UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL

TEMA:

Comparación de la fertilidad del suelo en regeneración del Pigüe (*Piptocoma discolor*), de 1, 5 y 7 años en bosque siempre verde piemontano de la amazonia ecuatoriana.

AUTORES:

Junnior Estalin Llivigañay Pérez

Jennifer Abigail Villarroel Rea

Director:

Dr. Julio César Muñoz Rengifo, Ph.D.

Pastaza – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, Llivigañay Pérez Junnior Estalin con la cédula de identidad 1400489140 y Villarroel Rea Jennifer Abigail con la cédula de identidad 1805542360, declaramos antes las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido de proyecto de investigación **"Comparación de la fertilidad del suelo en regeneración del pigüe (*Piptocoma discolor*) de 1, 5 y 7 años en bosque siempre verde piemontano de la amazonia ecuatoriana",** en absolutamente original, autentico y personal.

En tal virtud y en segundo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente certifico libremente que los criterios y opiniones constante en el proyecto de investigación son exclusiva responsabilidad de los autores.

Junnior Estalin Llivigañay Pérez	Jennifer Abigail Villarroel Rea
1400489140	1805542360
Autor	Autora

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, por darte la fortaleza espiritual de seguir adelante. A mis padres, que aún siguen siendo los pilares fundamentales de mi vida, porque nunca han perdido la confianza en mí y por el gran esfuerzo que ellos han realizado para que nunca me falte nada durante ese largo viaje hacia mi éxito universitario. Por los consejos y halagos que siempre me daban para alcanzar los sueños anhelados y convertirlos en realidad. A mis hermanos, que cada día me apoyaban con tanto cariño y gratitud. A mis compañeros y amigos con quienes compartí muchos días de estudio y también de aventura, apoyándonos entre nosotros para que juntos logremos nuestros sueños.

Junnior Estalin Llivigañay Pérez

AGRADECIMIENTO

Al haber culminado exitosamente con un gran esfuerzo mi trabajo de investigación quiero agradecer primeramente a nuestro Padre Dios Todopoderoso, por darme vida y salud para poder terminar mis estudios universitarios. También agradecer:

A mis padres, que me han apoyado con gran sacrificio durante todo este trayendo estudiantil.

Al Dr. PhD Julio Cesar Muñoz Rengifo, que estuvo a cargo de guiarnos en la realización del proyecto y en cada uno de los procesos de investigación.

Al Dr. Carlos Bravo Medina, que con total acogida y gratitud nos dio a conocer y facilitar toda la información necesaria para la elaboración del proyecto final.

A la Ingeniera Daisy Changoluisa, encargada del laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Amazónica, quien con gran carisma nos supo ayudar en la realización de los análisis de suelo.

Al Ing. Thony Huera, por ser un guía en la realización de los análisis de laboratorio.

A mis profesores que en cada uno de los semestres nos han compartido sus conocimientos y estar preparados para la vida profesional.

Junnior Estalin Llivigañay Pérez

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este proyecto a Dios ya que me dio la fortaleza de seguir adelante y así culminar con satisfacción.

A mi madre porque ser la persona que estuvo a mi lado apoyándome y aconsejándome desde el primer momento cuando empecé esta travesía universitaria.

A mis hermanos David y Andrés que me supieron brindar todo el apoyo y cariño en mi travesía universitaria.

A mi madrina Doris Arboleda, por brindarme todo el apoyo que necesite en toda mi etapa universitaria.

Jennifer Abigail Villarroel Rea

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezca a Dios y a mi familia quienes me apoyaron en la realización de este trabajo en especial a mi madre, María Rea por brindarme todo el apoyo para poder culminar este sueño tan anhelado.

Agradezco a la familia Ortiz Castro, por el apoyo que me supieron brindar en toda mi etapa universitaria en especial a mi madrina Doris Arboleda por la paciencia y el cariño brindado.

Al Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina y MSc. Jorge Luis Alba Rojas; por su valiosa predisponían y ayuda brindada a nosotros, y por permitirnos ser parte de uno de los proyectos de investigación de la Universidad Estatal Amazónica (UEA).

A la Ingeniera Daysi Changoluisa, encargada del laboratorio de suelos de la UEA, quien nos colaboró con el desarrollo de los análisis de las muestras dentro del laboratorio y nos impartió sus conocimientos para el desarrollo de estas.

Al Ing. Thony Huera, que me supo brindar todos sus conocimientos adquiridos en su etapa universitaria y así ser la guía para poder realizar los análisis de las muestras de suelos.

Jennifer Abigail Villarroel Rea

Resumen

El suelo es un recurso muy importante para el planeta, para el desarrollo de los ecosistemas, el crecimiento de la biodiversidad florística y faunística. En la actualidad el suelo es utilizado en mayor parte para las actividades agrícolas de hombre, presentando alteraciones de este recurso por los constante cambios de uso de suelos. Este presente proyecto realizado en las comunidades "Encañada"," Amazonas", "Putuimi" y "Puerto Santana", pertenecientes a la comuna San Jacinto del Pindo (vía Madre Tierra) ubicadas en la Provincia de Pastaza, Ecuador, pretendió comparar la fertilidad del suelo en los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años ante los constantes cambios de uso de suelo. Para alcanzar el objetivo planteado se estableció en cada finca una parcela de 10x100m con tres puntos de muestreo (P1, P2 Y P3) distribuidos a lo largo de toda la parcela y en cada punto se recolectaron muestras físicas y químicas. Para las muestras físicas se realizó mediante un barreno de tipo Uhland a tres profundidades de 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm para la evaluación de parámetros físicos. Para las muestras químicas se procedió a la toma de 5 submuestras homogeneizadas de suelo a una distancia de 5m del punto central a dos profundidades de 0-10cm y 10-30cm para el análisis de parámetros químicos. La caracterización física y química en los usos de suelo y zonas estudiadas indicaron cambios significativos en las propiedades del suelo en los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1 y 7 años en cuanto a los parámetros de propiedades de aireación y de retención. Indican que los constantes usos del suelo alteran la fertilidad el suelo y no permite conservar las propiedades físicas, el flujo del agua y aire, y de mantener la estructura del suelo.

Palabras claves: Fertilidad del suelo, propiedades de suelo, uso de tierra.

Abstract

Soil is a very important resource for the planet, for the development of ecosystems, the growth of floristic and faunal biodiversity. At present, soil is used mostly for agricultural activities of man, presenting changes in this resource due to constant changes in soil use. This present project carried out in the communities "Encañada", "Amazonas", "Putuimi" and "Santana", belonging to the commune of San Jacinto (via Madre Tierra) located in the Province of Pastaza, Ecuador, aimed to compare the fertility of the soil in the pigües of 1, 5 and 7 years before the constant changes of land use. To reach the objective set, a plot of 10x100m was established in each farm with three sampling points (P1, P2, and P3) distributed throughout the entire plot and at each point physical and chemical samples were collected. For the physical samples it was carried out by means of an Uhland-type drill at three depths of 0-10cm, 10-20cm and 20-30cm for the evaluation of physical parameters. For the chemical samples, we proceeded to take 5 homogenized sub-samples of soil at a distance of 5m from the central point at two depths of 0-10cm and 10-30cm for the analysis of chemical parameters. The physical and chemical characterization in the land uses and studied zones indicated significant changes in soil properties in the pigües of 1 and 7 years in terms of parameters of aeration and retention properties. They indicate that the constant uses of the soil alter the fertility of the soil and do not allow to conserve the physical properties, the flow of water and air, and to maintain the structure of the soil.

Keywords: Soil fertility, soil properties, land use.

INDICE DE CONTENIDO

1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. JUSTIFICACIÓN 3
1.3 PROBLEMA 4
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4
¿Cómo los pigües (*Piptocoma discolor*) de distintas edades en la zona de investigación afecta las propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la fertilidad? 4
1.5. HIPÓTESIS 4
1.6. OBETIVOS 4
1.6.1. Objetivo General 4
1.6.2. Objetivos específicos 4
CAPITULO II. 5
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 5
2.1.1 SUELO 5
2.1.2. AMAZONIA ECUATORIANA 5
2.1.3. PAISAJES Y SUELOS DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA: ENTRE LA CONSERVACIÓN Y LA EXPLOTACIÓN. 5
2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS AMAZÓNICOS 5
2.1.5 FERTILIDAD DEL SUELO 6
2.1.6. DIVERSIDAD DE FERTILIDAD DEL SUELO 7
Textura 7
2.1.7. PIGUE (Piptocoma discolor) 12
3.2. LOCALIZACIÓN 15
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN 16
En el presente trabajo se realizará la investigación experimental y exploratoria. 16
3.3.1. Investigación Experimental: 16
3.3.2. Investigación Exploratoria: 16
3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 16
3.4.1. Análisis Físicos 17
3.4.2. Análisis Químicos. 18
3.4.3. Análisis Estadísticos. 18
CAPITULO IV 20
4.1. RESULTADOS 20
4.2.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES 20
RESULTADOS 1 20

4.2.1.1. Analizar los parámetros físicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano. 20
4.2.1.3. Densidad Aparente (Da) 20
4.2.1.4. Conductividad Hidráulica saturada (Ksat, cmh^{-1}) 21
4.2.1.5. Porosidad Total (Pt) 22
4.2.1.6. Porosidad de aireación (Pa) 23
4.2.1.7. Porosidad de Retención (Pr) 24
RESULTADOS II 25
4.2.2. Parámetros químicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano. 25
4.2.2.1 Potencial Hidrógeno (pH) 26
4.2.2.2. Aluminio (Al+H), Aluminio intercambiable (Al) 26
4.2.2.3. Fósforo (P) 27
4.2.2.4. Potasio (K^{+}) 27
4.2.2.5. Calcio (Ca^{+2}) 28
4.2.2.6. Magnesio (Mg^{+2}) 28
4.2.2.7. Materia Orgánica (M.O) 28
RESULTADOS III 29
4.3.1. Relaciones entre los parámetros físicos y químicos del suelo desde un enfoque de fertilidad de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano. 29
4.3.1.1. Densidad aparente y Materia orgánica 32
4.3.1.2. Conductividad Hidráulica (Ksat) y Porosidad Total (Pt) 32
4.3.1.3. Porosidad Total (Pt) y Porosidad de Retención (Pr) 32
4.3.1.4. Materia Orgánica (M.O) y Porosidad Total (Pt) 33
4.3.1.5. pH y Materia Orgánica (M.O) 33
4.3.1.6. Fósforo (P) y Materia Orgánica (M.O) 33
CAPITULO V 34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34
4.4. CONCLUSIONES 34
4.5. RECOMENDACIONES 35
CAPITULO VI 36
BIBLIOGRAFIA: 36
CAPITULO VII 40
ANEXOS 40
ANEXOS DE FIGURAS 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaños de las texturas del suelo. 8
Tabla 2. Clases texturales del suelo. 8
Tabla 3. Clasificación botánica del Pigüe. 13
Tabla 4. Esquema de muestreo sistemático para la evaluación del suelo en Pigüe tecnificadas. 18
Tabla 5. Rangos de interpretación para parámetros químicos. 19
Tabla 6. Densidad aparente del suelo de Pigüe en profundidad de 0-10cm y 10-30cm. 20
Tabla 7. Densidad aparente del suelo de Pigüe en profundidad de 0-10cm y 10-30cm. 21
Tabla 8. Porosidad Total (Pt, %) del Pigüe en dos profundidades (0-10cm) y (10-30cm) de 1, 5 y 7 años. 22
Tabla 9. Porosidad de aireación (Pa) en Pigüe, a dos profundidades (0-10cm) y (10-30cm) de 1, 5 y 7 años. 23
Tabla 10. Porosidad de Retención (Pr) en dos profundidades (0-10cm) y (10-30cm) en el Pigüe de 1,5 y 7 años. 24
Tabla 11. Parámetros químicos del Pigüe de 1, 5 y 7 años asociados a la fertilidad del suelo para las dos profundidades 25
Tabla 12. Correlación de las propiedades físicas y químicas del suelo de 0 a 10cm de profundidad. 30
Tabla 13. Correlación de las propiedades físicas y químicas del suelo de 0 a 10cm de profundidad. 31
Tabla 14. Nutrientes esenciales, sus formas disponibles y su papel en el crecimiento y desarrollo de la planta. 40
Tabla 15. Rangos de interpretación de pH. 41
Tabla 16. Niveles críticos para la interpretación de los análisis de suelo. 42
Tabla 17. Clase textural del Pigüe de 1, 5 y 7 años de las profundidades de 0-10cm y 10-30cm. 43
Tabla 18. Materiales y Métodos. 44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Texturas del suelo 9
Figura 2. Localización de las zonas de estudio (Encañada, Amazonas, Putuimi y Puerto Santana). 15
Figura 3. Esquema de muestreo sistemático para la evaluación del suelo en Pigüe tecnificadas. 16
Figura 4. Recolección de Horajasca en cada uno de los puntos de muestreo. 45
Figura 5. Preparación de las herramientas para la recolección de muestras físicas y químicas. 45
Figura 6. A) Tamizado y B) pesado de las muestras de suelo. 46
Figura 7. Medición de pH. 46
Figura 8. Conductividad Hidráulica de muestras físicas. 47
Figura 9. A) Filtrado de muestras y B) absorción atómica en la máquina de espectro fotómetro. 47
Figura 10. A) Pesado y B) deshidratación de la hojarasca. 48
Figura 11. Grupo de trabajo 48

CAPITULO I.

