UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMANETO DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERO AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

PRESENCIA DE METALES PESADOS EN DISTINTOS USOS DE LA TIERRA EN LA COMUNIDAD BOAYACU PERTENECIENTE A LA PARROQUIA TENIENTE HUGO ORTIZ

AUTOR (A):

GONZALO RONNY TOMALÁ DE LA A

DIRECTOR DEL PROYECTO:

PhD. CARLOS ALFREDO BRAVO MEDINA

PUYO – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe, Gonzalo Ronny Tomalá De la A portador de la cédula de identidad 092812667-1, hago constar que soy el Autor del Proyecto de Investigación con el Título: "Presencia de Metales Pesados en distintos Usos de la Tierra en la comunidad Boayacu Perteneciente a la Parroquia Teniente Hugo Ortiz", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del asesor de dicho trabajo, PhD. Carlos Alfredo Bravo Medina. En tal sentido, se manifiesta la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo, a la vez cedemos los derechos a la Universidad Estatal Amazónica que puede realizar publicaciones sobre la misma, así como su almacenamiento tanto en medio físico y electrónico.

En la ciudad de Puyo a los 12 días del mes de Julio del 2018

Gonzalo Ronny Tomalá De la A

AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Carlos Alfredo Bravo Medina, con número de cedula 1757015373 certifico que el egresado Gonzalo Ronny Tomalá De la A realizo el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: "Presencia de Metales Pesados en distintos Usos de la Tierra en la comunidad Boayacu Perteneciente a la Parroquia Teniente Hugo Ortiz", previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental bajo mi supervisión.

_____

PhD. Carlos A. Bravo Medina

DIRECTOR DE PROYECTO

Agradecimiento

Agradezco mediante este este escrito primeramente a mis familiares que me supieron ayudar en este camino que eh tomado en formar mi carrera universitaria por todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho por mí y brindar un granito de arena a mis padres, a mis tías Marlene De la A y Elsy De la A por estar siempre pendientes de mí y darme ánimos de seguir siempre hacia adelante a Javier Méndez y Jennifer De la A por ayudarme en todo lo posible y por visitarme constantemente haciéndome sentir más cerca de mi familia y de mi hogar, a mi segunda familia la que me acompaño todo este tiempo Gabriela Moreno, María Alvarado, Diana Moina, por haber hecho mi estadía en este lugar mas a mena y placentera las llevare en el corazón y en mi mente siempre, sobre todo a Katherin Gaibor por haberme regalado muchos momentos de felicidad y alegría en momentos difíciles tengo que agradecerle por tanto que no tengo palabras para expresarlo en este escrito, agradezco también al Ing. Karel Diéguez Santana por el apoyo incondicional que me brindo en sus labores de docente y finalmente agradezco a mi tutor Carlos Bravo por hacer este momento posible.

Dedicatoria

Dedico este logro a mis padres ya que son los que me han dado todo en especial a mi madre Mercy De la A ya que es ella la que me ha enseñado los pasos de la vida por las que seguir desde el más mínimo detalle como amarrarme los zapatos desde pequeño hasta que mi puño cerrado sirve para sostener fuertemente y no para golpear, por enseñarme humildad y sabiduría , por haberme echo reír hasta que me saliera mi primera arruga en la cara, por cuidarme por horas mientras dormía y soñaba, y por sonreír siempre aunque estuviera enferma, por consolarme hasta cuando me rompían el corazón, por aguantar mis cambios de edad y por quererme como que si nunca me hubiese equivocado, doy gracias por haber sido criado por una reina como es ella, y es que no todos los superhéroes llevan capa, el mío tiene arrugas y lunares en el rostro, ella es mi mama la que con un abrazo te saca todo lo malo, que con un beso te truena la tristeza y con una sonrisa te borra la amargura; que con un "tu todo lo puedes" te hace levantar del suelo y te hace sentir que eres como un Alejando Magno, Hércules o Aquiles, le agradezco a ella ya que todo lo hace por amor nadie dijo que sería perfecta y nadie les aseguro que su mayor debilidad serian sus hijos, desde este escrito con amor eterno y agradecimiento a ella lo más grande que un hombre puede cuidar y honrar hasta la eternidad y por qué lleva en sus dedos el sacrificio enorme que ah echo por mí.

Resumen

La contaminación de suelos por metales es un problema de contaminación global por lo que muchos científicos se han preocupado por esta amenaza ya que desde el suelo estos pueden ser transferidos a otros ecosistemas o a la cadena trófica de animales y plantas incluido el ser humano. En este trabajo se realiza el estudio de metales pesados como el cobre (Cu) y el Cinc (Zn) junto con la caracterización física, química de varios usos de suelo en la comunidad de Boayacu perteneciente a la Parroquia Teniente Hugo Ortiz localizada en la provincia de Pastaza. Se evaluaron parámetros físicos, químicos y metales pesados (Cu, Zn). Los resultados de la caracterización del recurso suelo indica unas adecuadas propiedades físicas con alta porosidad baja densidad aparente que favorece la distribución, penetración de raíces y agua. En los parámetros químicos el suelo en los distintos usos muestra altos niveles de materia orgánica, pH ácidos y baja disponibilidad de nutrientes. Los niveles de los metales pesados mostro concentraciones altas indistintamente del tipo de uso de la tierra lo cual se ve favorecido por el pH y la acidez del suelo. Las relaciones más altas se presentan con el contenido de materia orgánica y algunas propiedades ajustando a modelos lineales, exponenciales. En el caso de los parámetros químicos las principales relaciones se establecieron entre el fósforo y el contenido de Cinc, entre las bases cambiables y entre el contenido de materia orgánica y el cobre (Cu) y Zn sobre todo en el horizonte superficial.

Palabras claves: Metales Pesados, Ecosistema, Usos de suelo, Parámetros Químicos, Parámetros físicos. Amazonia Ecuatoriana

Abstract, and Keywords

The contamination of soils by metals is a problem of global contamination, which is why many of the scientists have been affected by this threat and that they can be transferred to other ecosystems or to the trophic chain of animals and plants included. In this work the study of heavy metals such as copper (Cu) and Zinc (Zn) is carried out together with the physical, chemical characterization of several land uses in the community of Boayacu belonging to the Teniente Hugo Ortiz Parish located in the province of Pastaza. Physical, chemical and heavy chemical parameters (Cu, Zn) were evaluated. The results of the characterization of the soil resource are indicative of the physical conditions with high density of low density that favor the distribution, penetration of roots and water. In the chemical parameters, the pH and the availability of nutrients. The levels of heavy metals are high and are characterized by the type of land use that is favored by the pH and acidity of the soil. The highest relationships are presented with the content of organic matter and some properties adjusting a linear, exponential model. In the case of chemical parameters, the main relationships were established between the content and content of Zinc, between the changeable bases and between the content of organic matter and copper (Cu) and Zn, especially in the surface horizon.

