652, -78,346796
	M2	0,324620, -78,346560
	M3	0,324644, -78,346206

*Nota:* Elaborado por: El autor

#### 4.3.2. Parámetros físico-químicos de los suelos analizados Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).

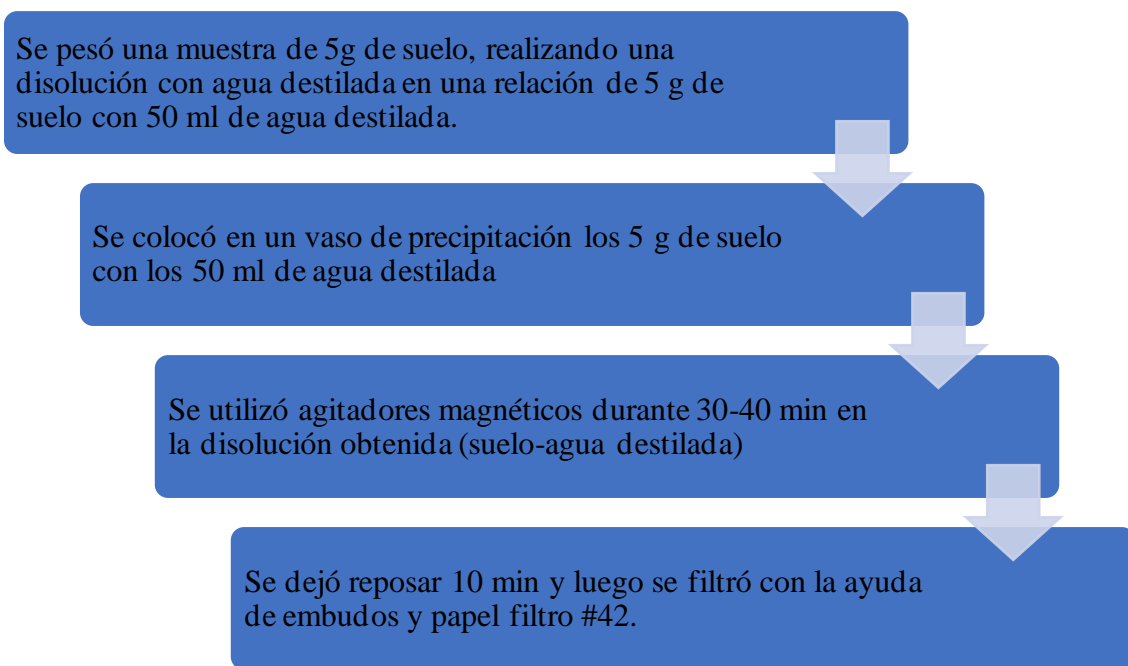
Para el análisis se tomó en cuenta en primer lugar el área de influencia del bosque de pinos ubicado en la comunidad de Morochos y Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC) correspondiente a una superficie a 22,2 ha. Posteriormente se analizó la muestra de suelo en donde se determinaron los diferentes factores físico-químicos como el: pH, compactación, cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono, materia orgánica, conductividad eléctrica, textura, estructura y porosidad del suelo.

Cabe mencionar que se analizó estos datos en las tres profundidades del suelo consideradas en el estudio.

#### 4.3.3. Preparación de la muestra y análisis físico-químico en laboratorio.

La muestra de suelo se homogeneizó mediante un tamiz fino de 2 mm para luego pesarla y determinar los análisis requeridos en el estudio.

En el caso del pH, cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, conductividad eléctrica se preparó la muestra de la siguiente manera.



*Figura 6.* Preparación de la muestra y análisis físico-químico en laboratorio. Fuente: (Fernández et al., 2006).

#### 4.3.4. pH del suelo.

La medición del pH es un parámetro donde se da a conocer las características del suelo en el caso si es ácido o alcalino, el pH se relaciona mucho con la disponibilidad de los nutrientes o con la toxicidad que puedan producir en el suelo. La escala de medición del pH está entre 0,0 a 14,0, si este indicador se encuentra entre los rangos establecidos según el tipo de suelo permite que la mayoría de los nutrientes mantienen su máxima disponibilidad, por debajo de dicho rango se pueden presentar problemas de deficiencias de macronutrientes esenciales. Por eso el pH hace que sea el principal criterio con respecto a la dinámica de los nutrientes que serán absorbidos por las raíces de las plantas. (Intagri, 2018).

Se utilizó el potenciómetro que se calibró previamente, a través de los electrodos que se inserta dentro de la solución antes preparada con el agua destilada y la muestra de suelo, se espera que el equipo se estabilice hasta un valor constante para poder leer el

resultado obtenido. Es importante lavar los electrodos con agua destilada para la siguiente toma de lecturas. (Bazán, 2017).

#### 4.3.5. Compactación del suelo

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él.

Para este análisis se utilizó un equipo de medición denominado penetrómetro, el cual ayuda a medir el nivel de compactación que posee el suelo, las unidades que determinan el grado de compactación son determinadas en psi.

Se ubica la punta del penetrómetro en el suelo a ser evaluado, con la ayuda de los mangos laterales superiores se introduce el equipo, de tal manera que al hacer presión la flecha de medición suba y se obtenga un resultado, si el valor obtenido en la lectura es bajo significa que existe el suficiente oxígeno para la planta, el paso del agua y el crecimiento de las raíces es de mejor manera. Esta medición se realiza en la superficie del suelo ubicado en los puntos georreferenciados del área de la sección de estudio. (Pioneer, 2015).

#### 4.3.6. Determinación de la cantidad de materia orgánica y carbono orgánico

La materia orgánica es la fracción del suelo que incluye residuos vegetales y animales que se encuentran en diferentes estados de descomposición; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por los diferentes tipos de organismos. En esta fracción incluye a materiales muy poco alterados o descompuestos y por otro lado aquellos que sí han sufrido un cambio en su estructura. Por las actividades antrópicas también se puede identificar grandes o pequeñas cantidades de tóxicos que afectan a la estabilidad y estructura del suelo (Fernández et al., 2006).

Para determinar la materia orgánica y la cantidad de carbono orgánico se utilizó el método por calcinación que es un método estandarizado, este proceso permitió determinar el contenido total de materia orgánica que posee la muestra de suelo, con este método se observa valores altos en el contenido de materia orgánica debido a que se volatiliza todas las formas de carbono orgánico en la muestra, la combustión de materia orgánica de suelo a CO<sub>2</sub> es medida por medio de diferencia de pesos. (Bazán, 2017)

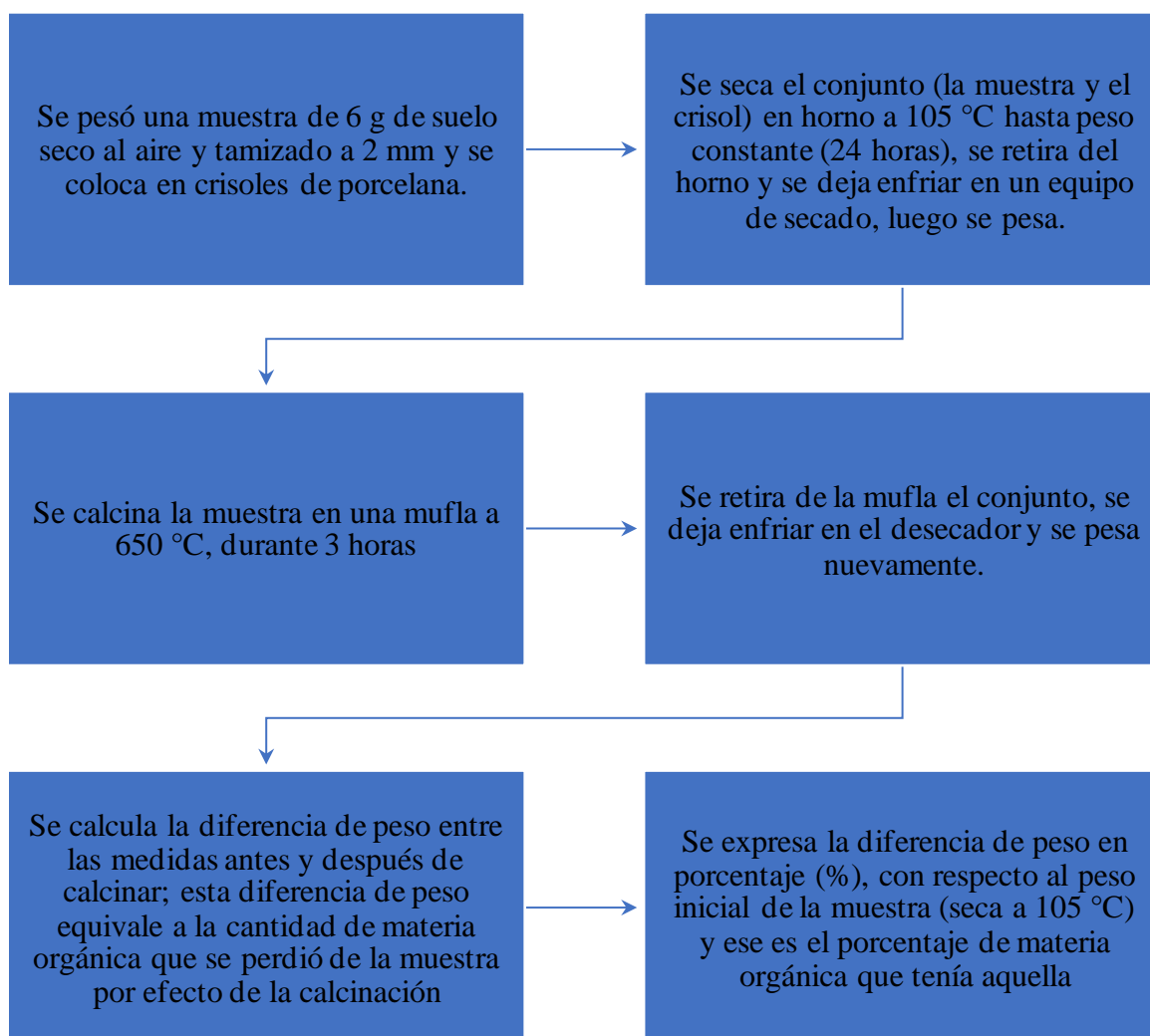


Figura 7. Protocolo de medición de materia orgánica y carbono orgánico. Fuente: (Bazán, 2017)

Fórmula de cálculo de porcentaje de calcinación según (Bazán, 2017).

$$\text{Pérdida por calcinación \%} = \frac{a - b}{a - c} \times 100 \%$$

Donde:

a= Peso inicial de la muestra (g) del suelo seco a 105 °C

b= Peso de la muestra (g) del suelo calcinado a 650 °C

c= Peso (g) del crisol tarado.

Fórmula de cálculo de porcentaje de carbono orgánico según (Bazán, 2017)

$$\text{Carbono orgánico \%} = \frac{M.O. \%}{1,724}$$

Donde:

M.O. = Porcentaje de materia orgánica que se obtuvo anteriormente.