1.1. INTRODUCCIÓN

La región amazónica ecuatoriana es un estado natural muy diferente a la Costa y Sierra, con una extensión de 115613 km^2, representa al 45% del territorio nacional. Su espesa vegetación y su alta diversidad biología y cultural se la considera como un área estratégica para la conservación. En esta región se han podido identificar 6 órdenes de clasificación taxonómicas de suelo: entisoles, inceptisoles, alfisoles, histosoles, hespodosoles y Molisoles (Larrea, 2012).

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes del planeta, puesto que contribuye con amplios campos ecosistemáticos para el crecimiento de la biodiversidad florística y faunística de la tierra, además se lo conoce como la capa superficial terrestre que puede abarcar una profundidad de centímetros o incluso metros (dependiendo de la capa), y dependiendo de los usos o fines que puedan tener en cuanto a las diferentes actividades generadas por el hombre, se manifiestan las diversas interface e intercambios entre la litosfera, la biosfera y la atmosfera. Por esto, es considerado como un medio tridimensional que cumple funciones ecológicas y socioeconómicas.

El aspecto más importante que posee el suelo es el dar un espacio de asentamiento para la proliferación de la vida vegetal, en donde gracias a sus nutrientes y macroelementos permiten el desarrollo de la biomasa subterránea para las plantas, puesto que alberga agua, oxígeno y nutrientes (recursos), los cuales permiten obtener un índice elevado de fertilidad para las plántulas, además que por medio de la fotosíntesis (en la biomasa aérea) y el acceso a los recursos del suelo sustentan sus actividades metabólicas.

La ideología de incrementar la tasa de fertilidad en suelos amazónicos mediante la regeneración de árboles de Pingüe, se basa en el uso de prácticas alternativas y desarrollo agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía, enfatizando sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones ecológicas y la relación existente entre sus componentes biológicos proveen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos, todo de acuerdo a las características propias de la especie forestal en mención (Altieri, 2002).

“Existen diversos factores climáticos, edáficos, geomorfológicos y topográficos, que determinan la capacidad de uso del suelo, los cuales influyen directa o indirectamente en la productividad y fertilidad de los terrenos (Hernández et al., 1995). Se puede afirmar que una caracterización biológica completa de un suelo (informando sobre el número de organismos, localización, actividad e interrelación con otras formas biológicas), no se ha realizado todavía. A pesar de ello los organismos son esenciales para el manejo adecuado de las propiedades físicas y de los ciclos biogeoquímicos de nutrientes en agroecosistemas (Badia, 1995)”.

Además, como sustento general para el presente trabajo de investigación se analizó la fertilidad del suelo mediante la incorporación del Pigüe *(Piptocoma discolor)* en el bosque siempre verde piemontano de las comunidades de Encañada, Amazonas, Puerto Santana y Putuimi pertenecientes a la comuna San Jacinto de Pindo, para lo cual se efectuó diferentes ensayos para la determinación de parámetros físicos y químicas, todo con el fin de obtener una comparativa técnica entre las características de los suelos estudiados y de esta manera determinar los diversos agentes que se encuentran afectando de forma directa o indirecta las propiedades de fertilización del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*).

1.2. JUSTIFICACIÓN

En las comunidades "Encañada"," Amazonas", "Putuimi" y "Puerto Santana", pertenecientes a la comuna San Jacinto del Pindo (vía Madre Tierra) ubicadas en la Provincia de Pastaza, Ecuador, los pobladores se dedican a la ganadería y agricultura para su propio consumo y la comercialización de los productos maderables como el Pigüe *(Piptocoma discolor).* En efecto estas actividades, agrícola y forestal, se estima que han provocado un desgaste de las propiedades del suelo, perdiendo su valor ecológico y rompiendo un complejo sistema que tienen para interactuar con los demás organismos. Además, las actividades agrícolas y las relacionadas con la producción del Pigüe *(Piptocoma discolor)* no tienen un manejo adecuado, tal es el caso que en algunas épocas del año comienzan a aparecer plagas que destruyen sus productos y como resultado pierden sus ingresos.

El Pigüe (*Piptocoma discolor*) es una especie es tan apreciada por los pobladores de las comunidades de este sector gracias a su resistencia, flexibilidad y ser muy liviano. En condiciones adecuadas estas especies se desarrollan sin ningún problema cuando los agricultores dejan un tipo de barbecho o después de una quema del terreno y estos árboles se han adaptado bastante bien a estos cambiantes usos de suelo. Debido al rápido crecimiento de esta especie en estos suelos las personas han aprovechado para la comercialización local y nacional, siendo una fuente de ingresos económicos para la población de ese sector.

Los constantes cambios en el uso de suelo pueden estar alterando la fertilidad del suelo y en consecuencia esto podría afectar el suministro de nutrientes que el Pigüe (*Piptocoma discolor*) necesita para su desarrollo ya que en cada etapa de su vida sus demandas de nutrientes pueden variar según su edad.

El motivo de esta investigación es conocer como el constante cambio de usos de suelo y el crecimiento de esta actividad va afectando la fertilidad del suelo en diferentes alturas y cómo interactúan los parámetros físicos y químicos con respecto de diferentes edades del Pigüe (*Piptocoma discolor*) a lo largo de su etapa de crecimiento.

1.3 PROBLEMA

El avance de las actividades agrícolas de las comunidades de la provincia de Pastaza ocasiona alteraciones en la fertilidad del suelo y la cobertura vegetal llevando a la aparición de problemas ambientales principalmente en la cobertura vegetal lo que a su vez afecta otros recursos como el suelo y reduciendo la demanda de nutrientes que necesita el Pigüe (*Piptocoma discolor*) para su desarrollo en estos suelos.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo los pigües (*Piptocoma discolor*) de distintas edades en la zona de investigación afecta las propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la fertilidad?

1.5. HIPÓTESIS

Si los pigües (*Piptocoma discolor*) de mayores edades en la zona de investigación demandan mayores cantidades de nutrientes, entonces, afectaría las propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la fertilidad.

1.6. OBETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Generar información base del estado actual de los suelos de la comuna San Jacinto de Pindo (comunidades: Encañada, Amazonas, Putuimi y Puerto Santana).

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar los parámetros físicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.
- ✓ Cuantificar los parámetros químicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.
- ✓ Establecer las relaciones entre los parámetros físicos y químicos del suelo desde un enfoque de fertilidad de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.

CAPITULO II.

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 SUELO

El suelo es el área superficial del planeta tierra cuya composición permite el desarrollo de y asentamiento de organismos vivos, principalmente la poliferación vegetal, esto debido a la capacidad de aportar nutrientes y absorber partículas minerales (Acosta, 2018).

2.1.2. AMAZONIA ECUATORIANA

La región amazónica ecuatoriana es una de las zonas de mayor biodiversidad del planeta, la cual está amenazada por la deforestación y el avance de la frontera agrícola hacia sistemas ganaderos poco sustentables (Bravo-Medina et al., 2017).

2.1.3. PAISAJES Y SUELOS DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA: ENTRE LA CONSERVACIÓN Y LA EXPLOTACIÓN.

Los estudios morfo-edafológicos realizados entre los años de 1979 y 1985 no revelan una información precisa a cerca de los paisajes y suelos amazónicos y, por lo tanto, PRO-NAREG-ORSTORM nos ofrece una forma de poder delimitar los principales paisajes y también los suelos de la Amazonia Ecuatoriana. La Amazonia Ecuatoriana está situado junto al sector más volcánico de la cordillera de los Andes. Esa una de las regiones más originales por tener una naturaleza y localización muy aleatorias definidas por un orden estructural geológico y gradientes climáticas (Custode y Sourdat, 1986).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS AMAZÓNICOS

Los suelos de la amazonia ecuatoriana son las zonas de mayor biodiversidad del planeta debido a la alta cantidad de nutrientes en su composición estructural, los cuales garantizan un ecosistema apto para el crecimiento faunístico y florístico. Gracias a lo antes mencionado los suelos de la amazonia ecuatoriana reflejan una producción vegetal excesiva, ya que tienen una concentración de nutrientes que incrementan sus propiedades de fertilidad, esto gracias a sus propios componentes arbóreos, puesto que al momento que

un árbol muere y reposa en el suelo, este funciona como contenido nutricional (materia orgánica en descomposición) para las plantas que se encuentra en su etapa de crecimiento.
Las propiedades que adquieren los suelos amazónicos, principalmente radican en el asentamiento de nuevas especies forestales, es decir al incremento de cobertura natural boscosa, esto debido a que el 95% de nutrientes reposan en los animales y plantas (al momento de su degradación), mas no directamente del suelo; por ende, la selva amazónica recibe los suficientes nutrientes para regenerarse y producir vida vegetal, a través la implementación continua de especies forestales, ya que de esta manera se incrementa realmente su fertilidad (Sanchez, 2007).

2.1.5 FERTILIDAD DEL SUELO

Se conoce a la fertilidad del suelo como la propiedad de generar elementos necesarios e importantes para el crecimiento y producción de especies vegetales, sin la manifestación de ningún tipo de sustancia toxica o contaminante, esto es vinculado directamente con la tipología de la planta a utilizar para enriquecimiento forestal de un área verde o recuperación de remantes boscoso en zonas degradadas, por tal razón se conoce que la tolerancia referida a la fertilidad del suelo no solo radica en sus propiedades, sino más bien en el tipo de especímenes vegetativas que se hallan incorporadas, por tal razón se dice que de acuerdo a las propiedades o calidad de plantas con las que se cuente, dependerá la regeneración de nuevas especies (Ansorena, 2005).

a) **Mineralogía del suelo**. Es una ciencia encargada del estudio de las propiedades física y químicas de minerales existentes en nuestro entorno que dependerá de disponibilidad que este para las plantas y la cantidad de nutrientes que contenga el suelo.
b) **Tipo de suelo u orden de suelo**. Se encargan de controlar la capacidad con la que el suelo retiene los nutrientes. Sabiendo eso podremos proporcionar información más útil sobre la fertilidad.

*2.1.*6. DIVERSIDAD DE FERTILIDAD DEL SUELO

2.1.6.1. FERTILIDAD NATURAL

Se determina fertilidad natural a las características propias de los suelos en los cuales no hay existido ningún tipo de intervención, es decir en hábitats vírgenes en los cuales se fomenta un vínculo directo con la vegetación que soporta y su área terrenal, ya que se auto provee de agua, macronutrientes y minerales para su respectivo crecimiento (Romero, 2008).

2.1.6.2. FERTILIDAD ADQUIRIDA

Este tipo de fertilidad es generado por la intervención de la mano del hombre, dando un incremento potencial a los cultivos, a través de incorporación de fertilizantes naturales, sustratos o incluso enriquecimiento forestal, lo que mejor considerablemente el índice de fertilidad del suelo (Romero, 2008).

2.1.6.3. FERTILIDAD ACTUAL

Son las características que presentan los suelos en periodos determinados, esto se basa en las condiciones climática, parámetros propios o naturales e inclusive por la incorporación de nutrientes de forma antropológica (Romero, 2008).

2.1.6.4. FERTILIDAD POTENCIAL

Como su nombre lo indica, este tipo de fertilidad es conocida como la capacidad estructural que posee el suelo para conservar y amparar sus propiedades generadas de forma natural. Para determinar esta clase de fertilidad se introducen componentes alternos que no se emplean de forma habitual en el medio de fertilidad natural (Romero, 2008).

2.1.6.5. FERTILIDAD FÍSICA

Textura

Los suelos presentaron clases texturales arcillosas y arcillo limosas con predominancia de materiales finos principalmente limo y arcilla, lo cual le proporcionan una mayor susceptibilidad a distintos procesos de degradación física, tales como sellado y encostrado superficial, erosión, compactación (Bravo et al., 2017). La textura del suelo se considera un

factor clave en el funcionamiento del mismo debido a su capacidad de soportar la vida vegetal y animal, y moderar la calidad ambiental (Bronick y Lal, 2005).