Keywords: Heavy Metals, Ecosystem, Uses of soil, Chemical Parameters, Physical Parameters. Ecuadorian Amazonia.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 3

1.3 HIPÓTESIS 3

1.4 OBJETIVOS 4

1.4.1 Objetivo General 4

1.4.2 Objetivo Especifico 4

CAPÍTULO II 5

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 5

2.1 EL RECURSO SUELO Y SUS DISTINTAS FUNCIONES 5

2.1.1 EL SUELO 5

2.1.2 Definición geológica 5

2.1.3 Contaminación del suelo 6

2.1.4 Contaminación del suelo por Metales pesados 6

2.1.5 Zinc 7

2.1.6 cobre 7

2.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA DISPONIBILIDAD DE LOS METALES 8

Propiedades del suelo 8

2.2.2 Suelos arenosos: 8

2.2.3 Suelo arcilloso 8
2.2.4 pH del suelo 9
2.2.5 Condiciones de óxido-reducción. 9
2.2.6 Materia orgánica. 9
2.2.7 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). 10
2.2.8 Presencia de otros elementos. 10
2.2.9 Indicadores Físicos del suelo 10
2.2.10 Ecosistemas y Usos de la Tierra 11
CAPÍTULO III 13
3. MATERIALES Y MÉTODOS 13
3.1 LOCALIZACIÓN 13
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN 14
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 14
3.4 EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO: 14
3.4.1 Evaluación de la calidad del suelo bajo diferentes usos 14
3.4.2 Muestreo de campo: 14
3.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO 16
3.5.1 Análisis Físicos 16
3.5.2 Análisis Químicos. 16
3.6 EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO 17
3.6.1 Determinación de Metales (Cinc y Cobre). 17

3.6.2 ANÁLISIS DE LA MUESTRA. 17

3.7 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES 18

CAPÍTULO IV 19

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 19

4.1 Caracterización de parámetros físicos 19

4.1.1 Densidad aparente (Da) y conductividad hidráulica (K_{sat}) 19

4.1.2 Porosidad del suelo 21

4.2 Caracterización de parámetros químicos 23

4.2.1 pH, acidez intercambiable (Acl), aluminio intercambiable (Al^{+3}) 23

4.2.2 Carbónico orgánico total y Fosforo 25

4.2.3 Bases intercambiables del suelo 26

4.3 Concentración de Metales pesados (Cu, Zn) en diferentes usos del suelo 29

4.4 Relaciones de propiedades del suelo y contenido de metales pesados en diferentes usos del suelo 30

CAPÍTULO V 35

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35

5.1 CONCLUSIONES 35

5.2 RECOMENDACIONES 36

CAPÍTULO VI 37

BIBLIOGRAFÍA 37

CAPITULO VII 43

ANEXOS 43

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Área de estudio de la comunidad Boayacu 13

Figura 2. Modelo de muestreo aplicado en campo para extracción de suelo 15

Figura 3. Localización del área de estudio de las parcelas y puntos de muestreo..... 16

Figura 4. Distribución de la densidad aparente (A) y conductividad hidráulica saturada (B) de profundidad 0-10cm y 10-30cm bajo distintos usos de suelo. 20

Figura 5. Distribución de la porosidad total (A), porosidad de aireación (B), porosidad de retención (C); en distintas profundidades (0-10cm) (10-30cm) bajo distintos usos de suelo. 22

Figura 6. Distribución del pH (A), acides intercambiable (B), Aluminio intercambiable (C) en profundidades (0-10cm), (10-30cm) en diferentes usos. 24

Figura 7. distribución de A) Carbono Orgánico Total (COT), B) Fosforo (P); en profundidades de (0-10cm) (10-30cm) en distintos usos del suelo. 26

Figura 8. Distribución de las bases intercambiables del suelo A) Potasio (K), B) Calcio (Ca), C) Magnesio (Mg); profundidad (0-10cm) (10-30cm) en distintos usos. 28

Figura 9. Distribución de metales pesados A) Cobre (Cu) B) Cinc (Zn); en profundidades de (0-10 cm) (10-30 cm) en distintos usos del suelo. 30

Figura 10. Correlaciones dadas en la capa superficial del suelo 32

Figura 11. correlaciones de la profundidad de 10-30cm con diferentes parámetros del suelo. 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en el proyecto de investigación..... 18

TABLA 2. Análisis de correlaciones de las variables Físicas, Químicas y Metales pesados del suelo en profundidad de 0-10cm..... 31

TABLA 3. Análisis de correlaciones de las variables Físicas, Químicas y Metales Pesados del suelo; profundidad 10-30 cm..... 33

TABLA 4. Resultados del análisis de la espectrofotometría del metal Cobre (Cu). 43

TABLA 5. Resultados del análisis de la espectrofotometría del metal Cinc (Zn)..... 45

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Con la aparición de la contaminación por metales pesados en el mundo se ha convertido en algo preocupante y de gran interés, ya se sabe que algunos metales pesados en pocas concentraciones son de gran ayuda a nivel de suelo y pueden suponerse como esenciales en la formación de las plantas como minerales de cadena alimentaria estos pueden ser el Zn (Zinc), y el Cu (cobre); no es lo mismo para metales como el Cd (Cadmio), y Pb (plomo) ya que estos son perjudiciales y tóxicos para la cadena trófica de animales plantas e incluso el ser humano (Roqueme *et al*., 2016).

En américa latina el 75% de la población se dedica a los monocultivos o a la ganadería para la sustentación familiar diaria, la agricultura tendría una gran ventaja si se la realizara con una condición apropiada y de manera sostenible para el medio ambiente garantizando el bienestar y armonía en los ecosistemas presentes, cosa que no se da en muchas zonas de cultivo y aplican de manera intensiva los diferentes insumos de fertilizantes y abonos (Olivares Rieumont *et al.*, 2013).

La importancia que representa la región amazónica Ecuatoriana (RAE) tanto para el Ecuador como para la comunidad internacional se debe a la alta riqueza de recursos, su biodiversidad y al gran aporte como pulmón verde del planeta, por todos los servicios ambientales que presta y en especial en la reducción de emisiones de CO_2 a la atmosfera, contribuyendo a minimizar el impacto climático (Bravo *et al*., 2017).

Con el aumento de las poblaciones actuales es de gran interés realizar una intervención para ganar la sostenibilidad en el recurso suelo ya que se ha ido incrementando su deterioro y degradación con el pasar del tiempo y esto se debe al aumento de la frontera agrícola y desconociendo la actual acumulación de tóxicos presentes en el suelo generan un riesgo a la salud humana de manera general (Rueda Saa *et al*., 2011).

Los metales pesados se encuentran naturalmente en suelo a partir de los procesos de meteorización de los materiales parentales en niveles que se consideran trazas, menos de 1000 $mgkg^{-1}$ y rara vez son tóxicos (Kabata y Pendias, 2001; Nigam *et al*., 2000). Debido a la perturbación y la aceleración que ocurre por el hombre, del lento ciclo geoquímico

de los metales, la mayoría de los suelos de los entornos rurales y urbanos pueden acumular uno o más de los metales pesados por encima de los valores definidos como suficientemente altos como para causar riesgos para la salud humana, las plantas, los animales, el ecosistema (Nigam *et al*., 2000). Los metales pesados esencialmente se convierten en contaminantes en los suelos debido a que: 1) las tasas de acumulación a través de ciclos artificiales son más rápidos con relación con los naturales, 2) son transferido de desde sitios puntuales de alta contaminación a ambientales aleatorios donde se producen más altos potenciales de exposición directa, 3) las concentraciones de los metales en productos desechados son relativamente altos en comparación con aquellos en el medio receptor, y 4) la forma química, especies, en el que un metal se encuentra en el sistema ambiental receptor puede hacerlo más biodisponible (Herrera, 2000).