1,724 = Constante.

#### 4.3.7. Determinación de la cantidad de Potasio (mg/l)

Después de haber realizado las disoluciones antes mencionadas en la muestra de suelo y haber agitado constantemente durante 30 min. Según el método fotométrico 1.00615 del test de cubetas de Potasio del sistema Spectroquant de Merck, se realizó lo siguiente.

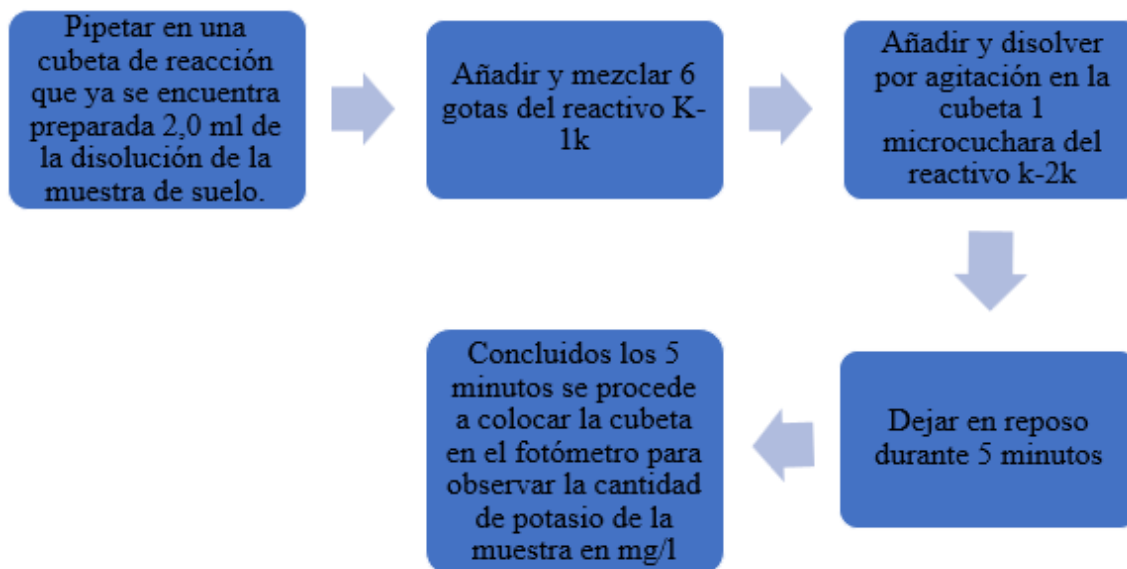


Figura 8. Proceso para determinar la cantidad de potasio. Fuente: (Merck KGaA, 2014).

Es importante mencionar que todos estos reactivos que son utilizados para la cuantificación del potasio se encuentran en el kit del test de cubetas Potasio.

#### 4.3.8. Determinación de la cantidad de Fósforo (mg/l)

Después de haber realizado las disoluciones antes mencionadas en la muestra de suelo y haber agitado constantemente durante 30 min. Según el método fotométrico 1.00798 del test de fosfatos del sistema Spectroquant de Merck, se realizó lo siguiente:

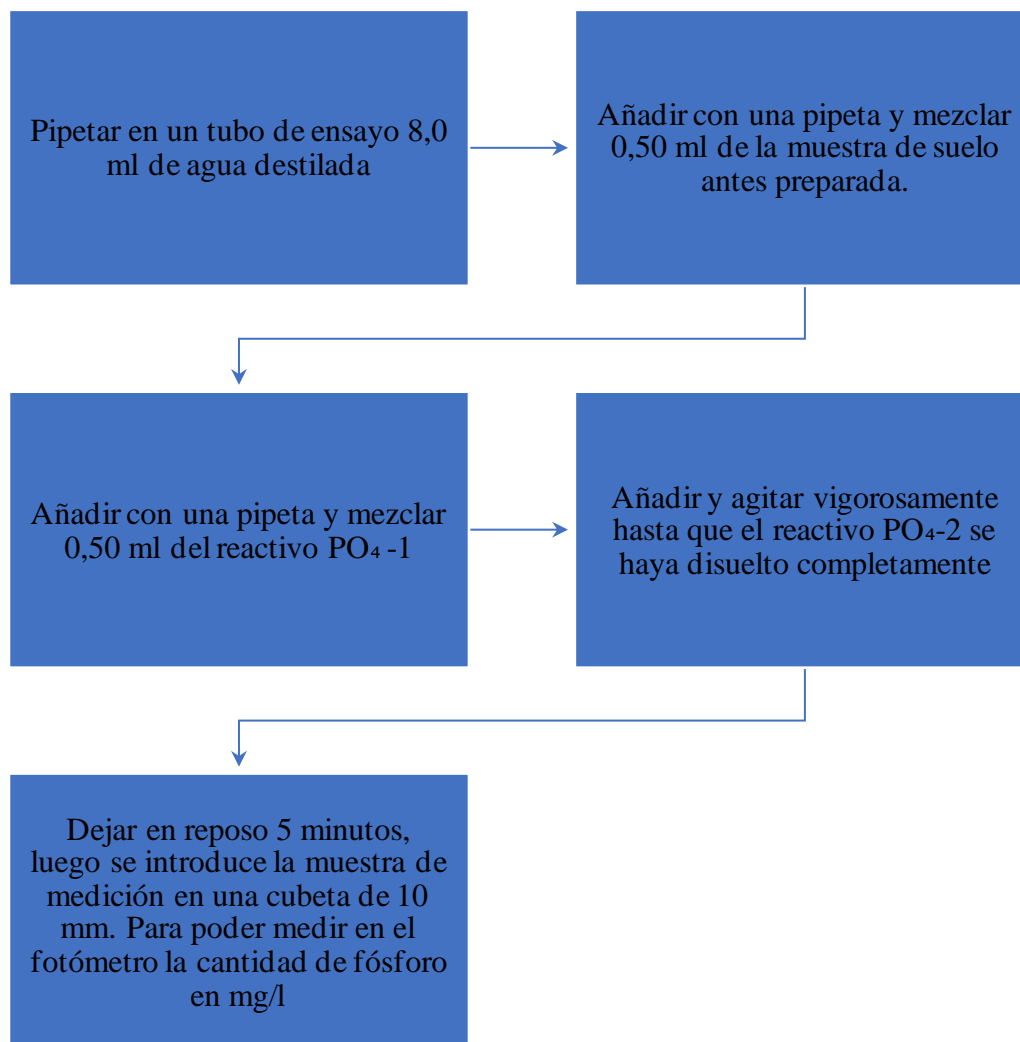


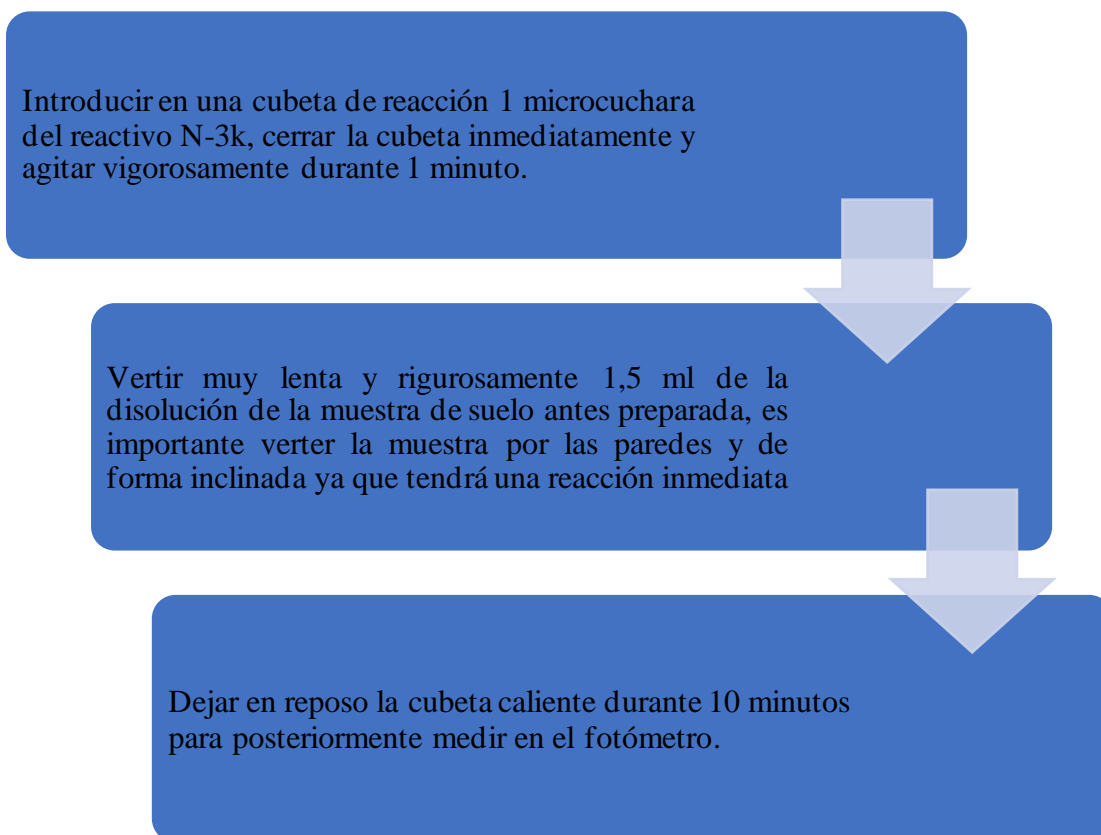
Figura 9. Protocolo para la determinación de fósforo. Fuente: (Merck KGaA, 2016).

Es importante mencionar que todos estos reactivos que son utilizados para la cuantificación del fósforo se encuentran en el kit del test de fosfatos.

#### 4.3.9. Determinación de la cantidad de Nitrógeno (%)

Después de haber realizado las disoluciones antes mencionadas en la muestra de suelo y haber agitado constantemente durante 30 min. Según el método fotométrico

1.14537 del test en cubetas de nitrógeno total del sistema Spectroquant de Merck, se realizó lo siguiente:



*Figura 10.* Protocolo para la determinación de Nitrógeno. Fuente: (Merck KGaA, 2016).

Es importante mencionar que todos estos reactivos que son utilizados para la cuantificación del nitrógeno se encuentran en el kit del test en cubetas de nitrógeno total.

#### 4.3.10. Determinación de la Conductividad Eléctrica (dS/m)

El concepto de salinidad se refiere a la presencia de solutos inorgánicos disueltos en agua, estas sales disueltas en el suelo son cuantificadas a partir de la conductividad eléctrica.

Después de haber realizado la disolución de la muestra en agua destilada, se procedió a insertar los electrodos del conductímetro previamente calibrado, la lectura del resultado se tomó cuando en el equipo no presentó variaciones en el resultado. Las lecturas se registraron en deciSiemens por metro (dS/m) según la metodología propuesta por Bazán (2017).