Tabla 1. Tamaños de las texturas del suelo.

Textura del suelo	
	Tamaño
Arena muy gruesa	1.00 - 2.00 mm
Arena gruesa	0.50 - 1.00 mm
Arena media	0.25 - 0.50 mm
Arena fina	0.10 - 0.25 mm
Arena muy fina	0.05 - 0.10 mm
Limo	0.002-0.05 mm
Arcilla	< 0.002 mm

Fuente: Sánchez, 2007.

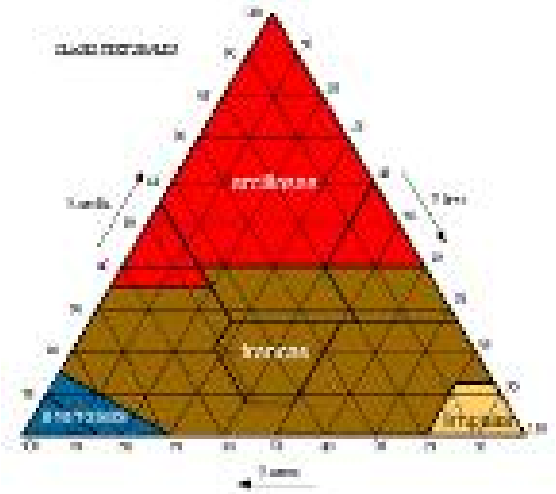
Una clase textural, es el nombre con que se designa a un suelo de acuerdo a la fracción o fracciones predominantes. El sistema contempla 12 clases texturales tal como se lo muestra en la Figura 3, originando los porcentajes (%) de cada clase."

Tabla 2. Clases texturales del suelo.

Clase textural		
Arena	Arena franca	Franco arcillo limoso
Limo	Franco arenoso	Franco arcillo arenoso
Arcilla	Franco arcilloso	Arcillo limoso
Franco	Franco limoso	Arcillo arenoso

Fuentes: Sanchez,2007.

Figura 1. Texturas del suelo



Fuente: Sánchez (2017)

Compactación del suelo

Este efecto provoca que el volumen ocupado de los poros disminuya y por tanto incrementa la densidad aparente y la tensión del suelo. Varios factores influyen en la compactación como por ejemplo el pisoteo constante de los animales y personas que hacen uso de este recurso. La textura y su contenido de humedad suele ser los más relevantes en relación con los espacios de los poros (Laureda, Botta, Tolón Becerra y Rosatto, 2016). El 20% de los suelos degradados se debe a la compactación por el tráfico agrícola y dando que en esta región las constantes lluvias hacen que el suelo cada vez se vaya petrificando causando el desarrollo de algas y falta de oxigenación por la excesiva humedad que contiene (Martiren, Fonterosa, Lastra-Bravo y Botta, 2016).

Existe dos zonas de compactación, la primera es más superficial elaborados por actividades de labranza, y la segunda parte es mucha más profunda y normalmente está presente en cualquier tipo de labranza. Una compactación superficial es producida por la presión que ejerce el tránsito y consolidación de las partículas, mientras tanto en la compactación profunda está relacionada con el peso del agente que aplica el estrés (Álvarez y Fernández, 2015).

Conductividad hidráulica

Se refiere a la velocidad con la que el agua pasa a través de una muestra de suelo por unidad de gradiente de carga (Moreno, Vachaud y Martín, 1983).

Porosidad y retención de agua en el suelo

El suelo como tal contiene diferentes estructuras pero que todas involucran la forma, el tamaño y el grado de los agregados porque todo esto afecta su porosidad y, por tanto, la retención, disponibilidad del agua y de la capacidad de contener aire. Esto afecta el crecimiento de los cultivos. Los parámetros como la retención del agua y porosidad están en constante vinculo porque la capacidad de retención de agua depende del número de poros, distribución del tamaño de los poros y la de la superficie especifica. Al aumentar la materia orgánica también aumenta el diámetro de los poros. La relación de densidad real y densidad aparente es de la siguiente manera:

$$f = 1 - \left\langle \frac{Pb}{Ps} \right\rangle \qquad (1)$$

Donde **f** es Porosidad Total, **Pb** es Densidad Aparente y **Ps** es Densidad Real (Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008).

2.1.6.6. FERTILIDAD QUÍMICA

Hace referencias a los fenómenos que se generan cuando se produce una mezcla o combinación de componentes, los cuales pueden ser de origen orgánico o inorgánico, y mejoran las propiedades químicas del suelo (Huerta, 2010).

pH.

Esta variable determina el grado de absorción de iones (H+) de las partículas del suelo estableciendo así, si un suelo resulta ser alcalino o ácido. También es el que interviene en la movilidad, solubilidad y disposición de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo, es decir, es un buen indicador de las disponibilidades que tiene las plantas para recibir los nutrientes de un suelo. Los suelos que tienden a ser muy ácidos tienen un rango de <5,5 y presentan altas cantidades de aluminio y manganeso que cabe recalcar son toxicas. Mientras tanto los suelos que presentan un rango de >8,5 son alcalinos e indican la capacidad que tienen para dispersarse (Almécija et al., 2007).

Al^{+3} intercambiable.

Estas variables ocasionan una disminución en el pH ya que es un catión que está en asociación con la acidez intercambiable del suelo. En decir, que al presentar una elevada concentración de aluminio provoca efectos negativos en las propiedades químicas del suelo en la solubilidad, disponibilidad y absorción de nutrientes y que por consecuencia provoca toxicidad para las plantas (Oliva Escobar y Arévalo, 2009).

Potasio.

Está estrechamente relacionada con las plantas, ya que es de fácil absorción y proviene de la liberación de los minerales primarios y secundarios como los minerales arcillosos que son a la fuente principal del potasio. Análisis químicos demuestran que el K total en un suelo no necesariamente muestra necesariamente un índice de fertilidad para los cultivos porque el K está en el suelo de diferentes formas. Pero el K en el suelo suele estar totalmente disponible para ser absorbido por las plantas de forma inmediata, sim embargo, el K en el suelo existe en pequeñas cantidades y las plantas pequeñas que están en su etapa de desarrollo son las primeras en absorberlas (Conti, 2000).

Calcio.

Este elemento es el más abundante y están los suelos en diferentes proporciones. Es un elemento que siempre está en los suelos en cantidades suficientes para la nutrición de las plantas, pero que dependerá también de que la especie no sea tan exigente. En las regiones templadas y húmedas en calcio es diez veces más abundante que el potasio cambiable. El contenido de iones totales en la solución del suelo es de 60-80% de los cuales las raíces de la planta solo necesitan un 3% del calcio disponible en el suelo y que es suficiente para satisfacer la demanda de una planta (Monge et al., 1994).

Nitrógeno en el suelo

Es un elemento muy importante dentro de la materia orgánica porque representa una reserva que contiene más del 90%. Pero este elemento en el suelo no puede estar disponible para cultivos, tiene que ser desmineralizado para su posterior utilización. La biomasa microbiana se encargará de descomponer el nitrógeno en amonio y nitratos. Las plantas absorben fácilmente los nitratos y tiene un efecto altamente para el desarrollo de una especie provocando el aumento de su contenido proteico y la biomasa producida.

(Figura 3, Anexos), se observa que solo una parte del nitrógeno que toma la planta regresa al suelo por lo que se concluye que estos balances pueden llegar a ser negativos si no te toman estrategias para impedir ese efecto. Las estrategias que se podrían aplicar serian con la fertilización e incorporación de leguminosas en rotación y disminuir las perdidas (Galantini et al., 2018).

Fosforo en el suelo

El suelo en estas regiones, especialmente de la parte agrícola normalmente es deficiente y debe ser atendida mediante la aplicación de fertilizantes químicos. El uso correcto de este elemento debe ser medido correctamente y con un estricto control ya que el abuso de este fertilizante puede conducir a la contaminación ambiental por su lixiviación hacia aguas subterráneas. También provoca la degradación de la calidad de los suelos y un incremento de su salinidad (Fernández, Mota y Mendoza, 2019).

Abundancia de lombrices en el suelo

Cumplen un rol muy importante en la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la aireación del suelo (Ulloa et al., 2018).Las lombrices son una maquina procesadora de materia orgánica en descomposición y de excrementos animales (Compagnoni y Putzolu, 2018). Estos animales son especies claves para la determinación de un suelo ya que modifica su composición y permite el desarrollo de especies animales y vegetales y manteniendo el equilibrio de un hábitat. Sin embargo, hay que saber que, así como son una especie excelente para descomponer el suelo, también es susceptible a cambios en el ambiente y la contaminación de los suelos ya que sus cuerpos son muy permeables y están expuestos a el contacto directo con alguna sustancia que podría matarlas.

2.1.7. PIGUE (*Piptocoma discolor*)

Es una especie nativa de la Amazonia de Sur América que normalmente habitan en los bosques secundarios de los cuales son predominantes. Es una especie arbórea perteneciente a la familia *Asterácea* de rápido desarrollo y de madera blanca que puede medir hasta los 30m con un diámetro de 60cm aproximadamente. La abundancia de esta especie fácilmente se la encuentra en la provincia de Pastaza en un radio de 30km

aproximadamente. Esta especie tiene un alto contenido de semillas y su forma de dispersión es por el viento (González et al., 2018).

Este recurso proporciona es muy demandante por su facilidad en proporcionar materiales de construcción, medicina, herramientas, alimento y sobre todo como una gran fuente de ingresos económicos para la gente campesina (Clavijo y Yanez, 2017).

2.1.7.1.Distribución natural del pigüe (*Piptocoma discolor*)

El pigüe (*Piptocoma discolor)* está distribuido por toda la región amazónica formando extensos bosques secundarios, la mayor densidad de estos árboles se encuentras dentro de la provincia y cantón Pastaza (Ver figura 1). La mejor zona para el pigüe (*Piptocoma discolor)* está en un área comprendida entre 25 a 30 km de radio. Se encuentra desde los 500 hasta los 1500 m.s.n.m. con una temperatura media de 20 ºC (Merino, 2010).

2.1.7.2.Clasificación y descripción, según la botánica

El pigüe (Piptocoma discolor) pertenece a la familia Asteraceae, es un árbol de madera blanda y de rápido crecimiento, es especie pionera, se regenera en forma natural en los claros de los bosques, puede crecer hasta alcanzar un diámetro de 60 cm y una altura máxima de 30 m. Presenta un tronco cilíndrico con ramificación por encima del tercio inferior, esta especie crece en suelos limosos y arcillosos bien drenados (Merino, 2010).

2.1.7.3.Clasificación botánica del pigüe.

Tabla 3. Clasificación botánica del Pigüe.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Genero	Pollalesta
Especie	Discolor

Fuente: Merino, 2010

La difusión de las semillas es realizada por las escamas florales típicas de la familia Asteraceae, su abundancia natural existe en los sistemas de rotación de cultivos, como también en superficies mono dominantes de bosques secundarios (Erazo, et.al., 2014).

2.1.7.4.Explotación del pigüe (*Piptocoma discolor*)

El pigüe (*Piptocoma discolor)* es una especie del bosque nativo secundario de la Amazonia. Su aprovechamiento es de 132 948,35 m3 se localiza en ocho provincias: Pastaza, Morona Santiago, Napo y Zamora Chinchipe, entre otras. Su explotación es autorizada mediante la aprobación de formularios. Se observa con un incremento del 14% de utilización de esta especie (MAE, 2011).