Se considera un suelo contaminado cuando el nivel de concentraciones supera el nivel permisible de la legislación ambiental del Ecuador visto en el libro Tulsma calidad del suelo donde consideran a 14 elementos como metales pesados que están de manera biológica en el suelo en las cuales en algunas sustancias consideradas metales pesados forman parte de la cadena trófica de las plántulas presentes en el suelo (Serrato *et al*., 2010),

El riesgo ecosistémico es cada vez más notorio aparte de que el análisis de los suelos proporciona una información muy limitada de la concentración, su procedencia y destino de la misma, también depende de las reacciones químicas de la misma en su medio por lo general interactúan agua, suelo. por lo particular estas reacciones determinan su biodisponibilidad y solubilidad , en algunas ocasiones pueden ocurrir momentáneamente, en horas o incluso pueden durar años (Gonzalez-Flores *et al*., 2011).

El uso excesivo de agroquímicos favorece al alto riesgo y a la vulnerabilidad del suelo destruyendo su capacidad de resiliencia; una vez en el suelo el metal pesado su probabilidad de riesgo de que produzca daño al medio ambiente es casi pronosticada por efectos adversos o sucesos de calidad de suelo, contaminación de vertientes o cuerpos de agua que posibilitan un riesgo tanto a recursos naturales o ecosistemas completos como también a la salud humana (Cardona Gutiérrez *et al*., 2013)

1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El mal manejo del uso de fertilizantes en la cuenca Alta del rio Napo ha despertado gran interés a científicos de universidades que se encuentran presentes en la amazonia ecuatoriana, pues con el pasar de los años este ecosistema se ha convertido en un ecosistema frágil debido al gran avance de la producción agrícola realizando siembras de papa china, Cacao, caña de azúcar entre otros. A esto se suma la acumulación de metales pesados al suelo provenientes de los fertilizantes, plaguicidas que se agregan al cultivo y con la interacción de la gallinaza el cual es un abono orgánico que aplican al inicio de cada cultivo de ciclo corto produce una aglomeración y aumento de contaminación al suelo (Herrera-Núñez *et al*., 2013)

En esta investigación se realizara una evaluación de algunos metales pesados presentes en el suelo por la facilidad de acumularse en la parte superficial del suelo y pueden ser transferidos a otros ecosistemas por medio de escorrentías de agua lluvia ocasionando un mayor impacto en el medio ambiente de manera irreparable debido a que son difíciles de remover (Delince *et al*., 2015)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El avance de la frontera agrícola y la implementación de sistemas agrícolas y pecuarios con inadecuadas prácticas de manejo y uso excesivo de fertilizantes han contribuido con la acumulación de metales pesados en el suelo aumentando los riesgos ambientales y de salud para los pobladores de la zona de Boayacu. El Cobre y el Zinc son metales pesados que se ha asociado a varios graves problemas de salud humana, su existencia en suelos agrícolas de niveles crecientes del metal genera gran preocupación ambiental debido a su movilidad y a la facilidad con que es absorbido por las plantas.

1.3 HIPÓTESIS

El cambio de uso de la tierra hacia sistemas con cultivos agrícolas y ganaderos en la comunidad Boayacu propiciará una mayor concentración de metales pesados (Cu, Zn) y sales solubles en comparación con el bosque

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Caracterizar la presencia de algunos metales pesados y su relación con las propiedades del suelo en distintos usos de la tierra en la comunidad Boayacu

1.4.2 Objetivo Especifico

- Describir el recurso suelo mediante parámetros físicos y Químicos para cada uso de la tierra seleccionado como factor asociado a la disponibilidad de metales pesados
- Determinar la concentración de metales Zn, Cu en distintos usos de la tierra.
- Establecer las relaciones entre las propiedades del suelo y el contenido de metales pesados bajo distintos usos de la tierra.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 EL RECURSO SUELO Y SUS DISTINTAS FUNCIONES

2.1.1 EL SUELO

El suelo es un recurso indispensable para la vida que permite el desarrollo de las plantas, los animales y el hombre y cumple múltiples funciones dentro de los agroecosistemas. Desde la visión sistémica, el recurso suelo es un componente de los agroecosistemas, en el cual se establecen una serie de relaciones funcionales que son necesarias conocer para un uso eficiente de los recursos.

El suelo como recurso natural cumple múltiples funciones relacionadas con su calidad y seguridad, y algunas de ellas asociadas a la fertilidad del suelo (McBratney *et al*., 2013), entre ellas: **a)** Medio para el desarrollo de las plantas o producción de biomasa, **b)** componente del ciclo hidrológico y regulador de los suministros de agua, **c)** hábitat y proveedor de energía y reciclaje de nutrientes para organismos, **d)** agente almacenador, degradador, desintoxicador de sustancias, **e)** medio que provee soporte a las plantas. Desde el enfoque sistémico constituye uno de los subcomponentes centrales del agroecosistema y se ha señalado a la fertilidad del suelo como uno de los atributos conectado con la sustentabilidad, la cual debe permitir el mantenimiento de su productividad mediante un adecuado manejo, mejorando la estructura, el contenido de materia orgánica y la aireación, adecuado contenido de humedad, el pH apropiado y un óptimo nivel de nutrientes (Astier-Calderón *et al*., 2002).

2.1.2 Definición geológica

Los geólogos denominan al suelo como la superficie estructurada con características biológicas que se desenvuelven en la capa superficial de la corteza terrestre entre sus etapas de formación se encuentran la meteorización ya sea la ocasionada por la temperatura o la lluvia, de esta manera la roca se fragmenta y sus fragmentos se mezclan con restos orgánicos como las heces de animales hojarasca de los arboles las cuales proporcionan un enriquecimiento al suelo en nutrientes (Aliste *et al*., 2015).

El suelo es uno de los principales recursos naturales ya que se desempeña como un reactor natural de muchos organismos vivos principalmente de microorganismos, así mismo es una fuente no renovable y generalmente se lo conoce como soporte de infraestructura. Usualmente al suelo se lo divide en 3 horizontes principales A, B y C en los cuales los horizontes A y B son los que están compuestos por materia orgánica y el horizonte C se encuentra formado de roca a la cual se las conoce como roca madre (Gardi *et al*., 2013).

2.1.3 Contaminación del suelo

El suelo es considerado uno de los pilares fundamentales de los ecosistemas por el simple hecho que se lo considera como estructura, los cambios de usos de suelo conlleva a una contaminación ya que posee millones de bacterias y hongos las cuales realizan múltiples funciones e incluso hay autores que han considerado al suelo como un sistema-suelo por la biodiversidad de microorganismos que posee y con solo modificar su estructura el suelo está siendo contaminado (Badii *et al*., 2015).

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (Waisberg *et al*., 2013). Por ello, la presencia en un alto porcentaje de metales pesados como: el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática mencionada (Londoño-Franco, 2016).