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Resultados

##### 5.1.1 Resultado 1.

Caracterización del área de influencia de la superficie de la especie forestal de pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

Se realizó la georreferenciación y se obtuvo un área total de las cuatro zonas reforestadas con la especie forestal exótica de pinos en la comunidad de Morochos, Parque Nacional Cotacachi Cayapas determinándose un total 44 hectáreas, en donde se pudo constatar visualmente que la plantación forestal se encuentra deteriorada, de igual manera se pudo apreciar las evidencias causadas por incendios forestales producidos en el año 2015 según testimonio de los miembros de la comunidad, en donde se constató que la mayoría de los árboles fueron afectados, lo cual produce un deterioro, por lo que la madera de esta especie forestal no se pudo aprovechar, de igual manera en el diagnóstico realizado en el área de estudio se pudo observar un área de bosque de pinos que se encuentra en buenas condiciones las cuales han sido consideradas para investigación siendo esta una superficie de 22,2 ha, a esta se la dividió en 3 secciones, alta, media y baja, con pisos altitudinales desde 3.700 hasta los 4.600 m.s.n.m.

Según la investigación realizada por la Universidad Técnica del Norte en convenio con el MAE (Ayovi et al., 2019) en donde se realizaron estudios en las plantaciones de pinos de la zona cuyos resultados presentaron la existencia de problemas físicos en los árboles debido a las quemaduras del incendio ocurrido hace 6 años, el fuste de los árboles

presenta mala calidad y su diámetro es relativamente menor, algunos individuos presentan fisuras y los árboles de mayor altura está a punto de caer.

En la caracterización de las 22 ha segmentadas para el estudio se pudo determinar también los siguientes datos:

- Distancia de siembra: la distancia entre líneas de siembra es de unos 3m y la distancia entre cada árbol de pino es de 3,5 m
- Densidad de siembra: Aproximadamente la densidad de siembra es de 850 árboles de pino por hectárea, dando un total de 37400 árboles.
- Diámetro promedio: El diámetro de las plantaciones de pino a la altura del pecho varía entre 12 cm y 40 cm, por lo que se establece un diámetro promedio de 26 cm.

#### 5.1.1.1 Caracterización del suelo del área segmentada para el estudio

En la presente investigación se pudo determinar que el suelo posee una estructura granular con una textura franco arenosa, lo cual constata la investigación realizada por la Universidad Técnica del Norte en convenio con el MAE (Ayovi et al., 2019), en donde la estructura del suelo en las tres zonas (alta, media y baja) posee un 62 % de arena, 18 % de arcilla y un 20 % de limo, como se puede observar en la siguiente ilustración.

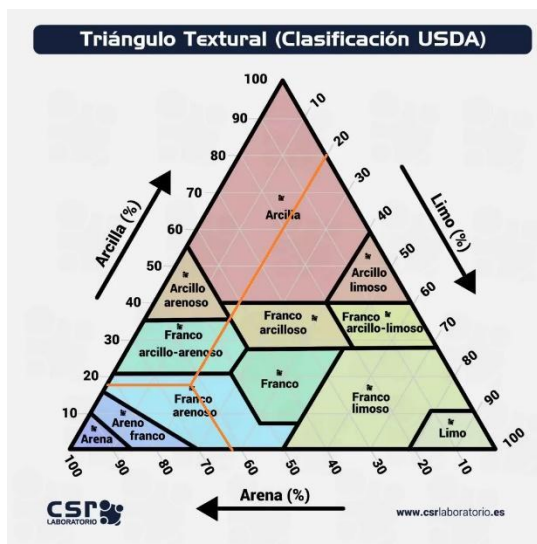


Figura 11. Triángulo de textura del suelo con las especies forestales de pino. Fuente: (Universidad Internacional de Riego, 2019).

Con lo cual permite a este trabajo de investigación determinar las siguientes características:

Densidad real: 2,65 g/cm<sup>3</sup> (Fuentes, 2003)

Densidad aparente: 1,40 g/cm<sup>3</sup> (Fuentes, 2003)

Porosidad:  $((\text{densidad real} - \text{densidad aparente}) / \text{densidad real}) * 100$

Porosidad = 47%.

Como resultado se obtiene un suelo con el 47% de porosidad, esto se debe a que en la superficie del suelo no existe la presencia de cobertura vegetal sino únicamente las hojas de pino, los suelos arenosos poseen macroporos que permite que el agua ingrese fácilmente al suelo, pero la retención de la misma es muy baja, lo que sucede con los suelos arcillosos que poseen microporos. (Constantino, 2007).

### 5.1.2 Resultado 2.

Evaluación de las características físicas químicas del suelo de las especies introducidas de pinos (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) en los puntos de muestreo de la zona de estudio del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

Para la designación de los puntos de muestreo se utilizó la técnica denominada al azar, consiguiendo los resultados que se pueden observar en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9, según metodología explicada en el capítulo IV.

Tabla 5.

*Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona alta de la superficie reforestada con las variedades de pino (Pinus patula y Pinus radiata) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.*

<b>Zona Alta</b>	<b>N%</b>	<b>P mg/l</b>	<b>K mg/l</b>	<b>C %</b>	<b>M.O %</b>	<b>pH</b>	<b>C.E <math>\mu</math>S/ cm</b>	<b>Compacta ción PSI</b>
<b>M1(0-20 cm)</b>	0,57	10,9	35,5	7,9	13,6	5,0	71,5	250
<b>M2(20-40 cm)</b>	0,53	8,4	31,3	2,6	4,1	4,8	70,3	265
<b>M3(40-60 cm)</b>	0,46	4,7	31,2	1,5	2,6	4,7	55,2	265

Nota: Elaborado por: El autor.

Tabla 6.

*Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona media de la superficie reforestada con las variedades de pino (Pinus patula y Pinus radiata) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.*

<b>Zona media</b>	<b>N%</b>	<b>P mg/l</b>	<b>K mg/l</b>	<b>C%</b>	<b>M.O%</b>	<b>pH</b>	<b>C.E <math>\mu S/cm</math></b>	<b>Compactación PSI</b>
<b>M1(0-20 cm)</b>	0,46	8,3	33,5	5,6	9,7	5,8	70,3	230
<b>M2(20-40 cm)</b>	0,42	5,1	29,8	2,9	5,1	5,8	56,5	240
<b>M3(40-60 cm)</b>	0,40	4,6	28,7	1,8	3,2	5,7	56,2	245

Nota: Elaborado por: El autor.

Tabla 7.

*Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona baja de la superficie reforestada con las variedades de pino (Pinus patula y Pinus radiata) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.*

<b>Zona baja</b>	<b>N%</b>	<b>P mg/l</b>	<b>K mg/l</b>	<b>C %</b>	<b>M.O %</b>	<b>pH</b>	<b>C.E <math>\mu s/cm</math></b>	<b>Compactación PSI</b>
<b>M1(0-20 cm)</b>	0,50	10,8	37,7	4,9	8,5	5,5	60,3	240
<b>M2(20-40 cm)</b>	0,49	6,7	36,3	2,6	4,1	5,3	50,5	230
<b>M3(40-60 cm)</b>	0,49	3,4	23,9	2,2	3,8	5,0	50,2	240
<b>Promedio</b>	<b>0,48</b>	<b>6,9</b>	<b>32</b>	<b>3,5</b>	<b>6,07</b>	<b>5,2</b>	<b>60,7</b>	<b>245</b>

**Nota:** Elaborado por: El autor.

Tabla 8.

*Resultados obtenidos de las características físico- químicas de las muestras de suelo de la zona general sin reforestación de pinos (Pinus patula y Pinus radiata) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas.*

<b>Zona Sin Pinos</b>	<b>N%</b>	<b>P mg/l</b>	<b>K mg/l</b>	<b>C%</b>	<b>M.O%</b>	<b>pH</b>	<b>C.E <math>\mu S/cm</math></b>	<b>Compactación PSI</b>
<b>M1(0-20 cm)</b>	0,58	12,4	50,2	9,7	16,5	6,6	74,7	205
<b>M2(20-40 cm)</b>	0,58	8,5	42,4	7,1	12,2	6,5	70,3	200
<b>M3(40-60 cm)</b>	0,56	6,4	41,2	4,9	8,5	6,3	68,9	205
<b>Promedio</b>	0,57	9,1	44,6	7,2	12,4	6,4	71,3	203

**Nota:** Elaborado por: El autor.

5.1.2.1 Promedio de los resultados a nivel de la profundidad en el suelo con plantaciones de especies forestales introducidas con pinos.

Tabla 9.

*Promedio a nivel de profundidad de los resultados obtenidos de las características físico-químicas de las muestras de suelo de la superficie reforestada con las variedades de pinos (Pinus patula y Pinus radiata) en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas*

<b>Zona con Pinos</b>	<b>N%</b>	<b>P mg/l</b>	<b>K mg/l</b>	<b>C%</b>	<b>M.O%</b>	<b>pH</b>	<b>C.E <math>\mu S/cm</math></b>	<b>Compactación</b>
<b>M1(0-20 cm)</b>	0,51	10	35,5	6,1	10,6	5,4	67,3	240
<b>M2(20-40 cm)</b>	0,48	6,7	32,4	2,7	4,4	5,2	62,1	245
<b>M3(40-60 cm)</b>	0,45	4,23	28,2	1,8	3,2	5,1	52,9	250

**Nota:** Elaborado por: El autor.

5.1.2.2. Análisis del porcentaje de Nitrógeno obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino estipulado en la tabla número 9 y sin pino en la tabla número 8.

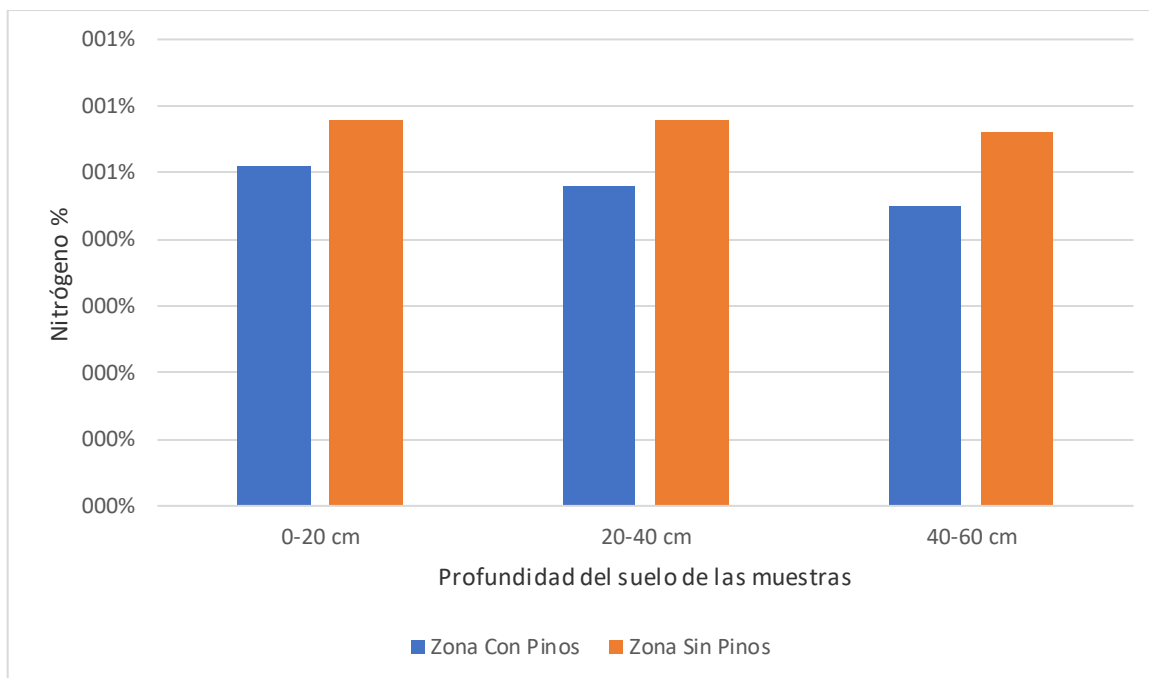


Figura 12. Nitrógeno % de suelos con pino y sin pino. Elaborado por: El autor.