2.1.7.5.Usos del pigüe (*Piptocoma discolor*)

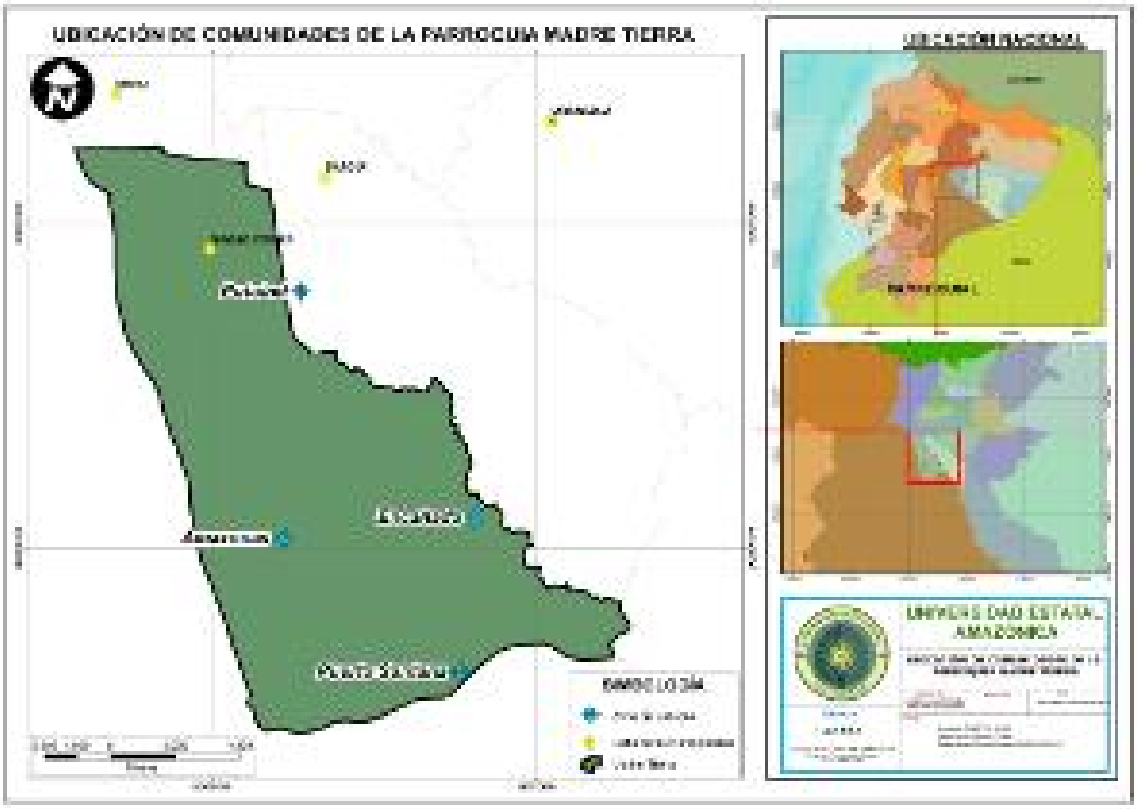
El pigüe (*Piptocoma discolor*) es una de las especies pioneras que se regenera en los bosques perturbados, el aprovechamiento de la manera se basa principalmente en la fabricación de cajas para transportar frutas y vegetales de la región y ser comercializados y así incrementar la economía en los hogares rurales (Erazo, et.al., 2014).

CAPITULO III.

3.2. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localizó en 4 lugares de la Provincia de Pastaza en la comuna San Jacinto del Pindo: “Encañada”, “Amazonas”,” Putuimi” y “Puerto Santana”, teniendo un promedio de temperatura de 21,35 °C y sus precipitaciones de 1000 a 4000 mm, una humedad relativa de 87,83% y entre los 1000 a 2000 msnm. En cada uno de los lugares mencionados se evaluó 1 finca de Pigüe tecnificada en la que se realizó el muestreo de suelo en campo para posteriormente realizar los análisis físicos y químicos.

Figura 2. Localización de las zonas de estudio (Encañada, Amazonas, Putuimi y Puerto Santana).



Fuente: Consejo Provincia de Pastaza GADPZ (2019).

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se realizó la investigación experimental y exploratoria.

3.3.1. Investigación Experimental:

Es aquella que tiene como objetivo un planteamiento científico el cual permite analizar los diferentes índices del suelo, tanto en laboratorio como en campo.

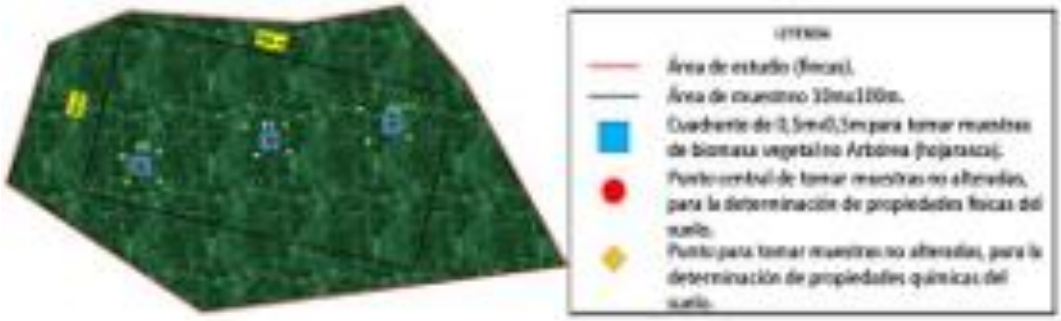
3.3.2. Investigación Exploratoria:

Es aquella que se ejecuta con el fin de medir los parámetros físicos y químicos de cada uno que permitan realizar una descripción o análisis de la fertilidad en Pigüe (*Piptocoma discolor*) de regeneración.

3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Usando un esquema del muestreo de suelo sistemático. Se realizó la siguiente secuencia:

Figura 3. Esquema de muestreo sistemático para la evaluación del suelo en Pigüe tecnificadas.



Fuente: GADPPz (2019).

- Se estableció el área de estudio.
- Se delimitó una parcela de 10m x100m
- Se dividió la parcela en tres subparcelas tomando en cuenta la distribución del Pigüe (*Piptocoma discolor*).
- Dentro del área de muestreo se ubicaron 3 puntos (P1, P2, P3).
- Dentro de la subparcela se desarrolló la recolección de muestras, en cada punto se procedió a recolectar una muestra física y una química. La muestra física se realizó en cada punto (P1, P2, P3), estas muestras son empaquetadas y etiquetadas. Para la

obtención de la muestra química se procedió a recolectar alrededor y a una distancia de 3 a 5 metros de cada punto (P1, P2, P3) 5 muestras simples de suelo, estas muestras son separadas de 0cm-10cm en un lugar y de 10cm – 30cm en otro lugar. Las muestras se homogenizan para obtener una muestra compuesta. Estas muestras serán empaquetadas y etiquetadas.

- En la parte central de las subparcelas se colocó un cuadrante de 0,5 m2 que definió el área para el muestreo de la hojarasca, y la toma de muestras no alteradas de suelo a tres profundidades (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) para la evaluación de parámetros físicos de fertilidad edáfica (Díaz, 2016).
- Mientras se realiza todo este trabajo se contabilizan las lombrices que se visibilicen dentro de las muestras recolectadas.
- Cada muestra física y química realizadas en cada punto deben ser empaquetadas y etiquetadas.

Determinación de las variables físicas a nivel de laboratorio

3.4.1. Análisis Físicos

Para la determinación de parámetros físicos del suelo se tomaron muestras no alteradas con cilindros de 5 cm de altura x 5 cm de diámetro recolectados con un tubo tipo Uhland, en los cuales se midieron las variables: a) Densidad aparente (Da) usando el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986) b) Conductividad hidráulica saturada (Ksat) mediante el método de carga variable, siguiente el método descrito (Pla, 2010), distribución de tamaños de poros: c) Porosidad total (Pt), d) Porosidad de aireación (Pa). Poros de radio >15 μm, e) Porosidad de retención (Pr) usando la mesa de tensión a saturación y a un potencial métrico de – 10 kPa (Blake y Hartge, 1986) bajo sus diferentes niveles críticos mostrados en la tabla.

Tabla 4. Esquema de muestreo sistemático para la evaluación del suelo en Pigüe tecnificadas.

Niveles Críticos		
Parámetro	Unidad	Valores
Densidad aparente (Da)	Mg m^{-3}	1,2
Conductividad hidráulica saturada (Ksat)	cm h^{-1}	0,5
Porosidad total (PT)	%	45
Porosidad de aireación (Pa > 15 μm)	%	10
Porosidad de retención (Pr < 15 μ)	%	25

Fuente: Pla, 2010

3.4.2. Análisis Químicos.

Para la medición de carbono orgánico total (COT) se determinó por medio de digestión húmeda (Nelson y Summer, 1982) y para el pH se usará el método potenciómetro con una relación suelo-agua 1:2,5), el nitrógeno total será determinado por el método de keldan y contenido de Fósforo (P), Azufre (S) y las bases cambiables (Ca, Mg, K), serán por la metodología de Olsen modificado (Bertsch, 1995).

3.4.3. Análisis Estadísticos.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de la muestra de suelo se usó como factor de comparación los diferentes usos del suelo y las profundidades consideradas. Como primer paso se obtuvo la estadística descriptiva que incluyó la media, la desviación estándar, valores mínimos y máximos. Posteriormente se realizó los análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey a un nivel de probabilidad de P_< 0,05. Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 21.

Tabla 5. Rangos de interpretación para parámetros químicos.

Rango de interpretación					
Parámetro	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Toxico
Aluminio (Al+H)	meq/100ml	<0,5	0,5-1,0	>1,5	
Aluminio intercambiable (Al)	meq/100ml	<0,3	0,3-1,0	>1,0	
Nitrógeno (NT)	%	<0,2	0,2-0,8	>0,8	>3,2
Materia orgánica (Mo)	%	<3,0	3,0-5.0	>5,0	
Fosforo (P)	ppm	<10	10-20,0	>20,0	
Potasio (K)	meq/100ml	<0,2	0,2-0,4	>0,4	
Calcio (Ca)	meq/100ml	<4,00	4,0-8,0	>8,0	
Magnesio (Mg)	meq/100ml	<1,0	1,0-2,0	>2,0	

Fuente: Bertsh, 1995

CAPITULO IV

4.1. RESULTADOS

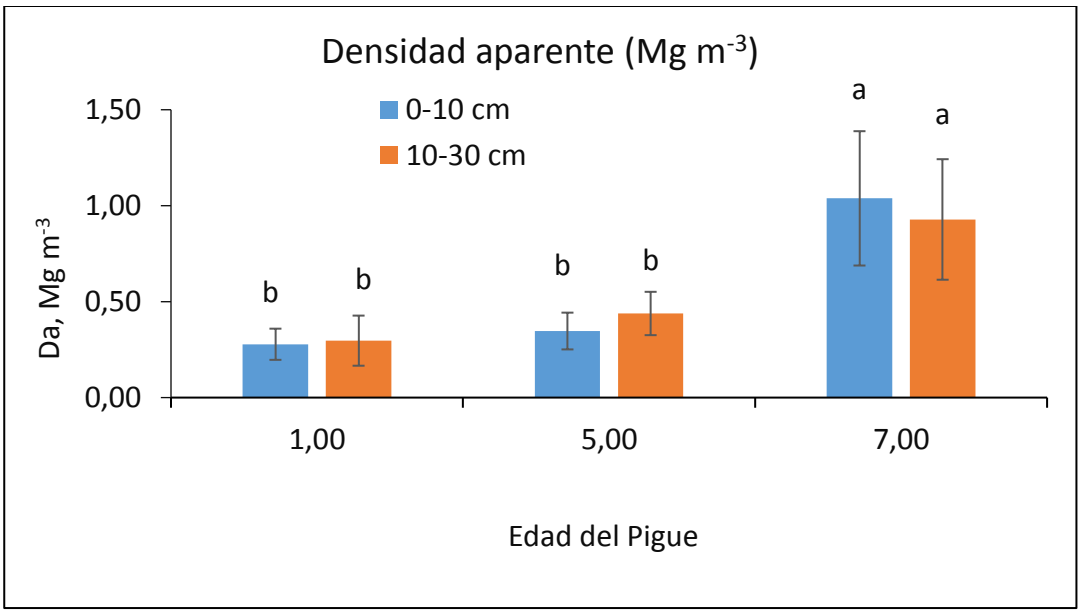
4.2.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES

RESULTADOS 1

4.2.1.1. Analizar los parámetros físicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.

4.2.1.3. Densidad Aparente (Da)

Tabla 6. Densidad aparente del suelo de Pigüe en profundidad de 0-10cm y 10-30cm.