2.1.4 Contaminación del suelo por Metales pesados

Los metales pesados están dentro de la categoría altamente tóxicos y peligrosos para la salud, ciertos metales como el cobre (Cu), y Zinc (Zn) no son biodegradables los cuales pueden producir cambios en los ecosistemas ya sean biológicamente o químicamente convirtiéndolos en un contaminante sumamente peligroso (Álvarez-Arteaga *et al*., 2013).

Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd),mercurio (Hg), plomo (Pb),

arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se),talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) **(**Londoño-Franco, 2016**).**

2.1.5 Zinc

El Zinc en el suelo se encuentra de manera natural en suelos, plantas y animales en pequeñas concentraciones inferiores a 0.1% no causa ningún efecto de contaminación en el suelo, pero en grandes cantidades el zinc provoca grandes perturbaciones ya sea en plantas o animales y se considera toxico para la cadena trófica; sus concentraciones en los suelos se sitúan de manera normal en un rango de 10 a 300 mg/Kg con una media de 50 mg/kg (Nova *et al*., 2014).

2.1.6 cobre

El cobre cuyo número atómico es 29, es un metal no ferroso que al igual que el zinc se encuentra de manera natural en el suelo las preocupaciones de su toxicidad se dio a partir del siglo XIX, ya que se conocieron sus efectos sobre los organismos y particularmente en los hongos para los cuales resulta muy toxico, en estudios se determinas sobre la dinámica del cobre y ecotoxicidad no solo depende de las variables fisicoquímicas del medio sino también a sus enlaces de constituyentes que se encuentran de manera activa en el suelo (Ribeiro, 2015).

Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, eléctricas, físicas y mecánicas, además de su abundancia. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Tiene dos isótopos naturales estables ^{63}Cu y ^{65}Cu y nueve isótopos inestables (radiactivos). De cientos de compuestos fabricados de manera industrial, el más importante es el sulfato de cobre (Londoño-Franco, 2016). La exposición aguda por ingestión del sulfato de cobre puede producir necrosis hepática y muerte. La exposición crónica de alimentos conservados en recipientes de cobre genera lesiones hepáticas en niños. Se ha señalado que algunos efectos de intoxicación son: hemólisis letal en vacas lecheras a dosis de 38 mg/kg PV. El ganado ovino es la especie más sensible a la intoxicación, tolera apenas 25 mg/kg PV. Tanto en los casos agudos como en crónicos la mortalidad se acerca al 100%. En bovinos consumos de 220 a 880 mg/kg de peso corporal pueden causar la muerte (Londoño-Franco, 2016).

2.2 FACTORES QUE AFECTAN A LA DISPONIBILIDAD DE LOS METALES

Para conocer el comportamiento de los metales pesados en los suelos deben considerarse los siguientes factores.

Propiedades del suelo

2.2.1 Textura del suelo.

La textura de suelo que se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que puede contener la fracción mineral del suelo. La composición granulométrica de la fracción mineral del suelo, conjuntamente con la mineralogía de la fracción de arcilla, es una de la característica que influye en la presencia de metales pesados (Pla, 2010). Los suelos de textura fina proceden probablemente de minerales secundarios que se alteran con facilidad y que son generalmente la fuente principal de metales pesados. Los suelos de textura gruesa tienen minerales primarios como el cuarzo, con un bajo contenido en metales pesados

2.2.2 Suelos arenosos:

Este tipo de suelo se caracteriza principalmente por ser en su gran parte arena, consta de una pequeña cantidad de arcilla; su potencial para retener el agua no es muy bueno debido a que posee una buena porosidad y goza de una buena aireación. Usualmente las plantas que crecen en estos suelos no retienen bien los nutrientes y minerales que necesitan para su desarrollo (Martin & Munoz, 2017).

2.2.3 Suelo arcilloso

Este tipo de suelo se caracteriza por su textura fina con una superioridad en arcilla y se encuentran pequeñas cantidades de arena, se identifica por tener una gran capacidad de retención en nutrientes y agua, su porosidad es baja y por lo tanto no poseen una buena condición de aireación. este tipo de suelos no requieren de muchos abonos ya que su principal rasgo es el almacenamiento de minerales ricos en nutrientes para el crecimiento de la planta (Rodríguez, 2017).

2.2.4 pH del suelo

Es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas (Casanova, 2005). En algunos casos, suele ocurrir que un incremento del pH del suelo no provoca necesariamente una disminución en la disponibilidad de los metales como ocurre con el As, Mo, Se y Cr. De manera que, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación como hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles (Márquez-Madrid, *et al*,. 2017).

2.2.5 Condiciones de óxido-reducción.

Muchos metales forman sulfuros relativamente insolubles en condiciones fuertemente reductoras. Éstos incluyen el Cd, Zn, Ni, Co, Cu y Pb. Otros metales como Fe y Mn pueden volverse más solubles en estas condiciones.

2.2.6 Materia orgánica.

Los suelos son los mayores reservorios de materia orgánica y esto se da a la simbiosis que posee la naturaleza con cualquier ser vivo o microorganismo, si se trata de bosque el suelo captura un porcentaje más alto de carbono que las propias plantas; en algunos casos la acumulación de carbono en zonas agrícolas se almacena en sitios donde la cobertura forestal fue removida (Álvarez-Arteaga *et al*., 2013). La materia orgánica del suelo presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. La disponibilidad de los metales está generalmente asociada con la formación de complejos de los metales con las sustancias húmicas y con otros compuestos de elevado peso molecular. Los metales, una vez que forman estos complejos, pueden migrar más fácilmente a las capas profundas o mantenerse en la solución del suelo como complejos orgánicos solubles.

2.2.7 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

La CIC de una muestra de suelo expresa el número de moles de iones de carga positiva que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase liquida y una relación de masa-solución dada (Casanova, 2005). Dicha capacidad es una función del contenido en arcilla y materia orgánica del suelo y puede controlar la disponibilidad de los metales. En general, un incremento en la CIC produce un aumento en el tiempo en que estos metales se encuentran disponibles para las plantas dado que aumenta la capacidad del suelo de fijar metales.

2.2.8 Presencia de otros elementos.

Algunos metales influyen sobre la disponibilidad de otros (por ejemplo, Cd/Zn). La concentración de Zn puede influir sobre la absorción de Cd por las plantas debido a que ambos elementos tienen una estructura iónica similar.

2.2.9 Indicadores Físicos del suelo

Los indicadores físicos del suelo se refieren a variables con las cuales el suelo se relaciona con las propiedades físicas del suelo es decir a su textura, porosidad, humedad, densidad aparente y densidad real, consistencia, color y estructura. La mayoría de ellos se realiza in situ otros parámetros se realiza ex situ por análisis en laboratorio (Torres-Benítez *et al*., 2017). Desde el punto de vista físico algunos índices estructurales representan variables que definen las propiedades hidrológicas del suelo y a su vez pueden fuertemente influenciar el movimiento de contaminantes de la zona no saturada hacia el nivel freático (Pla, 2010). Para condiciones amazónicas se ha venido caracterizando las condiciones físicas del suelo bajo diferentes usos de la tierra (Bravo *et al*., 2017). En general, se ha encontrado que independiente del uso de la tierra presenta una estructura granular y blocosa (Bravo *et al*., 2017a), bajos valores de densidad aparente, altos valores de conductividad hidráulica saturada, adecuada distribución de la porosidad del suelo con altos contenidos de poros de aireación y de retención, que en su conjunto le confieren una muy buena calidad física (Bravo *et al*., 2015), lo cual está relacionado con el contenido de materia orgánica en esta zona que normalmente presenta valores alto. Si bien, tal condición, favorece la penetración de raíces la facilidad de penetración y movimiento del agua favorece la percolación de cualquier elemento contaminante. Todo ello, se puede

ver favorecido por la precipitación de la zona y las condiciones de buen drenaje que proporcionan las condiciones estructurales descritas para la zona.