Al analizar los datos obtenidos se puede evidenciar que la cantidad de nitrógeno en los suelos con siembra de pino es más baja que los suelos sin pino, con un valor promedio de 0,48 % a diferencia que los suelos sin pino con un valor promedio de 0,57 %. Como se indica en el gráfico las zonas más profundas presentan niveles un poco más bajos, a diferencia de las zonas altas. Es importante mencionar que en la zona de siembra de pinos presenta cifras más bajas de nitrógeno debido a que en el suelo el nitrógeno actúa como un elemento volátil ya que se pierde fácilmente por la falta de humedad en el suelo (Rugel y Córdor, 2012).

5.1.2.3. Análisis de Fósforo en mg/l obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

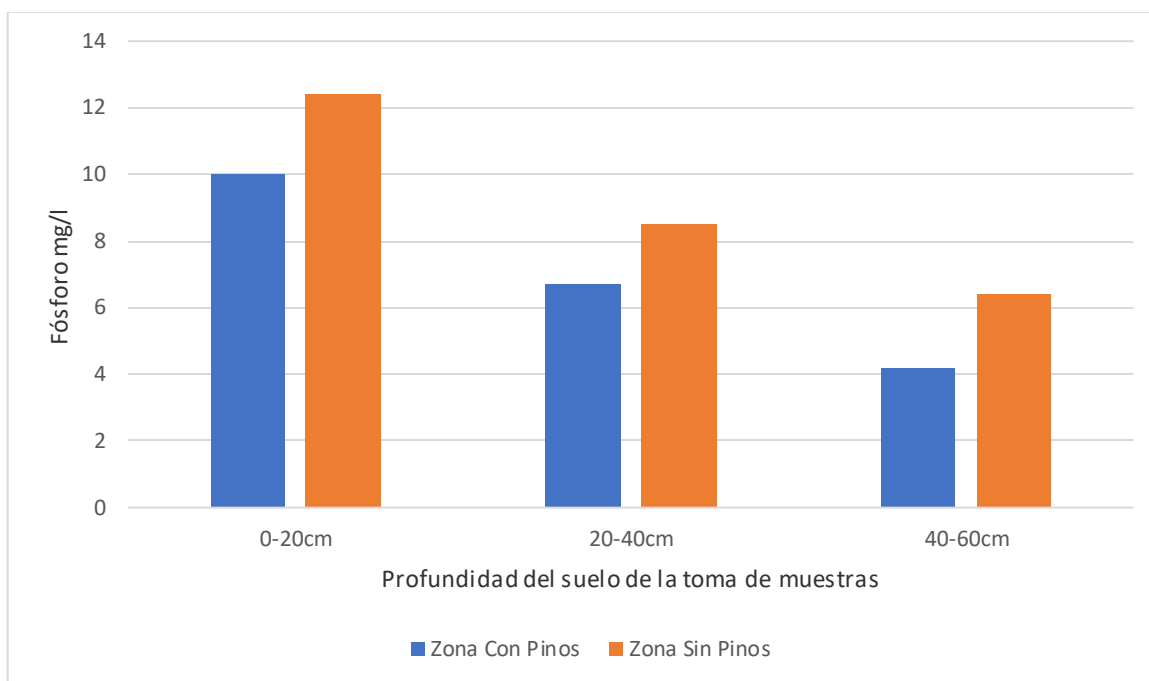


Figura 13. Fósforo de suelo con pinos y sin pinos. Elaborado por: El autor.

Como se puede observar en la ilustración 13 el fósforo presenta un valor promedio mayor de 9,1 mg/l en suelos sin la presencia de pinos, en cambio del suelo con pinos que presenta un valor promedio más bajo de 6,9 mg/l. Estos valores de fósforo van disminuyendo conforme la profundidad aumenta en ambos casos. La disponibilidad de fósforo va disminuyendo a medida que el pH disminuye, que concuerda con los valores obtenidos de pH en los suelos. Según Nakanyala et al., (2017) las relaciones entre las diversas formas de fósforo dependen principalmente de los coloides y minerales que se encuentran en el suelo. La principal afectación es la acumulación de acículas de pinos en el suelo lo cual causa que la fosfatasa alcalina se hidrolice, disminuyendo el fósforo. (Mayta, 2019).

5.1.2.4. Análisis de Potasio en mg/l obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

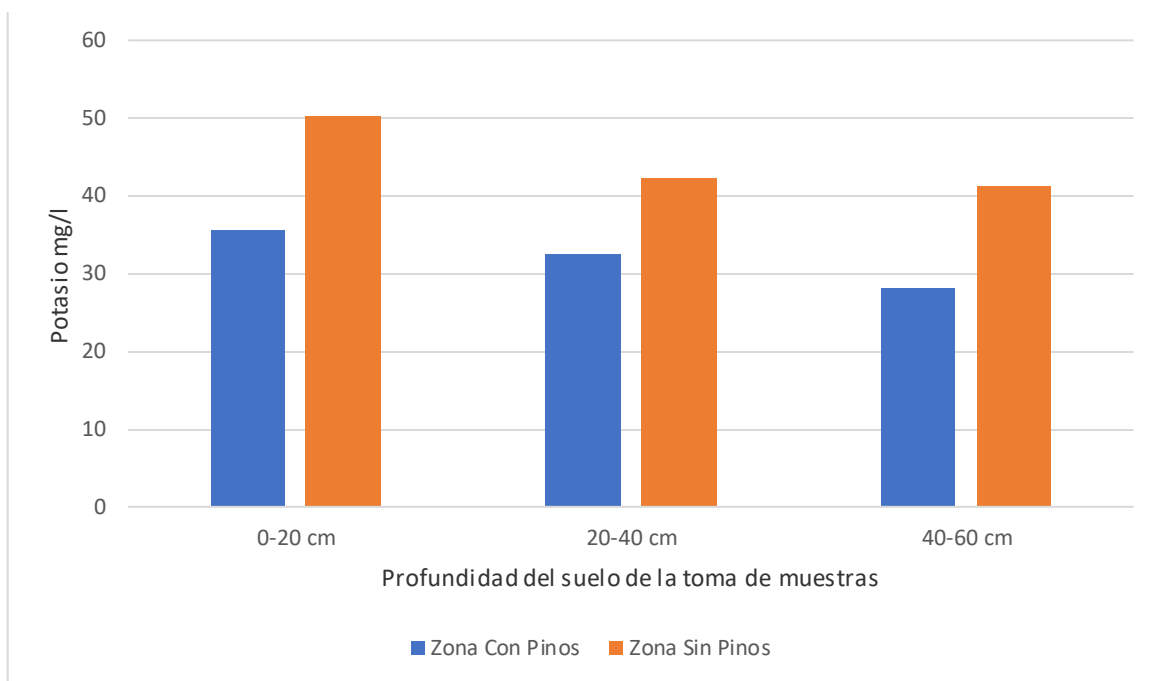


Figura 14. Potasio del suelo con pinos y sin pinos. Elaborado por: El autor

Como se muestra en la ilustración 14, los valores más altos de potasio muestran el suelo sin plantaciones de pinos con un valor promedio de 44,6 mg/l, lo que no se muestra en el suelo con pinos con un valor menor promedio de 32 mg/l, en ambos casos las cantidades de potasio van disminuyendo a medida que la profundidad aumenta, siendo más notables en el caso del suelo con plantaciones de pinos. Es importante mencionar que la disminución de este elemento se debe asociar al requerimiento de nutrientes de la planta y la falta de reposición de la materia orgánica ya que tiene una lenta descomposición y poca microfauna.

### 5.1.2.5. Análisis del porcentaje de Materia Orgánica obtenida de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