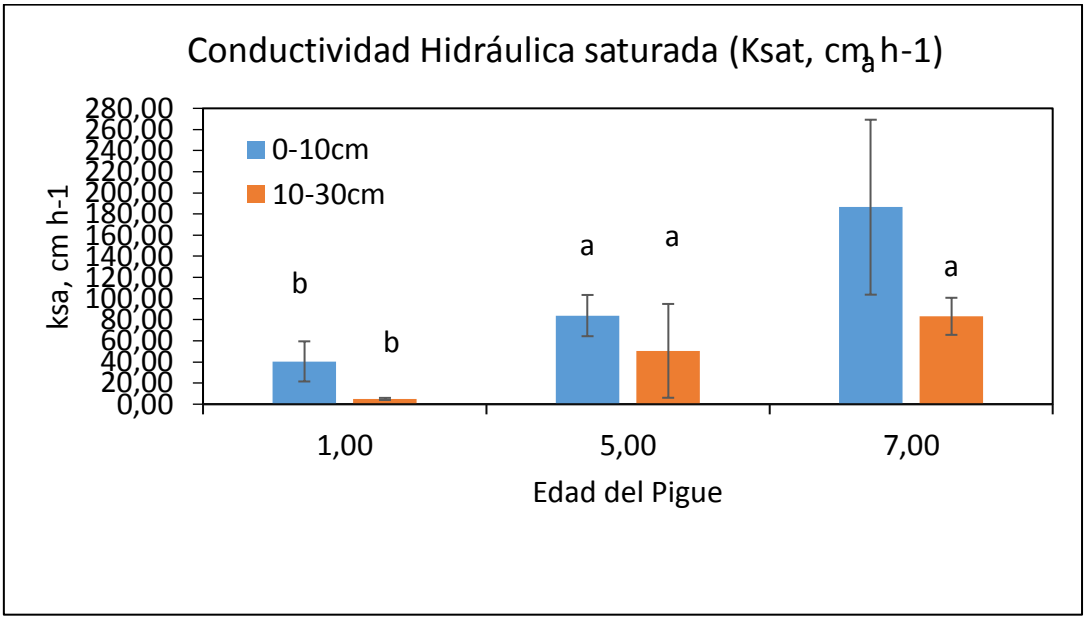
Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

En la tabla se aprecia el parámetro de densidad aparente asociado a la estructura de la fertilidad del suelo con los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años a dos profundidades distintas de 0-10 y 10-30cm. Se puede observar que la Da presentó diferencias significativas a un nivel de $P \leq 0{,}05$. Para el pigüe de 7 años en ambas profundidades, mientras que los pigües de 1 y 5 años presentaron valores bajos. Por lo tanto, los resultados indican que los valores obtenidos están por debajo del límite crítico de 1,3 Mgm^3 que establece Pla (2010), para texturas finas. Como podemos apreciar los

valores son bajos y no superan el 1,3 Mgm^3 por lo que podemos decir que no presentan problemas de compactación a los 30cm de profundidad. Estos resultados indican que es producto de un manejo dedicado principalmente a bosques con alta diversidad de árboles y amplia arquitectura radical que genera gran cantidad de materia orgánica y a la vez mejorando las condiciones físicas del suelo (Bravo, 2014).

4.2.1.4. Conductividad Hidráulica saturada (Ksat, cmh^{-1})

Tabla 7. Conductividad Hidráulica saturada de Pigüe en profundidad de 0-10cm y 10-30cm.



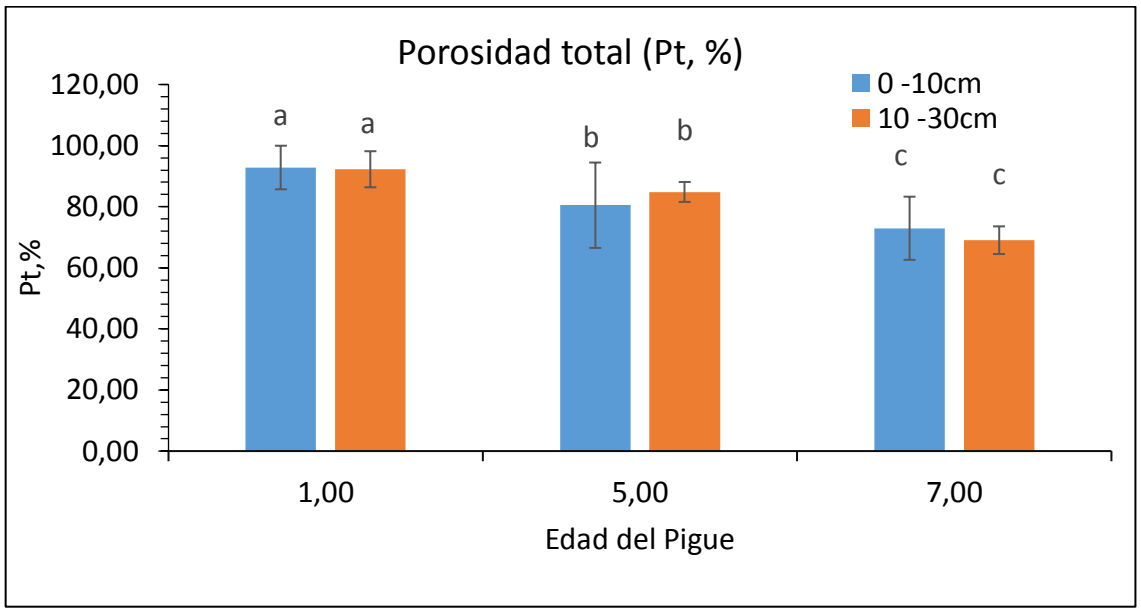
Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

En la Tabla 7, se puede apreciar los resultados en cuanto a Ksat en los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años a dos profundidades 0-10 y1 0-30cm. La Ksat presento diferencias significativas a un nivel de $P \leq 0,05$. En los pigües de 5 y 7 años estadísticamente no presentan diferencias significativas con respecto a la de 1 año. Sin embargo, estos resultados obtenidos indiferentemente de su uso reflejan altos valores de Ksat, indicando que está por encima de su nivel crítico (0,5 cm h^{-1}) (Pla, 1983). La Ksat es un factor importante debido a que está asociada a la facilidad de flujo del agua en el perfil del suelo, por lo que se vincula con los valores de porosidad del suelo. La Ksat resulta ser importante para asociar la facilidad del flujo del agua en los diferentes horizontes del suelo y se asocia con los valores de porosidad del suelo. Como podemos observar los valores

para cada profundidad, el Ksat ha ido aumentando conforme aumentan la edad del Pigüe, lo que nos indica que la porosidad aumenta a medida que aumenta la profundidad y, por tanto, facilita la infiltración del agua hacia la profundidad de los suelos. Ya que estos valores están por encima del límite crítico, es fácil imaginar que un cambio inverso de estos valores obtenidos limitaría la filtración de agua al suelo especialmente en zonas de alta pluviosidad y por consecuencia provocaría la acumulación grandes cantidades de agua que se encharcarían en lugares plano o erosionarían el suelo en lugares con pendiente. Estos resultados están asociados a la disminución de la porosidad de aireación y al cambio en el tipo de estructura que pasa de granular en superficie a blocosa débil (en forma de bloques) en la segunda profundidad (Bravo et al., 2015).

4.2.1.5. Porosidad Total (Pt)

Tabla 8. Porosidad Total (Pt, %) de los pigües de 1,5 y 7 años a dos profundidades (0-10 y 10-30cm).



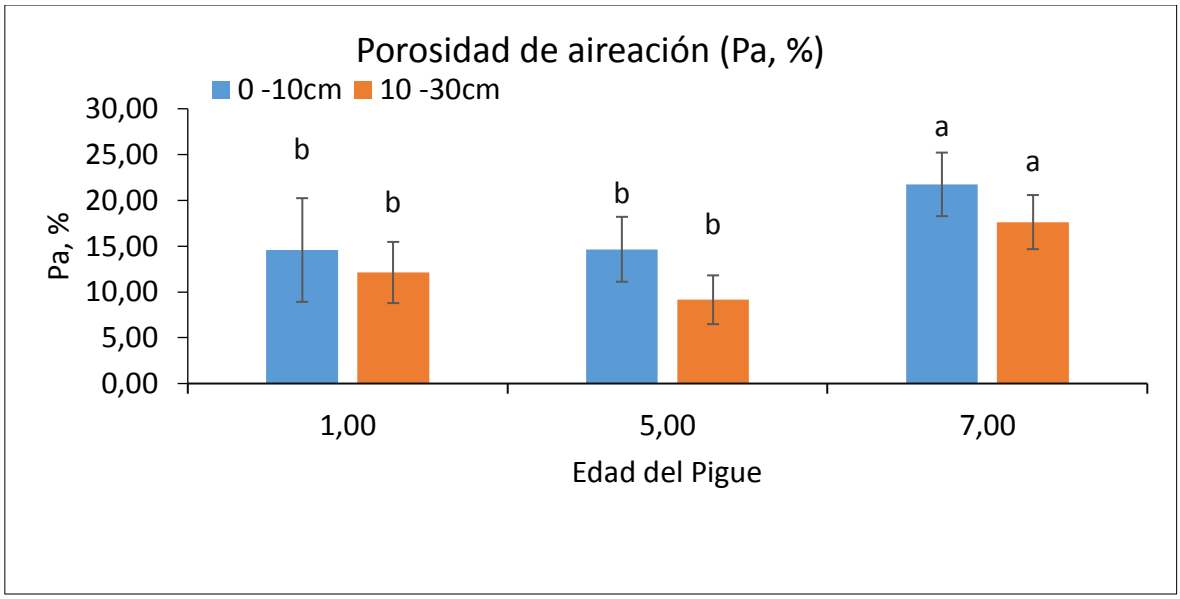
Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

En la Tabla 8, podemos apreciar el parámetro de porosidad total se asocia a la fertilidad del suelo con pigües de 1, 5 y 7 años a dos profundidades 0-10 y 10-30cm. La Pt presenta diferencias significativas a un nivel de $P \leq 0,05$. Sin embargo, los valores de Pt en ambas profundidades se consideran adecuadas muy por encima del valor de referencia de 45% para suelos de clase textural fina (Florentino, 1998). Los valores obtenidos son altos, lo

que ayuda a que el suelo tenga un buen manejo. El Pigüe *(Piptocoma discolor)* de 7 años los valores disminuyen en ambas profundidades debido talvez a cambios en la porosidad de retención o el contenido de arcilla. Un estudio de dos especies se analizó porosidad total obteniendo diferencias significativas en la capa superficial (0-15cm) del suelo disminuyendo con relación a la profundidad a 30cm además de sus resultados estaban relacionados a los valores de Da por efecto del pastoreo y de cultivos de cobertura (Vera et al., 2012).

4.2.1.6. Porosidad de aireación (Pa)

Tabla 9. Porosidad de aireación (Pa) en Pigüe, a dos profundidades (0-10cm) y (10-30cm) de 1, 5 y 7 años.



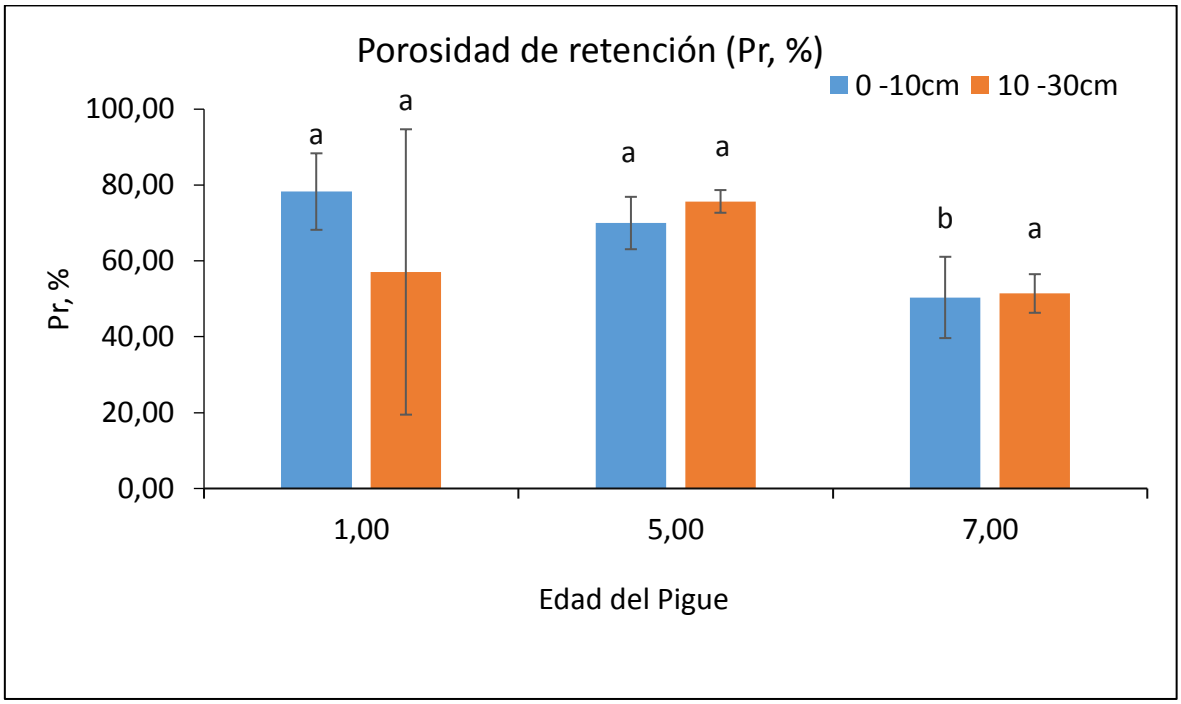
Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

En la Tabla 9, se puede apreciar el parámetro la Pa en los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años a dos profundidades 0-10 y 10-30cm. Como podemos observar en la tabla que el pigüe de 7 años presentó diferencias significativas con respecto a los pigües de 1 y 5 años para las dos profundidades (0-10 y 10-30cm). Se puede apreciar que los valores del pigüe de 5 años para la segunda profundidad (10-30cm) no supera el límite crítico (<10%) que establece Pla (2010), comportamiento diferente lo muestra la primera profundidad su valor sobrepasa el umbral al 10% al igual que el Pigüe de 1 y 7 años. Para la segunda profundidad (10-30cm) en el Pigüe de 5 años no presenta problemas de aireación y por tanto facilita el flujo de agua aire. Sim embargo, en la primera profundidad (0-10cm) se

aprecia valores superiores al 10%, afectando el flujo de agua y aire. Esto está asociado a la actividad intensiva de pastoreo por lo que el pisoteo de los animales influye en el potencial de desarrollo de las raíces reduciendo su capacidad de penetración y la disminución de la capacidad exploratoria en el suelo (Da Silva et al., 2003).