2.2.10 Ecosistemas y Usos de la Tierra

Un ecosistema representa un conjunto de varias especies localizadas en un área geográfica predeterminada que interactúan con el medio biótico y abiótico, se incluyen los seres vivos e incluso microorganismos como hongos y bacterias hasta volver a cerrar su ciclo de vida y retornar a un ciclo de energía y nutrientes, el hombre con el pasar del tiempo ha tenido la capacidad de transformar su ambiente muy por encima de otros organismos del planeta o ecosistema (Casas *et al*., 2015). Cuando ese sistema natural es transformado con fines agrícolas, pecuarios se convierte en un agroecosistema que dependiendo de su manejo puede generar problemas de degradación o contaminación.

Bajo esta perspectiva, se define uso de suelos a la designación de un lugar o terreno ya sea para edificación, cultivos o dejarlo en su forma primitiva (bosque), es el tipo de utilización que se le da al suelo ya sea por interés social económico o urbanístico (Bocco *et al*., 2001).

2.2.10.1 Pasto (ganadería)

El uso de sistemas de ganado en américa latina va aumentando y con ello lleva un efecto de deforestación a causa de la labranza, en este uso de suelo se proyecta un impacto de drástico en el caso de las propiedades físicas e hidrológicas los cuales son favorables en un sistema boscoso antes de la tala, sin embargo se determinan que los cambios que se dan en el suelo se deben a la especie de pasto cultivado (Villatoro & Sáenz, 2013)

2.2.10.2 Cultivos (chacra)

La expansión agrícola hace referencia al cambio del uso del suelo por parte del ser humano en busca de sustentación económica, este aprovechamiento de suelo trae consigo problemas de contaminación al suelo y viene consigo con las variaciones del clima y modificaciones atmosféricas por el uso excesivo de agroquímicos destinados a la fertilización del cultivo, al mismo tiempo la agricultura se da por el aumento de la tasa de natalidad y al crecimiento poblacional de dicho sector (Paruelo *et al*., 2005).

2.2.10.3 Bosque

Los bosques naturales poseen un gran potencial de biodiversidad, se puede mencionar que son los indicadores de un factor ecológico que se ha venido dando con el pasar del tiempo gracias modificaciones antrópicas que se da por el cambio de uso del suelo, según investigaciones se han registrado que los bosques más ricos del mundo se encuentran en Ecuador y Perú (Maza & Oswaldo, 2013).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se realizó en fincas pertenecientes a la comunidad de Boayacu con coordenadas UTM zona 18 x= 168046,0245 Y= 9854430,605 (**Figura 1**). Se encuentra localizada aproximadamente a 11 Km de la parroquia a la cual pertenece, la parroquia Teniente Hugo Ortiz. Limita al norte con la parroquia San José perteneciente al cantón de Santa Clara, al sur con las Parroquias Fátima; 10 de agosto y el Triunfo, al este con la Parroquia el Triunfo; y al oeste con el cantón de Mera. Cuanta con una extensión aproximada de 97 km^2 y sus principales ríos son: Rivadeneira, Anzu, Llandia y Posunyacu. Su clima oscila entre 18° y 24° C.

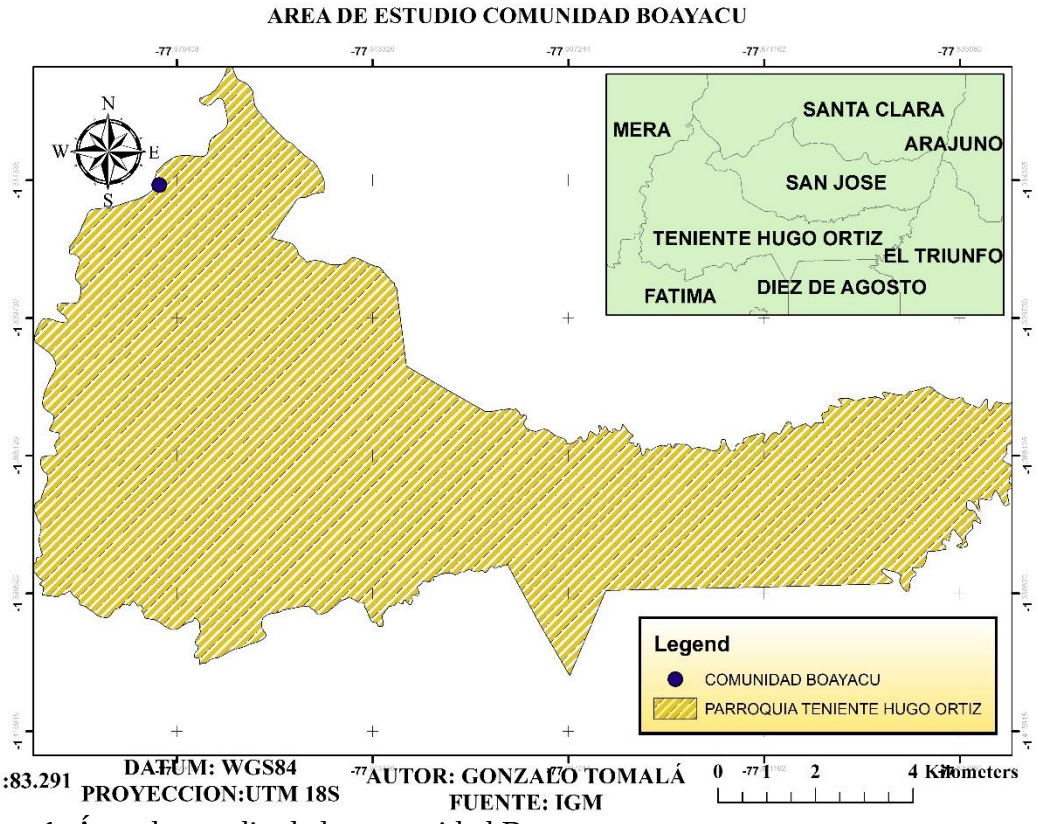

Figura 1. Área de estudio de la comunidad Boayacu
Fuente: (Elaboración propia del Autor, 2018)

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se llevó a cabo es de tipo Experimental, contó con una fase de campo y de laboratorio en el cual se aplicaron metodologías tanto para la caracterización de variables fisicoquímicas y análisis de metales pesados que se realizaron tanto a nivel de campo como en laboratorio.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En la metodología se realizó una recopilación de información general y especifica de todo lo relacionado al impacto que tiene el cambio de uso de la tierra sobre los parámetros ambientales. Para determinar los índices de calidad de suelo se aplicará la prueba de correlación Speerman, Tukey y la de Pearson ($P \leq 0.05$) en un paquete estadístico SPSS versión 21, mientras para la extracción de las muestras de campo hacia el laboratorio se seguirá la metodología propuesta por Bravo *et al*, 2017 la cual se encuentra referenciada en la (Figura 2).