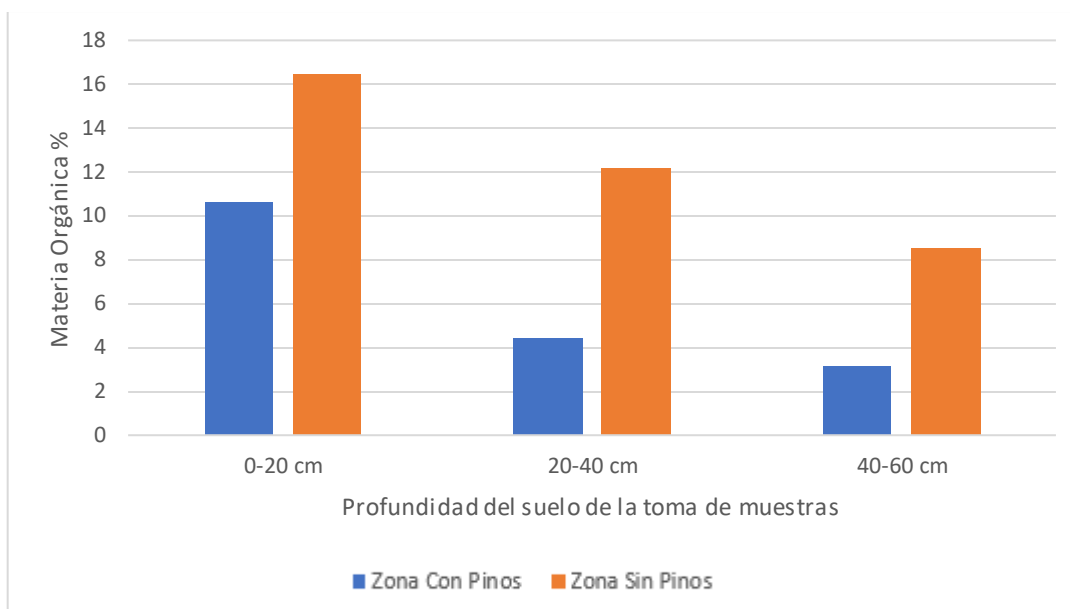
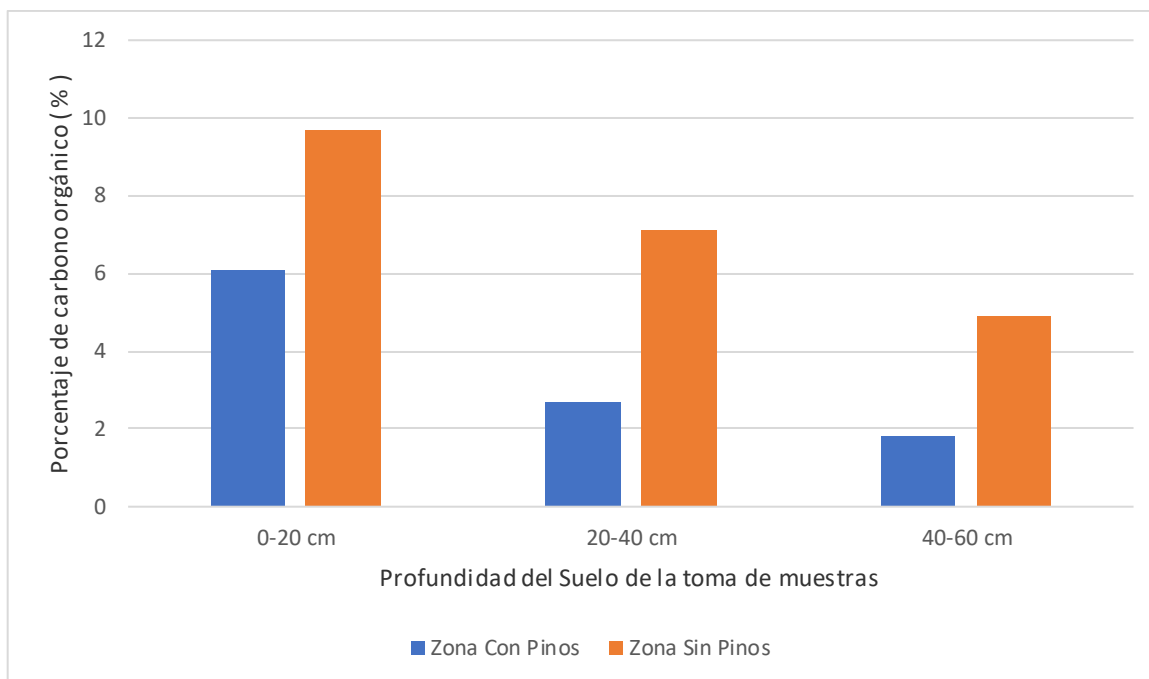


Figura 15. Materia Orgánica de suelos con pino y sin pinos. Elaborado por: El autor.

Al analizar los datos obtenidos se puede evidenciar que los suelos sin la presencia de pinos presentan un valor promedio de 12,4 %, de materia orgánica, al contrario de los suelos con pinos con un valor de 6,07 %, al observar el gráfico se puede evidenciar mayor presencia de materia orgánica en suelos no alterados es decir sin las plantaciones de pinos. A medida que la profundidad aumenta, la materia orgánica va disminuyendo en menor cantidad, lo que nos quiere decir que la profundidad es inversamente proporcional a la materia orgánica. Según Cárdenas (2015). Indica que la principal característica de los suelos de páramo es poseer una gran cantidad de materia orgánica acumulada, debido a sus condiciones ambientales, por el contrario, el suelo con presencia de pinos que posee menor materia orgánica se debe a una mayor descomposición ya que presenta una menor cantidad de agua, también se puede evidenciar una disminución de materia orgánica más grande entre profundidades que el suelo sin Pinos. Según Llambí et al., (2012) la materia orgánica de los suelos de páramo puede tener entre 3- 44 %, que concuerda con estudios realizados de Cárdenas (2015), obtienen un resultado promedio de materia orgánica de 13% en suelos de páramo no intervenidos y en suelos intervenidos un 8%.

5.1.2.6. Análisis del porcentaje de Carbono Orgánico obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.



*Figura 16.* Carbono Orgánico de suelos con pino y sin pino. Elaborado por: El autor.

Los suelos con presencia de pinos poseen un valor promedio de carbono orgánico de 3,5% al contrario del suelo sin presencia de siembra de pinos con un valor promedio de 7,2%. De igual manera a medida que se aumenta la profundidad el nivel de carbono orgánico va disminuyendo en ambos suelos. Siendo más notable la diferencia en la zona con presencia de pinos que en la que no contiene pinos. Según Julca-Otiniano et al., (2006), señala que la cantidad de carbono orgánico en el suelo tiene una estrecha relación con el contenido de materia orgánica, lo que quiere decir que si un suelo contiene alto nivel de materia orgánica también es rico en carbono orgánico, lo que ocasiona que el suelo tenga micro y macronutrientes.

### 5.1.2.7. Análisis del valor de pH obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

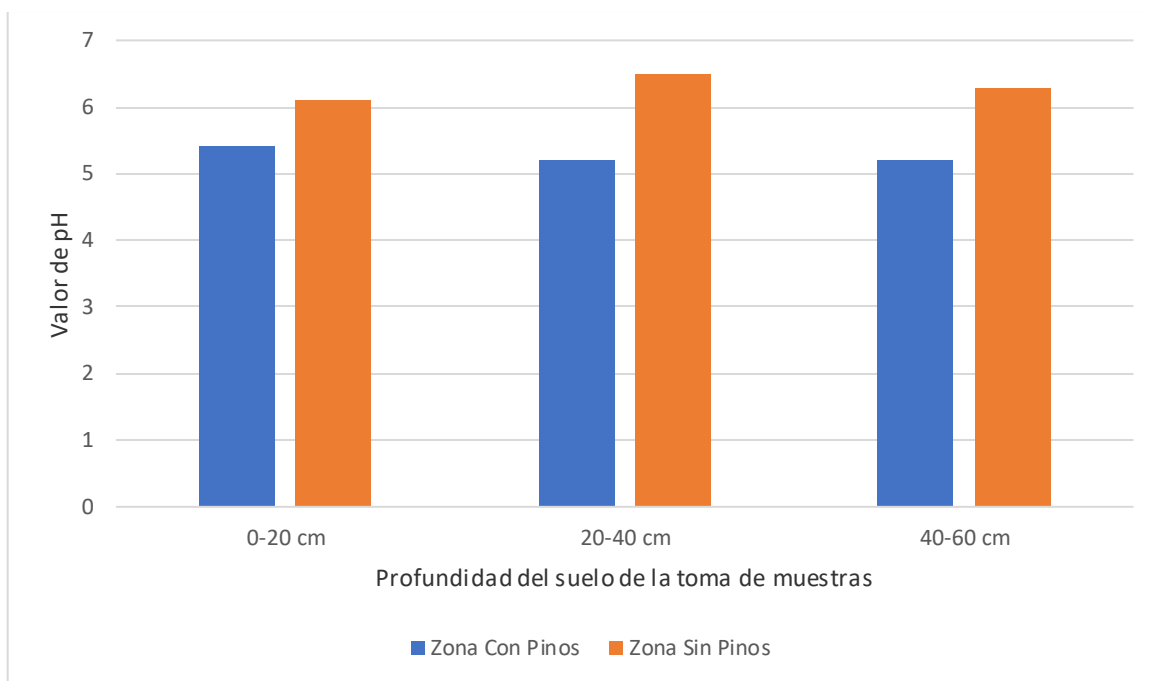


Figura 17. pH de suelos con pino y sin pino. Elaborado por: El autor.

Los suelos con presencia de plantaciones de pinos presentan un valor promedio de pH de 5,2 al contrario de suelos sin plantaciones de pinos con un valor promedio de 6,4. Según Cárdenas (2015), considera a suelos medianamente ácidos con valores de 5,0 a 5,9 y de 6,0 a 6,9 como ligeramente ácidos. Por lo general los suelos de páramo tienen un pH ácido debido a los ácidos orgánicos que contienen, teniendo un promedio entre 5-7 por lo que se determina que se encuentra en un rango aceptable para el tipo de ecosistema, además es necesario recalcar que las plantaciones de pinos tienen un incremento de ácidos orgánicos de la acícula de pino lo cual acidifica el suelo en promedio de 4 – 5 en su valor de pH.

5.1.2.8. Análisis de Conductividad Eléctrica en  $\mu S/cm$  obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

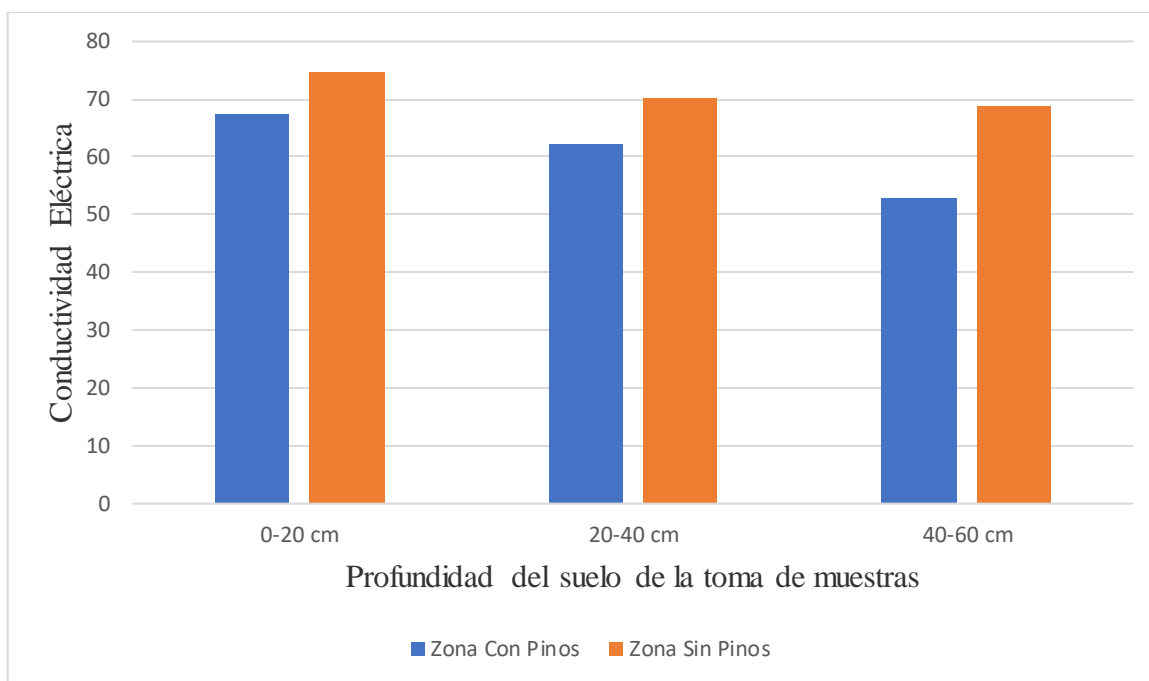


Figura 18. Conductividad eléctrica en suelos con pinos y sin pinos. Elaborado por: El autor.