4.2.1.7. Porosidad de Retención (Pr)

Tabla 10. Porosidad de Retención (Pr) en dos profundidades (0-10cm) y (10-30cm) en el Pigüe de 1,5 y 7 años.



Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

En la Tabla 10. podemos apreciar el parámetro de porosidad de retención asociada a la fertilidad del suelo, se puede observar que la Pr del suelo, presenta diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05. en la primera profundidad (0-10cm) entre el Pigüe *(Piptocoma discolor)*, de 1 y 7 años. Sin embargo, indiferentemente de la profundidad y su uso el límite crítico para porosidad de aireación no debe ser menor al 25% (Pla, 2010). Por lo tanto, podemos decir que no presenta problemas de retención de agua. También observamos que a medida que aumenta los años del Pigüe, va disminuyendo la porosidad de retención. Como conclusión decimos que hay una disminución de la porosidad del suelo que lleva a que haya una disminución en la capacidad de retener humedad, lo cual afectaría

a una zona de alta pluviosidad como la amazonia. Con una alta retención junto a la adecuada macroposidad permite el flujo y retención minimizando el volumen de agua que potencialmente puede generar problemas de erosión (Bravo, 2014).

RESULTADOS II

4.2.2. Parámetros químicos asociados a la fertilidad del suelo de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.

Tabla 11. Parámetros químicos del Pigüe de 1, 5 y 7 años asociados a la fertilidad del suelo para las dos profundidades

EDAD (0-10CM)			
Variables	**Media - Ds 1**	**Media - Ds 5**	**Media - Ds7**
pH	5,07 ± 0,27 **b**	5,15 ± 0,32 **a**	5,65 ± 0,21 **a**
Al+H meq/100ml	1,50 ± 0,25 **a**	1,14 ± 0,61 **a**	0,63 ± 0,16 **a**
Al meq/100ml	0,47 ± 0,25 **a**	0,37 ± 0,13 **a**	0,33 ± 0,16 **a**
M.O %	37,20 ± 9,77 **a**	29,16 ± 8,52 **a**	11,01 ±4,90 **b**
P ppm	3,57 ± 3,14 **a**	4,74 ±3,38 **a**	7,62 ± 3,22 **a**
K meq/100ml	0,22 ± 0,11 **a**	0,18 ±0,09 **a**	0,12 ± 0,03 **a**
Ca meq/ 100ml	2,87 ± 2,30 **a**	3,60 ± 3,41 **a**	3,37 ± 155 **a**
Mg meq/ 100ml	0,76 ± 0,48 **a**	0,71 ± 0,48 **a**	0,66 ± 18 **a**
EDAD (10-30cm)			
pH	5,55 ± 0,30 **a**	5,49 ± 0,25 **b**	5,91 ± 0,24 **a**
Al+H meq/100ml	0,57 ± 0,12 **a**	0,54 ± 0,21 **a**	0,48 ± 0,12 **a**
Al meq/100ml	0,33 ± 0,06 **a**	0,21 ± 0,11 **a**	0,22 ± 0,08 **a**
M.O %	18,70 ± 2,40 **a**	20,17 ± 6,64 **a**	4,97 ± 2,02 b
P ppm	2,34 ± 1,00 **a**	3,04 ± 6,00 **a**	4,05 ± 1,84 **a**
K meq/100ml	0,5 ± 0,02 5 **a**	0,08 ± 0,07 **a**	0,06 ± 0,01 **a**
Ca meq/ 100ml	0,82 ± 0,53 **a**	1,48 ± 1,43 **a**	1,34 ± 0,23 **a**
Mg meq/ 100ml	0,25 ± 0,06 **a**	0,27 ± 0,16 **a**	0,26 ± 0,08 **a**

Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villaroel (2019).

4.2.2.1 Potencial Hidrógeno (pH)

En esta tabla podemos apreciar el parámetro pH asociados a la fertilidad del suelo con pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años a dos profundidades de 0-10 y 10-30cm respectivamente. Podemos observar que el pH presentó diferencias significativas en el horizonte superficial (0-10cm) entre el Pigüe de 1 y 7 años. De igual manera se presentó diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05 para la segunda profundidad (10-30cm). Como podemos observar los valores disminuyen según su profundidad, es decir, mientras más profundo, más alto es el valor. Se observa que también que los valores de pH aumentan a medida que aumento la edad del Pigüe tanto como en el horizonte superficial como en la segunda profundidad. Por lo tanto, se aprecia que el pH en el horizonte superficial va desde lo ácido (Ac) hacia lo medianamente ácido (Me Ac). Y para la segunda profundidad su pH es medianamente ácido (Me Ac). Se obtiene que la causa que genera dicha acidez son la presencia de aluminio e hidrógeno, lo cual presenta una limitación para la producción de cultivos y minimiza la absorción de nutrientes (Bravo et al., 2008). Estos datos nos dicen que los suelos cada vez son ricos en magnesio, calcio y potasio a medida que aumenta las edades del Pigüe.

4.2.2.2. Aluminio (Al+H), Aluminio intercambiable (Al)

En esta tabla podemos apreciar dos parámetros químicos asociados a la fertilidad del suelo en la que se observó que la acidez, no presenta diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05 para ambos horizontes (0-10cm) y (10-30cm). De acuerdo con los rangos para la interpretación de análisis de suelos, indican que están dentro de los valores adecuados (0,5-1,5) los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años. El aluminio intercambiable, tampoco presento diferencias significativas para los dos horizontes en los pigües de 1, 5 y 7 años. Los valores del horizonte superficial (0-10cm) están dentro de los rangos medios (0.3-1.0). Sin embargo, los valores de la segunda profundidad presentan una disminución en el aluminio intercambiable. Esta disminución de provocará que aumente su fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas aumentado la productividad del suelo (Casanova, 2005). El mayor valor de acidez intercambiable en el horizonte superficial puede estar relacionado con la descomposición de residuos y de ácidos proveniente de los altos contenidos de materia orgánica presente en el suelo (Lozano et al., 2009; Bravo et al., 2008).

4.2.2.3. Fósforo (P)

En la tabla podemos apreciar el parámetro Fósforo (P) que también forma parte de la asociación en la fertilidad de los suelos y que en ella podemos observar que no presenta diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05. Demostrando que en ninguno de los horizontes (0-10cm) y (10-30cm), y según el rango de interpretación presenta valores bajos. El fosforo es un elemento muy importante para el desarrollo óptimo de las plantas ya que si un suelo contiene valores adecuados de fósforo favorecerá el desarrollo de las raíces y estimularán el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005). Por lo tanto, podemos decir que estos suelos que fueron evaluados durante toda la ejecución del proyecto son bajos en este elemento. Algunos autores señalan que el uso de sistemas de conservación y la aplicación de residuos superficiales producen un incremento del P, Atribuido a la naturaleza poco móvil del adecuado y la descomposición de residuos (Selles et al., Bravo et al., 2006; Bravo et al., 2008).

4.2.2.4. Potasio (K^+)

En la tabla podemos ver el parámetro de K^+ que de igual manera forma parte la asociación que tiene con la fertilidad del suelo. Se observó que el potasio (K^+), no presenta diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05. En los horizontes superficiales (0-10cm) en los pigües *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años. De igual manera para el segundo horizonte (10-30cm) no presenta diferencias significativas en los pigües de 1, 5 y 7 años. Por lo tanto, se aprecia según los valores de interpretación de los análisis de suelos que son bajos en los suelos superficiales (0-10cm). En unos estudios se realizó el contenido de potasio (K^+) en épocas de lluvia y secas obteniendo diferencias significativas mostrando valores más altos en épocas secas encontrando valores más altos y aumentando la cantidad de materia orgánica favoreciendo la actividad biológica de macro y microorganismos en el suelo ayudando a la mineralización, movilización y disponibilidad de elementos como potasio (K), nitrógeno (N), y fósforo (P) (Razz et al., 2006) .Sin embargo, en el segundo horizonte (10-30cm) los valores disminuyen pasando de un rango medio a un bajo, a medida que aumenta la edad del Pigüe.

4.2.2.5. Calcio (Ca^{+2})

En la tabla se aprecia el Ca^{+2} como un parámetro químico asociado a la fertilidad del suelo y que en esta tabla se observó que no presentó diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05 para la primera profundidad (0-10cm) en los pigües *(Piptocoma discolor)* estudiados. Según la interpretación de los análisis de suelo el horizonte superficial se encuentra dentro de los rangos medios en el Pigüe de 7 años. Sin embargo, en la segunda profundidad (10-30cm) los valores de Ca^{+2} van aumentando a medida que incrementa la edad del Pigüe de 1 año con 0,82 a un Pigüe de 7 años con un valor de 1,34, pero que, dentro de la interpretación para los análisis de suelos sus valores son bajos. El calcio tiene una relación directa con el pH del suelo. Un Ca que no está en estrecha relación con el pH provoca una descompensación en el suelo e impide el desarrollo de especies.

4.2.2.6. Magnesio (Mg^{+2})

En la tabla podemos apreciar el parámetro químico de Mg^{+2} que también forma parte de una asociación con la fertilidad del suelo. Se observó que el magnesio cumple una función muy importante dentro de la fotosíntesis, su disponibilidad y absorción normalmente se ve afectado por el pH, Temperatura y bases como (potasio, calcio y aluminio). El Mg no presentó diferencias significativas a un nivel de P≤ 0,05, en los horizontes superficiales (0-10cm), mostrando valores que disminuyen conforme pasa aumenta la edad del Pigüe *(Piptocoma discolor)* y manteniéndose en el rango medio. Por otra parte, en el segundo horizonte (10-30cm) el Mg se comportó de similar manera que el Ca^{+2} donde sus valores de interpretación para análisis de suelos se quedan en el rango bajo. El Mg en el horizonte superficial se categorizan como moderado, mientras que en la segunda capa presentan valores clasificados como bajos (Berth, 1995).

4.2.2.7. Materia Orgánica (M.O)

En la tabla podemos apreciar a la materia orgánica como otro parámetro químico en asociación con la fertilidad del suelo. Se observó que la materia orgánica en el horizonte superficial (0-10cm), los valores van disminuyendo a medida que aumenta las edades del Pigüe. Sin embargo, sus valores para interpretar los análisis de suelo constan entre los rangos más altos. En cambio, el segundo horizonte (10-30cm), presentó una diferencia significativa en el Pigüe *(Piptocoma discolor)* de 1 y 5 años con una alta concentración de materia orgánica a excepción del Pigüe de 7 años que arrojaron valores moderados. La

M.O. en el Pigüe de 1 y 5 años son superiores a los niveles de interpretación para análisis de suelo (>5.0), en cuanto al Pigüe de 7 años podemos decir que, de acuerdo con sus valores, están dentro del rango medio. Los altos valores de la MO son deseables para la producción de cultivos y en la reducción de CO_2 al medio ambiente, su acumulación depende básicamente de restos de vegetales y animales (Núñez *et al.*, 2011).

RESULTADOS III

4.3.1. Relaciones entre los parámetros físicos y químicos del suelo desde un enfoque de fertilidad de Pigüe (*Piptocoma discolor*) en el bosque siempre verde piemontano.

Cabe recalcar que para interpretar la tabla de correlación es importante saber que el signo menos (-) significa que un parámetro disminuye a medida que aumenta el otro parámetro, mientras que los valores positivos (+) significaran que el valor de ambos parámetros aumenta. A continuación, observaremos las correlaciones más significativas entre:

Tabla 12. Correlación de las propiedades físicas y químicas del suelo de 0 a 10cm de profundidad.