3.4 EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO:

3.4.1 Evaluación de la calidad del suelo bajo diferentes usos

Para la evaluación de recurso suelo se realizó un esquema de muestreo sistemático (**Figura 2**) y se utilizó 7 diferentes usos de tierra codificados y caracterizados de la siguiente manera: a) **Chakra A** conformada por diferentes cultivos (papachina, yuca, plátano, maíz, cacao), b) **Chakra B** (papachina, cacao), c) **Chakra C** (Papachina, Platano, Café, Caña de azúcar); d) **Ganadería A** posee pastos de (*brachiaria decumbens*) con árboles, e) **Ganadería B** pasto gramalote (*Axonopus Scoparius*) con árboles y f) **Ganadería C** posee dos clase de pastos (*brachiaria decumbens, Axonopus Scoparius)* g) **Bosque**. En cada uso de tierra seleccionado se realizó un muestreo sistemático estableciendo una transecta que cubriera toda el área seleccionado (Figura 2) y siguiendo la siguiente secuencia propuesta por (Bravo *et al*., 2015).

3.4.2 Muestreo de campo:

a. Selección del uso de la tierra representativo en cada una de las zonas (previo trabajo en oficina con las herramientas SIG).

b. Establecimiento de un transecto que cubra toda la variabilidad topográfica, vegetación y suelo en cada uso de tierra seleccionado.
c. Localización sobre el transecto de cincos puntos de muestreo, de manera equidistante y en función del tamaño de la parcela.
d. Establecimiento de una subparcela de 10 x 10 m en cada punto de muestreo (P1, P2, P3, P4 y P5), en la cual se recolectará cinco submuestras de suelo a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm) (Figura 3). Dichas muestras conformaran la muestra compuesta por punto y se usará para la evaluación de parámetros químicos. Paralelamente en los mismos puntos se medirá la resistencia a la penetración.
e. En la parte central de la subparcela se colocará un cuadrante (0.50 m^2), donde se tomó la muestra de biomasa (hojarasca), las muestras no alteradas a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm) para evaluación de parámetros físicos y el conteo del número de lombrices.
f. En los usos de la tierra con árboles se establecerán tres parcelas temporales mediante una circunferencia con un radio de 15 a 30 m, donde se identificarán y se medirán árboles con diámetros mayores o iguales a 10 cm a la altura del pecho.

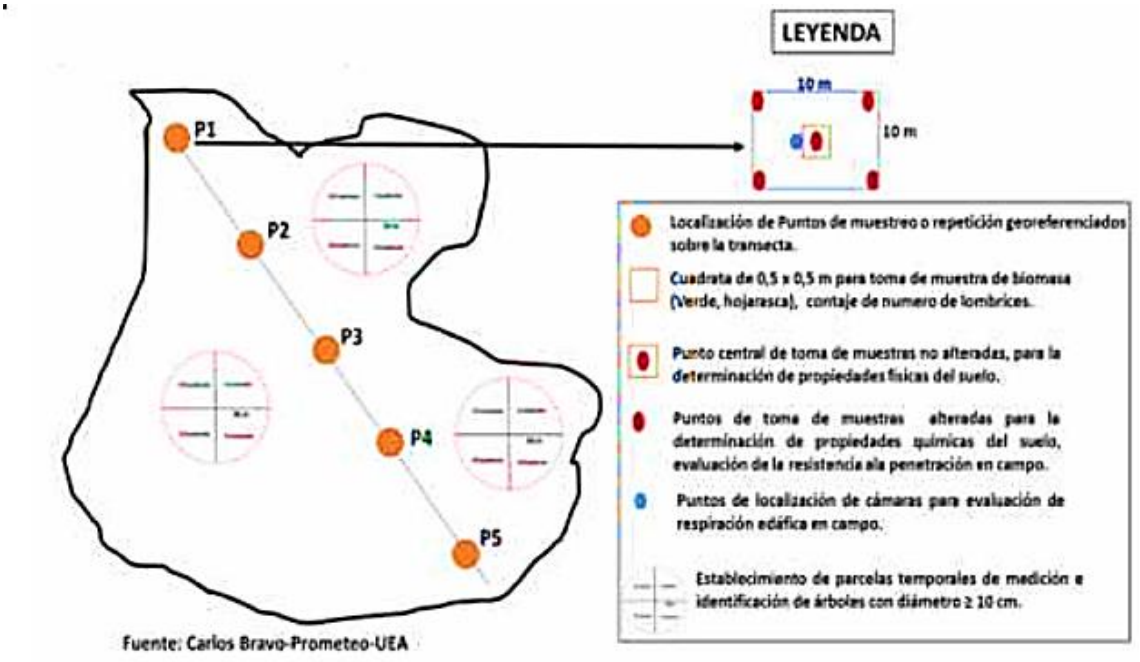

Figura 2. Modelo de muestreo aplicado en campo para extracción de suelo
Fuente: Carlos Bravo – Prometeo UEA

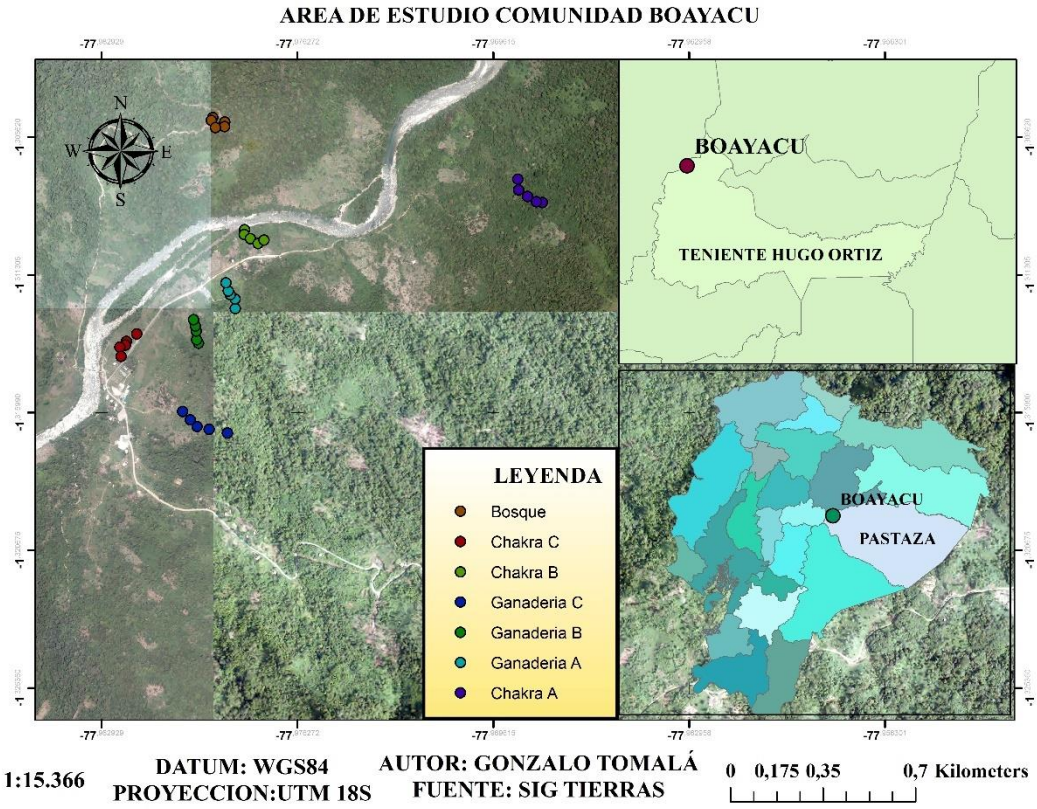

Figura 3. Localización del área de estudio de las parcelas y puntos de muestreo
Fuente: (Elaboración propia del Autor, 2018)