Como se puede observar en la gráfica la conductividad eléctrica en la Zona sin plantaciones de pinos presenta un valor promedio de  $71,3 \mu S/cm$  a diferencia de la Zona con pinos que tiene un valor promedio menor de  $60,7 \mu S/cm$ . En ambos casos la Conductividad eléctrica va bajando conforme la profundidad sea mayor, siendo notable en el caso del suelo con plantaciones de pino. Este rango menor de conductividad eléctrica se puede relacionar al contenido de materia orgánica y a la humedad del suelo, ya que la materia orgánica juega un papel importante en el equilibrio de las propiedades físicas del suelo junto con la retención de agua. Según Daza, Hernández y Triana (2014), mientras mayor sea el contenido de materia orgánica en el suelo mayor será la conductividad eléctrica, también es relacionada con el pH ya que si presenta un pH bajo también su conductividad se verá afectada de manera decreciente.

5.1.2.9. Análisis Compactación en psi obtenido de las muestras de suelo investigadas con plantaciones forestales con pino y sin pino.

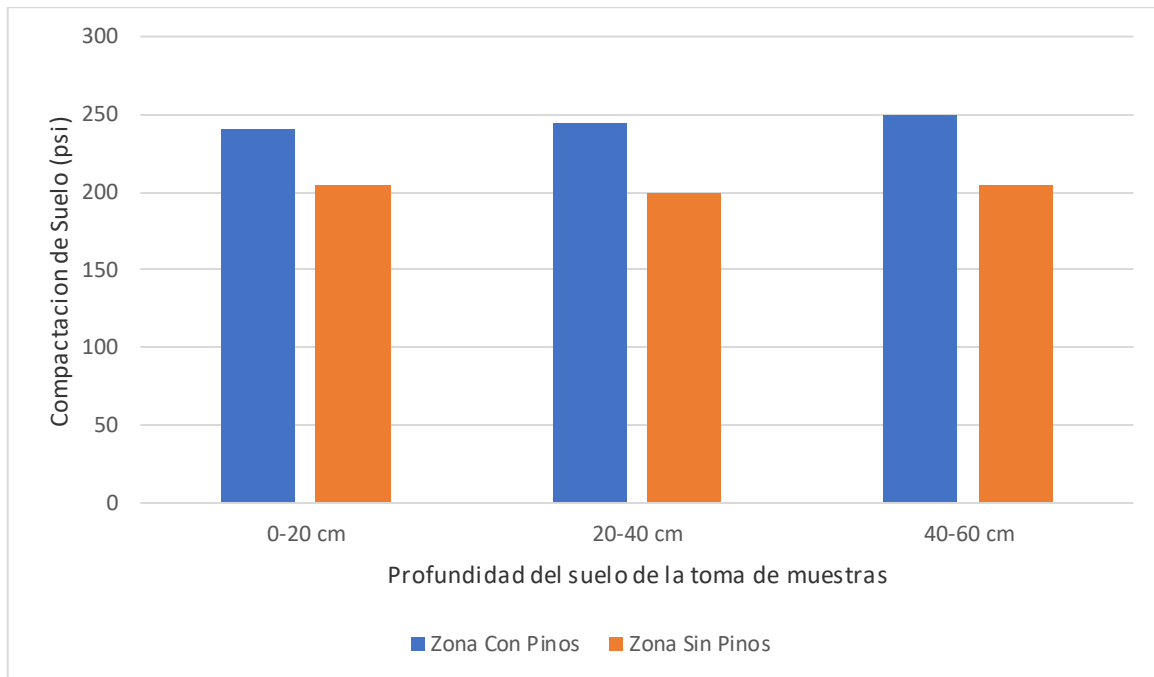


Figura 19. Compactación de suelos con pino y sin pino. Elaborado por: El autor.

Al analizar los datos y la gráfica se puede evidenciar una compactación alta de color amarillo que significa alerta en los suelos con presencia de pinos, con un valor promedio de 245 psi a diferencia de la zona sin pinos que presenta un valor promedio de 203 psi que se encuentra en el rango límite entre el color verde que significa que todo es correcto y el color amarillo que es un llamado de alerta, en el suelo con pinos a medida que se aumenta la profundidad, la compactación es mayor, esto es debido a la falta de humedad que presenta el suelo, lo que no sucede en el suelo sin plantaciones de pino.

### 5.1.3 Resultado 3.

Socialización de la investigación realizada a los actores locales para la generación acciones de conservación del ecosistema del Parque Nacional Cotacachi Cayapas provincia de Imbabura.

Se realizó la debida socialización de los resultados obtenidos en la presente investigación a los representantes de la comunidad de Morochos en conjunto con el Ministerio del ambiente y agua (MAE) quien realizó la convocatoria a los debidos interesados, la hoja de participante se puede observar con mayor detalle en el anexo 1.

### 5.2 Discusión

Farley (2008), en la investigación realizada sobre el páramo de Cotopaxi- Ecuador, se estudió el área de suelo con pinos y una superficie adyacente de suelo de páramo, se tomó muestras de 0-10 cm de profundidad. En esta investigación se pudo observar una pérdida de carbono del 12 %, las plantaciones forestales pueden causar pérdidas de nutrientes esenciales en un suelo donde la cantidad de carbono es alta como es el caso del páramo. De la misma forma sucede con el pH del área de suelos con presencia de plantaciones de pinos que bajo entre 3-5, lo que en la zona con presencia de pajonales se mantiene en un rango de 5-6, lo que sugiere que en la zona con pinos se obtuvo un incremento de ácidos orgánicos de las acículas de pino lo que acidifica el suelo. En el caso de materia orgánica en el páramo de Cotopaxi con plantaciones de pinos se obtuvo una pérdida del 18 % a comparación del área con pajonal.

Carúa et al., (2008), en la investigación realizada en las faldas del volcán Los Ilinizas, cantón Mejía se clasificó las áreas con presencia de pinos o plantaciones forestales y suelos de páramo con pajonal, en vista de que la mayor alteración del suelo sucede en la parte superficial se muestreo de 0-10 cm, 0-20 cm y 0-30 cm de profundidad,

se pudo evidenciar en el caso de N, P y K que no se obtuvo diferencias significativas pero sí hubo una pérdida en el caso del área de suelo con plantaciones de pino, en el caso de materia orgánica presenta 8,57 % en la zona que presenta pajonal a diferencia del área de pinos que disminuye significativamente.

Como se puede evidenciar en esta investigación del Parque Nacional Cotacachi Cayapas se obtuvieron datos parecidos a diferentes investigaciones de estudio de suelo en páramos alterados con presencia de plantaciones de pinos y áreas de páramo con pajonal, lo que se puede decir que las plantaciones forestales ayudan a suelos degradados y pobres, lo que no sucede en áreas donde el suelo es rico en nutrientes como es el caso de los suelos de páramo donde al implementar estos árboles pueden ocasionar un gran desequilibrio en la estructura del suelo.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- Las especies forestales exóticas de pino tienen efectos negativos en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se pudo determinar que, en todas las pruebas analizadas en el laboratorio, los resultados promedio en el bosque de pinos son menores en relación a la zona que se encuentra sin plantaciones de pinos, en el aspecto que se aumenta la profundidad en ambos casos los datos obtenidos van decreciendo en comparación con la cifra obtenida de mínima profundidad.

- Los resultados de los análisis de los macronutrientes N, P y K demuestran diferencias al comparar suelos con pinos y suelos sin pinos, como se puede apreciar al comparar la tabla 8 y 9, esto se debe a la cantidad de nutrientes que absorben las plantas de pino para su desarrollo, dejando al suelo con menor cantidad de estos elementos.

- El pH determinado en la zona de pinos presenta un valor de 5,2 al contrario de la zona sin pinos que tiene un pH de 6,4. Clasificándolos como medianamente ácidos y ligeramente ácidos respectivamente, concluyendo que la especie forestal exótica pino acidifica el suelo en rangos de 4,5 a 5,2.

- Las acículas de pino no tienen una descomposición rápida que incide en una disminución de micro y macronutrientes, así como de la materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio en suelos con especies forestales exóticas, a diferencia del suelo sin pino que poseen una alta cantidad de materia orgánica.

- El contenido de carbono orgánico analizado en la zona con especies forestales exóticas de pino presenta valores bajos ya que está estrechamente relacionado con el contenido de materia orgánica. Si el contenido de materia orgánica es bajo el carbono orgánico también será menor.

- Al analizar la cantidad de material vegetativo como la hojarasca del pino que se encuentra en el suelo, esta causa efectos negativos sobre la regeneración natural, de igual manera disminuye la proliferación de la diversidad de las especies y riqueza del ecosistema páramo. Por otro lado, las copas de los árboles de pino impiden el ingreso de luz, haciendo imposible el crecimiento de plantas nativas de la zona. También es importante mencionar que la raíz posee sustancias resinosas que acidifican el suelo en un rango promedio de 4-5.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Realizar un plan estratégico para la recuperación y conservación de suelos de las áreas aledañas a los pajonales para mantener los humedales en el Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).
- Para el equilibrio del suelo, la siembra de pino no se debe realizar en zonas ricas con nutrientes debido a la naturaleza de su raíz ya que absorbe en mayor cantidad cualquier tipo de nutrientes, además es importante que las plantaciones de pino deben tener una estrategia de manejo como la aplicación de fertilizantes nitrógeno, fósforo y potasio para poder evitar a largo plazo los efectos negativos que provoca al suelo.
- Utilizar estos resultados como una línea base y conocimiento científico para realizar la caracterización del suelo en diversos ecosistemas de páramo con la presencia de plantaciones de pino.
- Analizar en el aspecto económico la implementación de plantaciones forestales nativas de uso maderable para poder brindar alternativas en las superficies de terrenos comunitarios cercanas al Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC).
- Establecer investigaciones periódicas sobre la caracterización de los suelos en otras áreas del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCC) para la planificación del manejo estratégico sin afectación a los ecosistemas nativos de la zona.

## CAPÍTULO VIII

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N. y Torres, J. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Jatunhuayco; degradación, sistemas de referencia y estrategias de restauración. Fondo para la Protección del Agua- Fonag. Quito-Ecuador.
- Aguirre, N. Torres, J. y Velasco, P. (2013). Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana.
- Ayovi, K. Erazo, L. Farias, E. Manosalvas, M. Mugmal, L. Ponce, J. Rivadeneira, M. Rosero, A. & Vivanco, K. (2019). Propuesta para la extracción de madera de *Pinus patula* y *Pinus radiata* de la comunidad de morochos cantón Cotacachi provincia de Imbabura.
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Beltrán, K. Salgado, S. Cuesta, F. León, S. Romoleroux, K. Ortiz, E. Cárdenas, A. & Velastegui, A. (2009). Distribución espacial; sistemas ecológicos y caracterización florística de los Páramos en el Ecuador.
- Bosch, J. y Hewlett, J. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Vol. 55. P 3-23. Citado en: Hofstede, R. 1998. Impactos ecológicos de plantaciones forestales. Proyecto páramo Eco Par. 242p. Editorial Abya Yala Ecuador
- Buytaert, W. (2004). The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology. Ph.D. thesis, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, KatholiekeUniversiteit Leuven
- Calero, M. (2016). Investigación del impacto ambiental por las plantaciones de pino en la granja Shiñinguro en el cantón Chilla. Recuperado de:

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15198/1/Investigaci%  
%20impacto%20ambiental%20Tesis%20de%20maestria.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15198/1/Investigaci%c3%b3n%20de%20impacto%20ambiental%20Tesis%20de%20maestria.pdf)

Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. 87-88.