Variables	Da	Ksat	Pt	Pa	Pr	pH	$Al^{3+}+H^{+}$	Al^{3+}	MO	P	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Da	1,00												
ksat	-0,02	1,00											
Pt	-0,27	**-0,45****	1,00										
Pa	0,00	0,47**	-0,12	1,00									
Pr	-0,24	-0,57**	**0,76****	-0,56**	1,00								
pH	0,30	-0,02	-0,25	0,27	-0,27	1,00							
$Al^{3+}+H^{+}$	-0,18	0,12	0,11	-0,12	0,13	-,79**	1,00						
Al^{3+}	0,01	0,11	0,11	0,21	-0,08	-0,51**	0,70**	1,00					
MO	**-0,53****	-0,13	**0,36***	-0,28	0,45**	**-0,78****	0,50**	0,28	1,00				
P	0,19	0,16	-0,14	0,17	-0,19	0,00	0,00	0,19	0,03	1,00			
K^{+}	0,02	-0,36*	0,22	-0,18	0,17	-0,23	0,09	0,12	**0,43***	0,01	1,00		
Ca^{2+}	0,35*	-0,08	-0,05	0,08	-0,15	0,20	-0,24	-0,06	-0,04	0,34	0,67**	1,00	
Mg^{2+}	0,26	-0,04	-0,03	0,09	-0,11	0,09	-0,10	-0,06	0,03	0,32	0,62**	0,90**	1,00

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05

(bilateral).

a Profundidad = 0-10

cm

Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

Tabla 13. Correlación de las propiedades físicas y químicas del suelo de 10 a 30cm de profundidad.

Variables	Da	Ksat	Pt	Pa	Pr	pH	$Al^{3+}+H^{+}$	Al^{3+}	MO	P	K^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Da	1,0												
Ksat	0,2	1,0											
Pt	-0,86**	**-0,3**	1,0										
Pa	0,3	0,35*	-0,41*	1,0									
Pr	-0,2	-0,1	**0,2**	-0,48**	1,0								
pH	0,49**	0,47**	-0,43*	0,49**	-0,3	1,0							
$Al^{3+}+H^{+}$	0,2	-0,3	-0,2	-0,3	0,1	-0,395*	1,0						
Al^{3+}	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	0,1	-0,3	0,87**	1,0					
MO	**-0,65****	-0,40*	**0,75****	-0,45**	0,3	**-0,59****	-0,2	-0,2	1,0				
P	0,1	0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	1,0			
K^{+}	-0,2	-0,1	0,1	-0,1	0,2	-0,44*	0,1	0,1	**0,3**	-0,2	1,0		
Ca^{2+}	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	-0,1	-0,2	0,38*	1,0	
Mg^{2+}	0,1	-0,3	-0,2	0,0	0,0	-0,2	0,51**	0,42*	0,0	-0,3	0,41*	0,63**	1,0

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

a Profundidad = 10-30 cm

Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019)

4.3.1.1. Densidad aparente y Materia orgánica

En esta tabla podemos apreciar la correlación que existe entre los parámetros físicos y químicos que tiene en las dos profundidades de 0-10cm y de 10-30cm. Se observó que en el horizonte superficial (0-10cm) y tomando estos dos parámetros podemos apreciar que su valor es negativo (-0,53), indicando que a medida que aumenta la materia orgánica, disminuye la Da y viceversa, son inversamente proporcionales. En el segundo horizonte (10-30cm) observamos que su acción es similar al del horizonte superficial, con valores negativos (-0,65) indicando que ambos parámetros son inversamente proporcionales. Desde un punto de vista de la fertilización esto podría ser importante porque ayudaría a los cultivos en la penetración de las raíces al suelo y en la compactación de este (Bravo et al., 2004).

4.3.1.2. Conductividad Hidráulica (Ksat) y Porosidad Total (Pt)

En la tabla podemos apreciar dos parámetros físicos y químicos a una profundidad de 0-10cm y de 10-30cm, en la que se observó que en el horizonte superficial (0-10cm) que los parámetros de conductividad hidráulica (Ksat) y porosidad total (Pt) tiene un valor negativo (-0,45), indicándonos que al aumentar Ksat, disminuye la Pt y viceversa. En el segundo horizonte (10-30cm) apreciamos que el valor también es negativo (-0,3), es decir estos parámetros serán inversamente proporcionales.

4.3.1.3. Porosidad Total (Pt) y Porosidad de Retención (Pr)

Se observó que tanto el horizonte superficial (0-10cm) como el segundo horizonte (10-30cm) obtuvieron valores positivos (0,76) y (0,2), indicando que a medida que aumenta la porosidad total (Pt), también aumentará la porosidad de retención (Pr), es decir son directamente proporcionales. Sin embargo, en el horizonte superficial nos muestra correlaciones significativas. Talvez se deba a los altos valores de porosidad de retención que facilita el contenido de humedad en el suelo y el movimiento de agua, aire y solutos en el perfil del suelo, estos dos parámetros tienen una relación directa, porosidad de retención o macroporosidad es uno de los componentes para determinar la porosidad total en suelo y sus cambios o alteraciones (Bravo et al., 2004).

4.3.1.4. Materia Orgánica (M.O) y Porosidad Total (Pt)

Se observó que en ambos horizontes (0-10cm; 10-30cm) presentaron valores positivos (0,36) y (0,75) indicando que estos parámetros tienen una relación directa, ya que al aumentar la M.O, también aumentará la Pt. Cabe recalcar que el Pt indica la facilidad de flujo de agua y aire en el perfil del suelo debiendo obtener un porcentaje mayor a 45% para no presentar problemas (Florentino, 1998).

4.3.1.5. pH y Materia Orgánica (M.O)

Se observó que en las dos profundidades de suelo (0-10cm; 10-30cm) se obtuvieron valores negativos de (-0,78) y (-0,59), indicando que a medida que a una mayor cantidad de materia orgánica habrá una disminución en los niveles de pH en el suelo. Se señaló que la materia orgánica es una de las fuentes principales para la fertilidad del suelo y su favorable estructura provocando un pH acido en el suelo (Bravo et al., 2008).

4.3.1.6. Fósforo (P) y Materia Orgánica (M.O)

Se observó que en las dos profundidades (0-10cm; 10-30cm) presentaron valores positivos de (0,43) y (0,3) indicando que, al aumentar la materia orgánica en el suelo, también aumentara el fósforo. Desde un punto de vista de la fertilidad estos valoren favorecen al suelo ya que se requiere de que un suelo tenga grandes cantidades de fosforo para que una raíz se fortalezca y sea optimo el crecimiento de las plantas (Casanova, 2005).

CAPITULO V

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Los análisis de los parámetros físicos del suelo indican que hubo diferencias significativas en las dos profundidades con excepción del Pigüe *(Piptocoma discolor)* de 1 y 7 años para los parámetros de porosidad de aireación y porosidad de retención. Indica que los diferentes usos de tierra alteran de manera significativa la fertilidad del suelo lo cual no permite conservar las propiedades físicas, el flujo del agua y aire, y de mantener la estructura de los suelos.

- Todos los parámetros químicos no presentaron diferencias significativas estando entre los rangos de bajos a medios. El pH en cambio sí demostró haber sufrido una diferencia significativa en los suelos de Pigüe *(Piptocoma discolor)* de 1, 5 y 7 años progresivamente pasando de un suelo ácido a un suelo medianamente ácido según los niveles críticos.

- Los parámetros físicos y químicos señalan que cada uno de ellos influye bastante en el comportamiento favorable de los suelos ayudando a mejorar la fertilidad de los suelos que a su vez favorece el desarrollo del Pigüe *(Piptocoma discolor).*

- A pesar de que existe una alta cantidad de materia orgánica en estos suelos, el Pigüe *(Piptocoma discolor)* puede adaptarse fácilmente y también a los constantes cambios de uso de suelo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de seguimiento para las zonas y de los usos de suelo para evitar la degradación de los suelos en especial de la gente que vive de la agricultura.

- Crear campañas y socializar a la gente campesina sobre el manejo y conservación de los suelos en cultivos.

- Implementar la evaluación integral del parámetro físicos y químicos antes de la ejecución de proyecto para evitar impactos ambientales.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA:

- Acosta, C. (2018). El suelo agrícola, un ser vivo. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, 3(5), 55-60.
- Albert, L. A. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. Albert LA, Jacott M. México tóxico. Capítulo, 4, 38-52.
- Almécija, M. C., Ibáñez, R., Guadix, A., y Guadix, E. M. (2007). Effect of pH on the fractionation of whey proteins with a ceramic ultrafiltration membrane. Journal of Membrane Science, 288(1-2), 28-35.
- Álvarez, C., y Fernández, P. (2015). La compactación de los suelos bajo agricultura. Paper presented at the Simposio de Fertilidad.
- (Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *SARANDON, SJ Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires–La Plata*, 49-56.).
- Arroyave, S. M. S. and F. J. C. Restrepo (2009). "Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica." Semestre Económico 12(23): 13-34.
- Blake, G.R., and K.H. Hartge. (1986). Bulk Density.In A. Klute (ed.) Methods of soil Analysis. Part 1 – Physical and Mineralogical Methond Second Edition.
- Bravo-Medina, C., Marín, H., Marrero-Labrador, P., Ruiz, M. E., Torres-Navarrete, B., Navarrete-Alvarado, H., . . . Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. Bioagro, 29(1), 23-36.
- Bravo, C., Torres, B., Alemán, R., Marín, H., Durazno, G., Navarrete, H., . . . Tapia, A. (2017). Indicadores morfológicos y estructurales de calidad y potencial de erosión del suelo bajo diferentes usos de la tierra en la Amazonía Ecuatoriana. An. Geogr. Univ. Complut, 37, 247-264.
- Bravo, C., Z. Lozano, R. M. Hernández, L. Piñango, y B. Moreno. 2004. Efectos de diferentes especies de cobertura sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. Bioagro 16: 163-172.

- Bravo, C., Lozano, Z., Hernández-Hernández, R. M., Cánchica, H., & González, I. (2008). SIEMBRA DIRECTA COMO ALTERNATIVAAGROECOLÓGICA PARA LA. ACTA BIOLOGICA VENEZUELICA, 28(1), 15-28.
- Bronick, C. J., y Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. Geoderma, 124(1-2), 3-22.
- Casanova, E. (2005): Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela. - Consejo de Desarrollo Humanístico y Científico, Caracas. Venezuela. 481 pp.
- Clavijo, J. C., y Yanez, P. (2017). Plantas frecuentemente utilizadas en zonas rurales de la Región Amazónica centro occidental de Ecuador. INNOVA Research Journal, 2(6), 9-21.
- Compagnoni, L., y Putzolu, G. (2018). Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus: Parkstone International.
- Conti, M. E. (2000). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS(8), 25-37.
- Custode, E., y Sourdat, M. (1986). Paisajes y suelos de la Amazonía ecuatoriana: entre la conservación y la explotación. Cultura, 24, 325-337.
- Da Silva, A. P., S. Imhoff, y M. Corsi. 2003. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system.70: 83-90.
- Díaz, M. A. Z., & Castro, J. B. G. (2018). Macrofauna y propiedades fisicoquímicas del suelo de cultivos de coffea arábica l., Moyobamba (Perú). *CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO*, *9*(1), 121-128.
- Erazo, G. I. (2014). El uso del pigüe (Piptocoma discolor) por pequeños productores de Napo, Ecuador: Manejo sostenible de una especie pionera de madera para los medios de vida locales. 26.
- Galantini, J. A., Duval, M., Iglesias, J., y Martínez, J. M. (2018). Balance de nitrógeno en sistemas con diferente labranza.
- Galantini, J. A. (2002). Contenido y calidad de las fracciones orgánicas del suelo bajo rotaciones con trigo en la región semiárida pampeana. INTA, Argentina. RIA, 30, 125–146.
- González, J. E., Papue, A., González, V., Borja, A., y Oliva, D. (2018). Crecimiento y conservación del Piptocoma discolor (Pigüe) en la Provincia de Pastaza–Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES, 6(3), 366-379.