3.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO

3.5.1 Análisis Físicos

Para la determinación de parámetros físicos del suelo se usaron muestras no alteradas con cilindros de 5 cm de altura x 5 cm de diámetro recolectados con un toma muestra tipo Uhland, en los cuales se midió las siguientes variables: **a)** densidad aparente (Da) usando el método del cilindro (Klute, 1986); **b)** conductividad hidráulica saturada (Ksat) mediante el método de carga variable, siguiendo el método descritos en Pla (2010), **c)** distribución de tamaño de poros (Pt: porosidad total), **d)** porosidad de aireación (Pa: poros de radio >15 µm), **e)** porosidad de retención usando la mesa de tensión a saturación y a un potencial mátrico de -10 kPa (Klute, 1986).

3.5.2 Análisis Químicos.

El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante el método de digestión húmeda Walkley y Black (Nelson & Sommers, 1996), para lo cual se realizará una oxidación con

dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)[1] N con adición de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y posteriormente la cantidad de carbono orgánico oxidado por el Cr será medida por titulación usando una solución de sal de Morh 0.5 N (H_2SO_4 + $FeSO_4.7H_2O$). El nitrógeno total se medirá por el método de kjeldahl. El pH fue medido por potenciometría (relación suelo-agua 1:2,5), las bases cambiables (Ca, Mg, K), contenido de fósforo y microelementos fueron medidos por la metodología de Olsen modificado (Bertsch, 1995).

En las muestras de hojarascas se determinó peso fresco in situ, posteriormente se colocó la muestra de hojarasca en fundas de papel pesadas para ser ingresadas a la estufa por un periodo aproximado de 24 horas a 105 °C para la determinación del peso seco.

3.6 EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

3.6.1 Determinación de Metales (Cinc y Cobre).

Para la determinación de Cinc y cobre se realizó un procedimiento de convertir la muestra sólida en liquida realizando un proceso de filtración con una solución Olsen, posteriormente se preparó las concentraciones de la curva las cuales se usaron concentraciones de 0 ppm, 25 ppm, 50ppm, 75 ppm, 100 ppm.

3.6.2 ANÁLISIS DE LA MUESTRA.

Una vez que se obtuvo la muestra digerida y el instrumento preparado, se realizó el análisis y se registrará la lectura de la absorbancia o concentración usando un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) - Atomización por llama para la determinación de los metales pesados por la técnica de espectrofotometría según el método 3111b del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA AWWA WEF, 21 Edición, 2005; (Association *et al*., 1915)

3.7 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en el proyecto de investigación.

MATERIAL	**EQUIPO DE LABORATORIO**	**REACTIVOS**	**RECURSO HUMANO**
Uhland	Probetas	Agua destilada	Equipo de trabajo
Pala	Erlenmeyer	Hexametafosfato	
Fundas plásticas	Vasos de precipitación	Hidróxido de sodio 0,1N	
Fundas de papel	Balones aforados	Rojo de metilo	
Fundas quintaleras	Papel filtro	Ácido sulfúrico	
Fundas zi-ploc	Balanza analítica	Hidróxido de sodio 10N	
Balanza	Balanza de precipitación	Ácido bórico	
Cuadro de 0,50m^2	Estufa	Ácido etilen-diamino-tetra-acetico	
Cilindro de 0,50cm de diámetro y altura	Espectrofotómetro	Carbonato de sodio	
Piola	Peachimetro	Indicador de absorción atómica para cobre (AA15N-1)	
Tijeras	Termómetro	Indicador de absorción atómica para Zinc (AA70N-1)	
Navaja	Hidrómetro		
Papel aluminio	Malteadora industrial		
Marcador	Destilador de agua		
GPS	Pipetas		

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentarán los resultados de los estudios realizados tanto para los parámetros físicos, químicos, el análisis de metales pesados y su relación con las propiedades fisicoquímicas del suelo.

4.1 Caracterización de parámetros físicos

En la evaluación de los parámetros físicos en diferentes profundidades (0-10cm) densidad aparente (Da), porosidad total (Pt), porosidad aireación (Pa), Porosidad de retención (Pr), conductividad saturada (Ksat) y porosidad de aireación (Pa) y el carbono orgánico total (COT); fueron las variables las cuales dieron una significancia $P \leq 0,05$.

4.1.1 Densidad aparente (Da) y conductividad hidráulica (K_{sat})

Los resultados de la Da y K_{sat} se pueden apreciar en la (Figura 4**)**. La densidad aparente para la capa superficial presento diferencias significativas ($P \leq 0,05$) agrupando los usos en dos grupos, el primero representado por los usos de suelo con cultivos y ganadería con rango que oscilaron de 0,37 a 0,50 Mg m^{-3} y el segundo grupo representado por el uso con bosque con una densidad promedio de 0,30 Mg m^{-3}. Para la segundad profundidad presento un comportamiento similar con menor densidad en el Bosque (0,40 Mg m^{-3}). Independientemente del uso de la tierra la densidad aparente se incrementó con la profundidad. La Da es una variable de gran significado agrícola debido al efecto que tiene sobre el crecimiento de las raíces de las plantas y los procesos de degradación (Bravo et al., 2015). Algunos autores señalan que su interpretación de realizarse en función de la textura del suelo estableciendo algunos limites críticos que para suelos de texturas finas como el arcilloso es de 1,2 Mg m^{-3} a partir del cual se consideran que los suelos están compactados (Bravo et al., 2017; Pla, 2010). Otros señalan que los niveles óptimos de densidad aparente para cultivos oscilan entre 0,9 a 1,2 Mg m^{-3} (Duval et al. (2015). Al comparar los resultados obtenidos en ambas profundidades y para todos los usos con el valor crítico, se puede señalar que la densidad aparente es baja y no presenta problema de compactación ni limitaciones para el crecimiento y desarrollo de raíces (Murillo *et al.*, 2014). Resultados similares han sido reportados para esta zona señalando que la menor Da está relacionada con los altos valores de materia orgánica (Bravo *et al.*, 2017).