Cárdenas, M. (2015). Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna monjas bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>

Carúa, J. Proaño, M. Suarez, D. & Podwojewski, P. (2008). Determinación de retención de agua en los suelos del páramo: Estudio de caso en la subcuenca del río San Pedro, cantón Mejía, Pichincha, Ecuador.

Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. 9, 71-83.

Constantino, C. (2007). Edagricole. Bologna. Recuperado de Irrigazione.

Daza Torres, M. C. Hernández Flórez, F. & Triana, F. A. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz— Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 67(1), 7189-7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>

Farley, K. (2008). Plantaciones forestales y producción de Servicios ambientales.

Fernández, L. Rojas, G. Roldan, T. Ramirez, E. Zegarra, H. Hernández, R. Reyes, R. Hernández, D. & Arce, J. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelo aplicadas a la remediación de sitios contaminados. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>

Fuentes, L. (2003). Técnicas de riego: Sistemas de riego en la agricultura. Mundiprensa. <https://es.scribd.com/document/384267334/Tecnicas-de-Riego-Fuentes-Yague-Garcia-Legaspi>

- González, G. (2016). Caracterización físico-química y microbiológica de suelos paramunos del p.n.n. Sumapaz sometidos al cultivo convencional y orgánico de papa post-descanso de actividad agrícola. 84.
- Hofstede, R. Coppus, R. Mena, P. Segarra, P. Wolf, J. y Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. Proyecto páramo. Universidad de Amsterdam. Eco ciencia e Instituto de Montaña. Quito-Ecuador.
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. 24.
- Intagri. (2018). Disponibilidad de Nutrientos y el pH del suelo.
- Jadán, O. Cedillo, H. Pillacela, P. Gualpa, D. Gordillo, A. Zea, P. Díaz, L. Bermúdez, F. Arciniegas, A. Quizhpe, W. Vaca, C. (2019). Regeneración de árboles en ecosistemas naturales y plantaciones de *Pinus patula* (Pinaceae) dentro de un gradiente altitudinal andino (Azuay, Ecuador). *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 182-195. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32940>
- Julca-Otiniano, A. Meneses-Florián, L. Blas-Sevillano, R. & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- León, T. & Suarez, A. (1998). Efectos de plantaciones sobre suelo y agua. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- León. A. (2009). Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica. Recuperado de: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Lasespeciesinvasorasunretoparalarestauracionecologica.pdf>
- Llambí, L. Soto, A. Céleri, R. Bievre, B. Ochoa, B. y Borja, P. (2012). Ecología hidrología y suelos de páramo. [en línea] [Biblio.flacsoandes.edu.ec](http://Biblio.flacsoandes.edu.ec). Disponible en: <<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>> [Consultado el 25 de noviembre de 2021].

- MAE. (2019). Propuesta de restauración ecológica en los páramos de la comunidad de morochos. Recuperado de: [file:///C:/Users/Admin/Desktop/información%20 páramo/proyecto%20 pinos.pdf](file:///C:/Users/Admin/Desktop/información%20páramo/proyecto%20pinos.pdf)
- MAE. (2017). Ficha Técnica No. 13-14 Pino (*Pinus radiata* y *Pinus Patula*). Recuperado 5 de mayo de 2021, de <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/>
- Mayta, P. (2019). Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pino (*Pinus radiata*) sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad Huerta Huaraya – Puno, 2018. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1688/Pamela\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1688/Pamela_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mena. P. (2008). Páramo. Recuperado de: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43341.pdf>
- Mendoza, R. Espinoza, A. (2017). Guía técnica para muestreo de suelos. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Mae Mojica, M. E. (2018). principales afectaciones de una plantación de *pinus pátula* a la producción hídrica de la quebrada Boyacogua del municipio de Duitama. 92.
- Nakanyala, J. Magnús, D. Jóhannsson, H. & Mankasingh, U. (2017). phosphorus availability following revegetation with nootka lupine at two contrasting sites in iceland. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10480.56327>
- [ob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](ob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Pioneer. (2015). Boletín Técnico Pioneer, Compactación del suelo. [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos\\_y\\_servicios/Boletin\\_Compactacion\\_de\\_suelo.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Compactacion_de_suelo.pdf)
- Puente, I. Rivera, K. Veloz, G. Yar, J. (2019). Propuesta de Restauración Ecológica en los Páramos de la Comunidad de Morochos. Ibarra, Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador "Sede Ibarra". 3

- Ramírez, M. J. B. (2021). Descomposición con potencial de aprovechamiento de las acículas del *Pinus patula* L. 68.
- Revista Luna Azul. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/3217272224004.pdf>
- Rugel, C. & Córdor, C. (2012). “Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades shobol-Chimborazo, san juan Chimborazo”. 248.
- Sher, A. & Hyatt, L. (1999). La matriz de invasión de flujo de recursos perturbados: Un nuevo marco para los patrones de invasión de plantas. *Invasiones biológicas*. 109p.
- Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental.
- Sosa, A. (2012). Cómo realizar un muestreo de suelo. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos>
- Sposito, G. (1984). *The chemistry of soils*. Oxford University Press 277 p.
- Unesur, (2004). Universidad nacional experimental sur 2004. Factores naturales de la producción agropecuaria. Disponible en <http://www.Monografias.com/trabajos15/suelo-erosion/suelo.shtm1#suelo>.
- Vega, C. (2016). los servicios ecosistémicos de los páramos en Colombia, su amenaza por actividades extensivas y la afectación específica de estas en el ciclo hídrico. Recuperado de: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50712531/servicios\\_ecosistemicos.pdf?1480893864=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS\\_servicios\\_ecosistemicos\\_DE\\_LOS\\_param.pdf&Expires=1592261438&Signature=bS-pwc-xSMG6lidYQCxjNjGuvwTA6hV0SKVIQv8KlkNGge7IqQMUMm~WHaLvC5V95fYxUQSmstcY9mLJgJLgrpiRRbP0HZvh5yUBeZXChe2lnBg-ytLpOcmVDApi0mC5ITE8NY0fh9DWpdHVQCjArwz7nyYkrQ0f3DJ8cIPPrVU9NkhXTxSwFcX~fDM0KufNwYY~BzjA5SbwxBCvo13316iSKX75Y50DqfPDsDI8EGTPD6YBueG496pxLRjLmSwODGMJefabgAq-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50712531/servicios_ecosistemicos.pdf?1480893864=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_servicios_ecosistemicos_DE_LOS_param.pdf&Expires=1592261438&Signature=bS-pwc-xSMG6lidYQCxjNjGuvwTA6hV0SKVIQv8KlkNGge7IqQMUMm~WHaLvC5V95fYxUQSmstcY9mLJgJLgrpiRRbP0HZvh5yUBeZXChe2lnBg-ytLpOcmVDApi0mC5ITE8NY0fh9DWpdHVQCjArwz7nyYkrQ0f3DJ8cIPPrVU9NkhXTxSwFcX~fDM0KufNwYY~BzjA5SbwxBCvo13316iSKX75Y50DqfPDsDI8EGTPD6YBueG496pxLRjLmSwODGMJefabgAq-)


ZPIMC7mT1ghFUIMUWncuzOUehSx4Iqs71U~QV8be5U5WW6IDxCafO-  
fH~w-prOr6z8AbTTWomw\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Vidal, V. (1999). Impactos de la Aplicación de Políticas sobre cambio Climático en la Forestación del Páramo del Ecuador. II Conferencia electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo. Universidad Autónoma de Barcelona.

Vinueza, L. (2015). Determinación del contenido de carbono en el suelo en una plantación de pino (*pinus radiata*) implementada en el páramo en la comunidad de totoras, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3888/1/33T0140%20.pdf>
















## Anexos

### Anexo 1 . Lista de asistentes a la socialización de resultados de la investigación



DIRECCIÓN ZONAL DE AMBIENTE Y AGUA DE IMBABURA  
PARQUE NACIONAL COTACACHI CAYAPAS

TEMA: Socialización temas de Tesis - PUCE-SI  
 CIUDAD: Cotacachi 26/01/2021      FECHA: \_\_\_\_\_

Nº	NOMBRES Y APELLIDOS	CEDULA	INSITITUCION	TELEFONO	EMAIL	FIRMA
1	Helene Andrade	1004563105	PUCE-SI	0988665665	melaneandrade02@gmail.com	
2	Genelo Ubez	100452063	PUCE-SI	0983218712	genuloz138@hotmail.com	
3	Ingrid Piñón	1050198985	PUCE-SI	0967207364	ingridpi@puces.edu.ec	
4	María Rivera	1003968979	PUCE-SI	0960054084	kariver@puces.edu.ec	
5	David Lema	1002763086	PUCESE	0967122699	dlema@puces.edu.ec	
6	Dafnát Jhán	100305863	PNCCA ZA	0993547203	lugo.dif@ambiente.gob.ec	
7	María Roxochi	1002183642	Comuna	0994750847	María - Roxochi 771@hotmail.com	
8	Raúl Flores	1002335957	Morochos	0987864374		
9	Luis Prohugo	1001513124	PNCCA-ZA	0988534325	luis.prohugo@ambiente.gob.ec	
10	Andrés Guerrero	1002588054	PNCCA-ZA	0997900718	andres.guerrero@ambiente.gob.ec	
11	Luis Corbo	1003455027	PNCCA-ZA	0959716999	luis.corbo@ambiente.gob.ec	
12	Ramiro Jativa	1002051668	PNCCA-ZA	0960320195	luis.jativa@ambiente.gob.ec	
13	Verónica Pozo	0401533638	MAAE-UBVS	0980989684	Veronica.pozo@ambiente.gob.ec	
14	Brian Escobedo	0301937047	MAAE-OTL	0984007116	brian.escobedo@ambiente.gob.ec	
15	Javier Arcos	0401559770	MAAE-PUCCA ZA	0994381376	javier.arcos@ambiente.gob.ec	
16						
17						
18						
19						

Nota: lista de asistentes de la comunidad de Morocho a la socialización de los resultados de la investigación sobre la caracterización física química del suelo en las plantaciones de especies forestales exóticas de pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) en los ecosistemas del páramo, comunidad de Morocho, Parque Nacional Cotacachi Cayapas- provincia de Imbabura. Recuperado del informe de asistencia del Ministerio del Ambiente y agua. 2020.