- Hernández, J. D., Villalobos, C., & Mojica-Betancur, F. (1995). Diagnóstico de los suelos de fincas en la cuenca Río Segundo. *Imágenes (Revista de Extensión, Universidad Nacional).*, *2*(4), 77-82.
- Laureda, D. A., Botta, G. F., Tolón Becerra, A., y Rosatto, H. G. (2016). Compactación del suelo inducida por la maquinaria encampos de polo en Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 48(1).
- Martínez, E., Fuentes, J. P., y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8(1), 68-96.
- Martiren, V. S., Fonterosa, R. A., Lastra-Bravo, X. B., y Botta, G. F. (2016). Compactación por el tráfico de la maquinaria agrícola: su efecto sobre el esfuerzo cortante del suelo y el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mayz L.). Siembra, 3(1), 21-36.
- Matus, F. J., Maire, G., y Christian, R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Agricultura Técnica, 60(2), 112-126.
- McGrath, J.M, Spargo, J. y Penn J. (2014). Siol Fertility and Plant Nutrition. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. 5: 165-184.
- Merino, J. (2010). Estudio Económico de Dos formas de Aprovechamiento Forestal del pigüe (Piptocoma discolor) en el Mera.
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., y Montañés, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. INSTITUCIÓN «FERNANDO ELCATÓLICO», 189.
- Moreno, F., Vachaud, G., y Martín-Aranda, J. (1983). Caracterización hidrodinámica de un suelo de olivar. Fundamento teórico y métodos experimentales. Anal. Edaf. Agrobiol, 42, 695-721.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-580. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil Analysis. Part 2
- Núñez, M., Serrano, B., Jimenez, H., Benítez, O., Paredes, G., Aguilar, G., Guerra, O. y Ortega, A. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. 1(3),27-35.
- Oliva Escobar, D. P., y Arévalo, G. (2009). Determinación de la acidez intercambiable (Al+ 3+ H) a partir del pH para la estimación de la capacidad de intercambio catiónico

(CIC) en suelos de la cuenca del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua: ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA.

- Pla, I. (1983). Metodología para la caracterización física de diagnóstico y problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 29 (9), 114 49.
- Pla, I. (1983). Metodología para la caracterización física de diagnóstico y problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 29 (9), 114 29.
- Razz, R y Clavero, T.(2006). Cambios en las características químicas de suelos en un banco de Leucaena leucocephala y en un monocultivo de Brachiaria brizantha. 23(3),331-337.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. *Conceptos básicos. FERTITEC SA*.
- Seoanez Calvo, M., Chacón Auge, A. J., Gutiérrez de Ojesto, A., y Angulo Aguado, I. (1998). Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión. Ediciones Mundi-Prensa.
- Schulte, EE y BG Hopkins. 1996. Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. In: FR Magdoff et al.(ed) Soli organic matter: Analysis and interpretation. SSSA Spec. Publ. 46. SSSA, Madison, WI. P 21-31.
- Romero Fernández, A. d. J., Arias Mota, R. M., y Mendoza-Villarreal, R. (2019). Aislamiento y selección de hongos de suelo solubilizadores de fósforo nativos del estado de Coahuila, México. Acta botánica mexicana(126).
- Romero, C. 2008. Fertilidad natural. s.e. p. 4. (En línea). Consultado 22 de feb. 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.crc.gov.co.
- Ulloa, M., Bustos, V., Neaman, A., y Gaete, H. (2018). COMPORTAMIENTO DE EVASIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ Eisenia foetida EN SUELOS AGRÍCOLAS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS. Revista internacional de contaminación ambiental, 34(1), 35-43.
- Villas, D. B. (1995). Biología del suelo. *Geórgica: revista del espacio rural*, (4), 235-260.
- Z, Lozano., H, Romero., C, Bravo. (2010). Influencia de los cultivos de cobertura y el pastoreo sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana. 44: 135-146.

CAPITULO VII

ANEXOS

Tabla 14. Nutrientes esenciales, sus formas disponibles y su papel en el crecimiento y desarrollo de la planta.

		ELEMENTOS	FUNCION EN LA PLANTA
MACRONUTRIENTES	PRIMEROS	NITRÓGENO (N)	Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento.
		FÓSFORO (P)	Es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químicos-fisiológicos. Estimula el crecimiento de la raíz, favorecer la formación de la semilla, participa en la fotosíntesis y la respiración
		POTASIO (K+)	Aporta resistencia en las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla
	MESONUTRIENTES	CALCIO (CA2+)	Constituyente de las paredes celulares, colabora en la división celular.
		MAGNESIO (Mg2+)	Componente de la clorofila, de las enzimas y de las vitaminas.
		AZUFRE (S)	Esencial en la formación de aminoácidos y vitaminas, aporta el color verde a las hojas.
MICRONUTRIENTES		HIERRO (Fe)	Catalizador en la formación de la clorofila y componente de enzimas.
		COBRE (Cu)	Componente de enzimas, colabora en la síntesis de clorofila y respiración.
		ZINC (Zn)	Esencial en la formación de auxina y almidón.
		MANGANESO (Mn)	Participa en la síntesis de clorofila.
		BORO (B)	Importante en la floración, Formación de frutos y división celular.
		MOLIBDENO (Mo)	Colabora en la fijación de N y en la síntesis de proteínas.
		CLORO (Cl)	Colabora en el crecimiento de raíces.

Fuente: McGrath et al., 2014.

Tabla 15. Rangos de interpretación de pH.

INTERPRETACIÓN	SIGLAS	RANGO
MUY ÁCIDO	M Ac	0.0- 5.0
Ácido	Ac	> 5.0- 5.5
Medianamente ácido	Me Ac	> 5.5- 6.0
Ligeramente ácido	L Ac	> 6.0- 6.5
Prácticamente neutro	P N	> 6.5- 7.5
Neutro	N	7
Ligeramente alcalino	L Al	> 7.5-8.0
Medianamente alcalino	Me Al	> 8.0- 8.5
ALCALINO	Al	> 8.5- 14.0

Fuente: Laboratorio UEA (2019)

Tabla 16. Niveles críticos para la interpretación de los análisis de suelo.

Niveles críticos para interpretar los análisis de suelos									
	Muy acido	**Acido**	**Medio Acido**	**Ligeramente Acido**	**Prácticamente Neutro**	**Ligeramente Alcalino**	**Medianamente Alcalino**	**Alcalino**	**Neutro**
pH	0,0<5,0	5,0-5,5	>5,5-6,0	>6,0-6,5	>6,5-7,5	>7,5-8,0	>8,0-8,5	>8,5	7,0

Elemt	**Unidad**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Toxico**
P	ppm	<10	10-20	>20	
K	Meq/100ml	<0,2	0,2-0,38	>0,38	
Ca	Meq/100ml	<2	2-5	>5	
Mg	Meq/100ml	<0,5	0,5-1,5	>1,5	
MO	%	<3	3-5	>5	
Al+H	Meq/100ml	<0,50	0,5-1,5	---	>1,5
Al	Meq/100ml	<0,30	0,3-1.0	---	>1,0

Fuente: (INIAP 2012)

Tabla 17. Clase textural del Pigüe de 1, 5 y 7 años de las profundidades de 0-10cm y 10-30cm.

EDAD PIGUE	NOM.	PROFUNDIDAD	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
1,00	E.M	0-10 cm	57	28	15	Franco Arenoso
1,00	E.M	10 -30 cm	53	31	16	Franco Arenoso
5,00	E.M	0-10 cm	60	20	21	Franco Arcillo Arenoso
5,00	E.M	10 -30 cm	59	30	11	Franco Arenoso
5,00	P.V	0-10 cm	55	22	24	Franco Arcillo Arenoso
5,00	P.V	10 -30 cm	52	24	24	Franco Arcillo Arenoso
5,00	F.P	0-10 cm	65	18	17	Franco Arenoso
5,00	F.P	10 - 30 cm	59	30	12	Franco Arenoso
5,00	M.C	0-10 cm	58	25	18	Franco Arenoso
5,00	M.C	10-30 cm	71	22	7	Franco Arenoso
7,00	J.S	0-10 cm	77	18	5	Arenoso Franco
7,00	J.S	10 - 30 cm	86	9	5	Arenoso Franco
7,00	L.C	0-10 cm	58	24	18	Franco Arenoso
7,00	L.C	10 - 30 cm	74	17	9	Franco Arenoso

Fuente: Junnior Llivigañay, Abigail Villarroel (2019).

Tabla 18. Materiales y Métodos.

Materiales y Equipos utilizados en este estudio	
Campo	Baldes pequeños, Cilindros, Piola
	Cámara fotográfica, GPS
	Cinta métrica, Clinómetro, Flexómetro
	Cuadrante de hierro de 0,5 x 0,5m
	Fundas de alar, Fundas ziploc
	Lápiz, Libreta, Marcadores
	Machete, Palas, Podadora de mano
	Papel aluminio, Toallas de cocina
	Toma muestras de suelo Tipo Uhland
Laboratorio	Agitador recíproco
	Balanza analítica, Balanza electrónica
	Campana extractora de gases
	Destilador automático Kjeldahl
	Espectrofotómetro de absorción atómica
	Estufa, Mufla
	Multiparámetro de sobremesa
	Plato calentador agitador magnético
Laboratorio	Anillos, Cilindros, Ligas y Liencillos
	Balones aforados y Erlenmeyer
	Bandejas, Crisoles y Pastillas magnéticas
	Buretas, Probetas, Cucharetas y Pinzas
	Desecador y Plato poroso
	Dispensadores de reactivos, Pipetas y Picetas
	Embudos plásticos y Tamices
	Frascos de compota y Frascos pastilleros
	Tubos de digestión y Tubos de ensayo
	Vasos de precipitación y Vasos plásticos

Fuente: Abigail Villarroel, Junnior LLivigañay (2019)

ANEXOS DE FIGURAS

Figura 4. Recolección de Horajasca en cada uno de los puntos de muestreo.



Figura 5. Preparación de las herramientas para la recolección de muestras físicas y químicas.



Figura 6. A) Tamizado y B) pesado de las muestras de suelo.



Figura 7. Medición de pH.



Figura 8. Conductividad Hidráulica de muestras físicas.



Figura 9. A) Filtrado de muestras y B) absorción atómica en la máquina de espectro fotómetro.

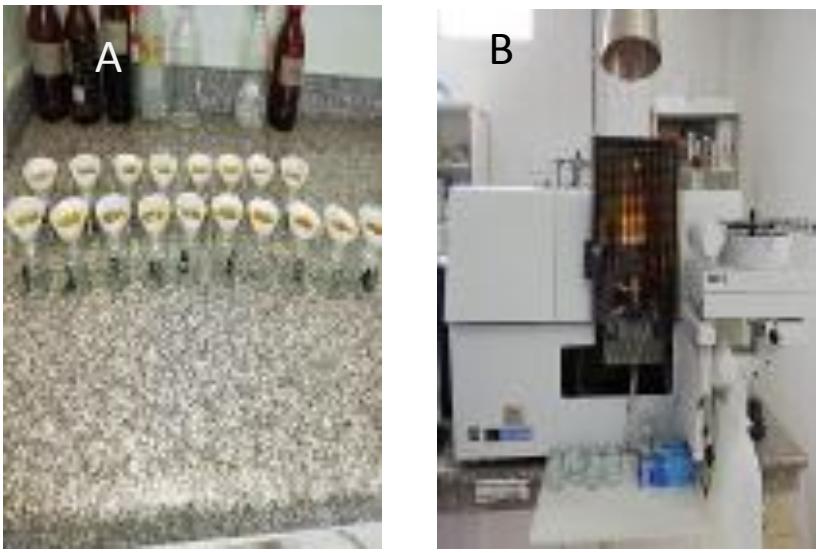


Figura 10. A) Pesado y B) deshidratación de la hojarasca.

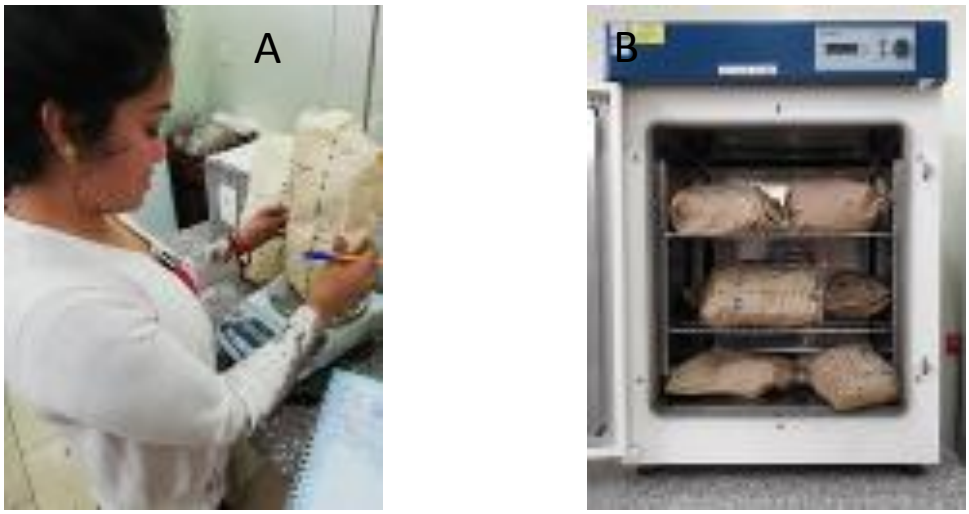


Figura 11. Grupo de trabajo.