## Anexo 2. Oficio de satisfacción de la entrega de resultados



Acuerdo Ministerial: 026 (17-03-2009)  
Registro Oficial: 579 (28-04-2009)  
RUC: 1091728237001

Ibarra, 16 de agosto de 2021

Señores  
**PUCESI**  
Presente. -

Reciban un cordial y atento saludo de quienes conformamos LA ESCUELA DE BIOAGRICULTURA-CEBA-COTACACHI.

A través de la presente exponemos nuestro criterio profesional sobre el proyecto de titulación "Evaluación de los impactos que ejercen las plantaciones de especies forestales introducidas de pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) en los ecosistemas de páramo del Parque Nacional Cotacachi Cayapas- provincia de Imbabura" de la tesista **Gabriela Alejandra Veloz Salazar**, identificada con cc: 100443806-3.

El proyecto aborda una importante y actual problemática científica sobre el impacto de las especies forestales introducidas. Los resultados logrados generan un alto aporte al desarrollo tecnológico y ambiental del GADM de Cotacachi, en especial a la comunidad de Morochos ubicada en los límites del Parque Nacional Cotacachi Cayapas. Los resultados del proyecto constituyen un aporte al desarrollo científico del país y contribuyen para que otros investigadores puedan continuar estudiando la problemática identificada.

Atentamente,

**Dr. C. Julio Pineda Insuasti, PhD**  
DIRECTOR ESCUELA DE BIOAGRICULTURA -COTACACHI



Nota: Documento de oficio de satisfacción de la entrega de resultados de la investigación por parte del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente. Recuperado de documentación del Centro ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente. 2021.

### Anexo 3. Documento de oficio para el apoyo de tema de investigación

MINISTERIO DEL AMBIENTE



**Oficio Nro. MAE-CGZ1-DPAI-2020-0170-O**

**Ibarra, 10 de febrero de 2020**

**Asunto:** Solicitud de apoyo Institucional en procesos de Investigación sobre restauración ecológica en la Comunidad de Morocho, que se encuentra dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas

Señorita Ph. D. Directora de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales P U C E. S I  
Yadira Fernanda Ordoñez Vivanco  
En su Despacho

De mi consideración:

La comunidad se asienta en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cotacachi Cayapas y su territorio comunal dentro del área protegida (legalizado mediante escritura pública previo a la declaratoria del área protegida) existe una plantación de pino de aproximadamente 40 hectáreas y su presencia ha generado la disminución de caudales de agua para consumo humano en la comunidad, pérdida de la biodiversidad, además se ha incendiado en el año 2015 y el riesgo de incendio persiste. Con varios antecedentes se ha solicitado al Ministerio del Ambiente la autorización para sacar los pinos y no se ha logrado realizar hasta el momento.

Con fecha 11 de diciembre del presente año se tuvo la visita técnica a las plantaciones por parte de un equipo multidisciplinario del Ministerio del Ambiente, en donde se analizó algunas posibles alternativas técnicas-jurídicas que permitirán realizar la erradicación de esta plantación constituida por la especie exótica pino (*Pinus sp.*).

Existe la necesidad de cumplir algunos requerimientos establecidos en el Código Orgánico del Ambiente en su artículo 67 que indica “Regulación de especies exóticas. (...) el manejo de las especies exóticas se realizará sobre la base de una evaluación de riesgo sobre los posibles impactos a la biodiversidad y bajo los parámetros establecidos en instrumentos internacionales. Esta evaluación de riesgo contemplará criterios técnicos sobre el potencial reproductivo de las especies exóticas y su adaptabilidad para convertirse en especies invasoras con el fin de precautelar la salud humana y los ecosistemas”.

Así también el artículo 204 del Reglamento del Código Orgánico del Ambiente indica que la evaluación de riesgo para especies exóticas constituye una herramienta para evaluar y determinar los posibles efectos adversos de las especies exóticas en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en el probable medio receptor, así como determinar el estatus invasivo de una especie que se encuentre en el territorio y genere impactos a la biodiversidad.

Con estos antecedentes sociales y legales me permito solicitar el apoyo de la prestigiosa labor de la academia para generar, recopilar y sintetizar información técnico-científica donde se valore el riesgo de las plantaciones de la especie exótica pino en los predios de la comuna Morocho dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

*Documento firmado electrónicamente*

Abg. Alvaro Andrés Cadena Cabezas  
**COORDINADOR GENERAL ZONAL - ZONA 1 (ESMERALDAS, CARCHI, IMBABURA Y SUCUMBÍOS) ã DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE IMBABURA**

Nota: Documento de oficio de solicitud del MAE a la PUCE-SI para el apoyo en el tema de investigación. Recuperado de documentación del Ministerio del Ambiente y Agua. 2020

*Anexo 4. Determinación y preparación de puntos de muestreo del suelo*



Nota: Determinación y preparación de los puntos de muestreo de suelo en la zona sin presencia de pinos para la recolección de muestras de suelo. Elaborado por el autor.

*Anexo 5. Segmentación y medición del suelo*



Nota: Segmentación y medición de la profundidad del suelo en la zona con presencia y sin la presencia de pinos para la recolección de muestras. Elaborado por el autor.

### *Anexo 6. Medición de la Compactación del suelo*



Nota: Medición del parámetro de compactación in-situ en la zona con presencia de pinos. Elaborado por el autor.

### *Anexo 7. Toma de muestras de suelo*



Nota: Toma de muestras de suelo a diferentes profundidades en la zona con presencia de pinos. Se utilizaron las herramientas y protocolos adecuados para mantener y conservar la estructura del suelo. Elaborado por el autor.

*Anexo 8. Preparación de muestras de suelo para el análisis en laboratorio.*



Nota: Preparación de muestras de suelo para el análisis de las características físico químicas en el laboratorio de la PUCE-SI. Elaborado por el autor.

Anexo 9. Base de Datos de la investigación

Recolección								Análisis													
Código	Zona	Fecha	Muestra	Masa (g)	Profundidad (cm)	Compactación (PSI)	ordenadas UTM (Grados Decimales D)	Repetición 1						Repetición 2							
								N (%)	P (mg/l)	K (mg/l)	C (%)	M.O (%)	pH	C.E (µS/cm)	N (%)	P (mg/l)	K (mg/l)	C (%)	M.O (%)	pH	C.E (µS/cm)
A1	A	09/02/2021	1	500	20	205	0,324652, -78,346796	0,60	12,41	50,22	9,71	16,52	6,61	74,72	0,66	12,39	50,18	9,69	16,48	6,59	74,68
A2	A	09/02/2021	2	500	40	200	0,324620, -78,346560	0,58	8,51	42,42	7,11	12,22	6,51	70,32	0,66	8,49	42,38	7,09	12,18	6,49	70,28
A3	A	09/02/2021	3	500	60	205	0,324644, -78,346206	0,56	6,41	41,22	4,91	8,52	6,31	68,92	0,64	6,39	41,18	4,89	8,48	6,29	68,88
B1	B	15/02/2021	4	500	20	250	0,327431, -78,345896	0,57	10,91	35,52	7,91	13,62	5,01	71,52	0,65	10,89	35,48	7,89	13,58	4,99	71,48
B2	B	15/02/2021	5	500	40	265	0,327214, -78,345073	0,53	8,41	31,32	2,61	4,12	4,81	70,32	0,51	8,39	31,28	2,59	4,08	4,79	70,28
B3	B	15/02/2021	6	500	60	265	0,327138, -78,344199	0,46	4,71	31,22	1,51	2,62	4,71	65,22	0,44	4,69	31,18	1,49	2,58	4,69	65,18
C1	C	09/03/2021	7	500	20	230	0,325829, -78,345653	0,46	8,31	33,52	5,61	9,72	5,81	70,32	0,44	8,29	33,48	5,59	9,68	5,79	70,28
C2	C	09/03/2021	8	500	40	240	0,325723, -78,345152	0,42	5,11	29,82	2,91	5,12	5,81	66,52	0,40	5,09	29,78	2,89	5,08	5,79	66,48
C3	C	09/03/2021	9	500	60	245	0,325802, -78,344605	0,40	4,61	28,72	1,81	3,22	5,71	66,22	0,38	4,59	28,68	1,79	3,18	5,69	66,18
D1	D	09/02/2021	10	500	20	240	0,324768, -78,345544	0,50	10,81	37,72	4,91	8,52	5,51	60,32	0,48	10,79	37,68	4,89	8,48	5,49	60,28
D2	D	09/02/2021	11	500	40	230	0,324360, -78,345077	0,49	6,71	36,32	2,61	4,12	5,31	50,52	0,47	6,69	36,28	2,59	4,08	5,29	50,48
D3	D	09/02/2021	12	500	60	240	0,323479, -78,344955	0,49	3,41	23,92	2,21	3,82	5,01	50,22	0,47	3,39	23,88	2,19	3,78	4,99	50,18
A	Sin Pinos																				
B	Alta																				
C	Media																				
D	Baja																				
Recolección								Análisis													
Código	Zona	Fecha	Muestra	Masa (g)	Profundidad (cm)	Compactación (PSI)	ordenadas UTM (Grados Decimales D)	Promedio													
								N (%)	P (mg/l)	K (mg/l)	C (%)	M.O (%)	pH	C.E (µS/cm)							
A1	A	09/02/2021	1	500	20	205	0,324652, -78,346796	0,58	12,4	50,2	9,7	16,5	6,6	74,7							
A2	A	09/02/2021	2	500	40	200	0,324620, -78,346560	0,58	8,5	42,4	7,1	12,2	6,5	70,3							
A3	A	09/02/2021	3	500	60	205	0,324644, -78,346206	0,56	6,4	41,2	4,9	8,5	6,3	68,9							
B1	B	15/02/2021	4	500	20	250	0,327431, -78,345896	0,57	10,9	35,5	7,9	13,6	5,0	71,5							
B2	B	15/02/2021	5	500	40	265	0,327214, -78,345073	0,53	8,4	31,3	2,6	4,1	4,8	70,3							
B3	B	15/02/2021	6	500	60	265	0,327138, -78,344199	0,46	4,7	31,2	1,5	2,6	4,7	65,2							
C1	C	09/03/2021	7	500	20	230	0,325829, -78,345653	0,46	8,3	33,5	5,6	9,7	5,8	70,3							
C2	C	09/03/2021	8	500	40	240	0,325723, -78,345152	0,42	5,1	29,8	2,9	5,1	5,8	66,5							
C3	C	09/03/2021	9	500	60	245	0,325802, -78,344605	0,40	4,6	28,7	1,8	3,2	5,7	66,2							
D1	D	09/02/2021	10	500	20	240	0,324768, -78,345544	0,50	10,8	37,7	4,9	8,5	5,5	60,3							
D2	D	09/02/2021	11	500	40	230	0,324360, -78,345077	0,49	6,7	36,3	2,6	4,1	5,3	50,5							
D3	D	09/02/2021	12	500	60	240	0,323479, -78,344955	0,49	3,4	23,9	2,2	3,8	5,0	50,2							

Nota: Base de datos con los respectivos tratamientos y repeticiones. Elaborado por el autor.