Con respecto a la conductividad hidráulica saturada (ksat) (Figura 4) los resultados mostraron diferencias significativas en ambas profundidades ($P \leq 0,05$). Para la capa superficial los mayores se obtuvieron con los usos con Chakras y Bosque oscilando de 50,02 a 112,59 cm h^{-1}, mientras que en los usos ganaderos variaron de 13,14 a 33,28 cm h^{-1}. En general, la K_{sat} disminuyo con la profundidad con excepción del bosque donde se incrementó. Para esta variable se ha señalado que la penetración del agua se puede limitar cuando se registran valores inferiores a 0.5 cm h^{-1} (Pla, 2010). Si bien, existieron diferencia entre los distintos usos, en todos los casos el agua de lluvia puede penetra fácilmente y con mayor velocidad en el Bosque y las Chakras. Los resulta de esta variable están estrechamente relacionados con la distribución de tamaño de poros (porosidad de aireación) y los bajos valores de densidad aparente, tal como ha sido reportado por varios investigadores (Bravo *et al*., 2017; Pla, 2010). Los estudios de infiltración son de gran interés por su aplicabilidad tanto en valoraciones medioambientales como en proyectos de transformación de secano a regadío, además son también de gran utilidad para valorar la degradación de los suelos por uso ganadero (Sepúlveda, 2015).

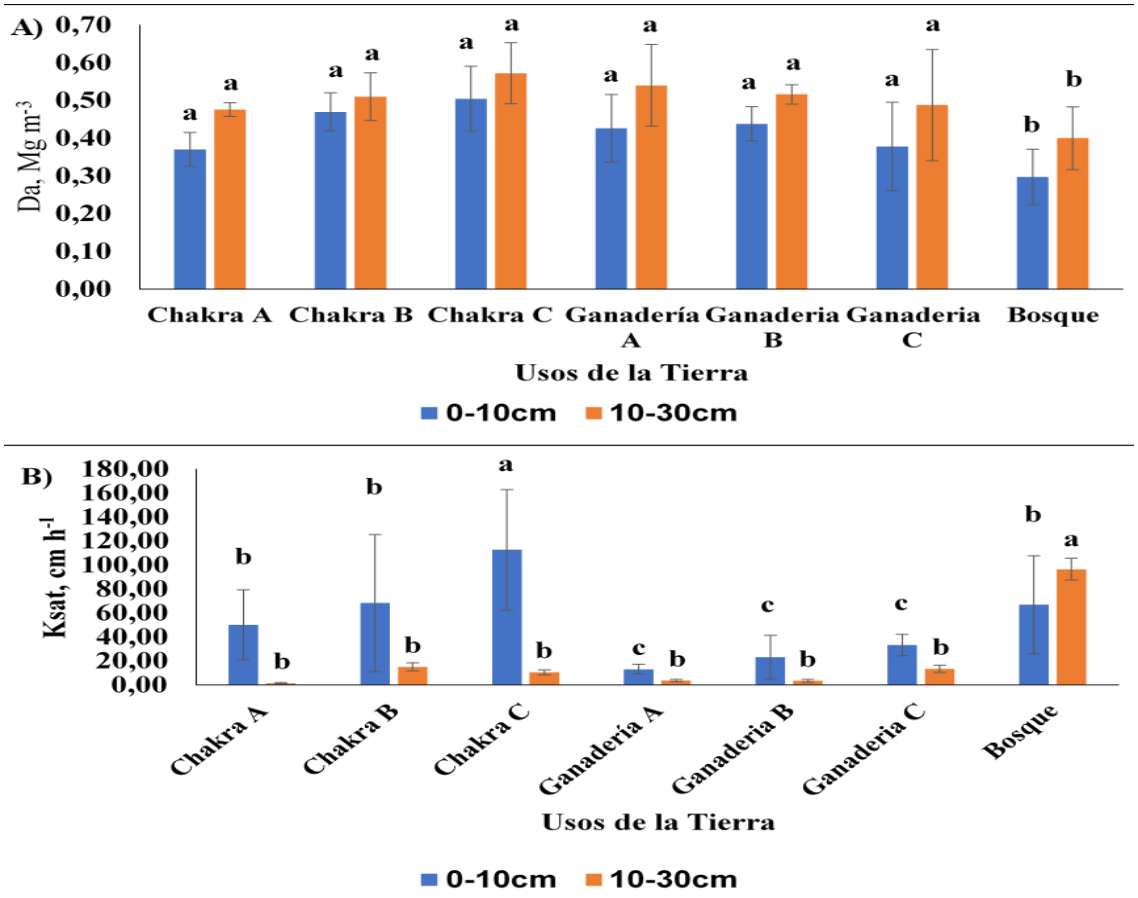

Figura 4. Distribución de la densidad aparente (A) y conductividad hidráulica saturada (B) de profundidad 0-10cm y 10-30cm bajo distintos usos de suelo.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.1.2 Porosidad del suelo

3.2.4.1 porosidad total (Pt) del suelo

Los resultados porosidad total del suelo se pueden apreciar en la Figura 5 A. La Pt en su primera profundidad no presento diferencias significativas ($P \leq 0,05$) agrupándolas en un solo grupo en el cual se encontraron todos los usos del suelo que oscilaron entre 84,70 a 90,89 %. Para la segunda profundidad se obtuvieron valores similares con excepción del uso ganadería C que disminuyo con un 10% del valor obtenido en la capa superficial del suelo. según estudios realizados mencionan que para la porosidad total mantenga una buena retención de agua y una buena entrada de aire al suelo debe de ser por encima del 85% (Cruz-Crespo *et al*., 2013), Los valores de la porosidad total obtenidos estuvieron muy relacionados con la densidad aparente, sugiriendo que una mayor densidad significó menor porosidad total (Pt) (Bravo,*et al*,. 2015).

3.2.4.2 Porosidad de aireación (Pa) del suelo

La porosidad de aireación se encuentra en la Figura 5 B) en la cual nos muestra que existe diferencia significativa ($P \leq 0,05$) solo en la capa superficial del suelo agrupándolos en 3 grupos, siendo el uso suelo de bosque con mayor Pa con una porosidad promedio de 24,46%; el segundo grupo se encuentran los usos de chacra y ganadería C con valores que oscilan de 15,53 a 21,01% , en el tercer grupo se encuentran los usos de ganadería restantes A y B los cuales tienen una porosidad promedio de 11,94 y 12,94% respectivamente. Con respecto a la segunda profundidad del suelo no tuvo significancia ($P \leq 0,05$), sin embargo no se observó una disminución en la mayoría de los usos que en algunos casos presento valores por debajo del 10 %, lo cual pudiera afectar la aireación y el movimiento de agua en el suelo (Benavides *et al*., 2016). Estos resultados coinciden con otros estudios que señalan que a mayor profundidad menor porosidad de aireación se encuentra debido a la compactación del suelo y esto puede influir en el flujo de aire en el suelo (Bravo, *et al*., 2017).

3.2.4.3 Porosidad de retención (Pr) del suelo

La porosidad de retención (Figura 5 C**)** presento diferencias significativas ($P \leq 0,05$) solo en la capa superficial del suelo agrupándoles en 3 grupos siendo el de mayor significancia ($P \leq 0,05$) el uso de suelo de la ganadería A y B con un Pr promedio de 77,92 y 78,09% respectivamente, en el segundo grupo se encuentran la chakra A, chakra B y ganadería C

con valores que oscilaron entre 67,88 a 75,35% y por última categoría quedo el uso de suelo de la chakra C y bosque con valor promedio de 63,90 y 65,52 respectivamente según estudios realizados sobre la degradación física del suelo la capacidad de retener el agua en el suelo se da a mayor profundidad debido a que hay mayor cantidad de macro poros en el suelo y también se da al tipo de suelo en el que se encuentra el cultivo (Caiza, 2015).

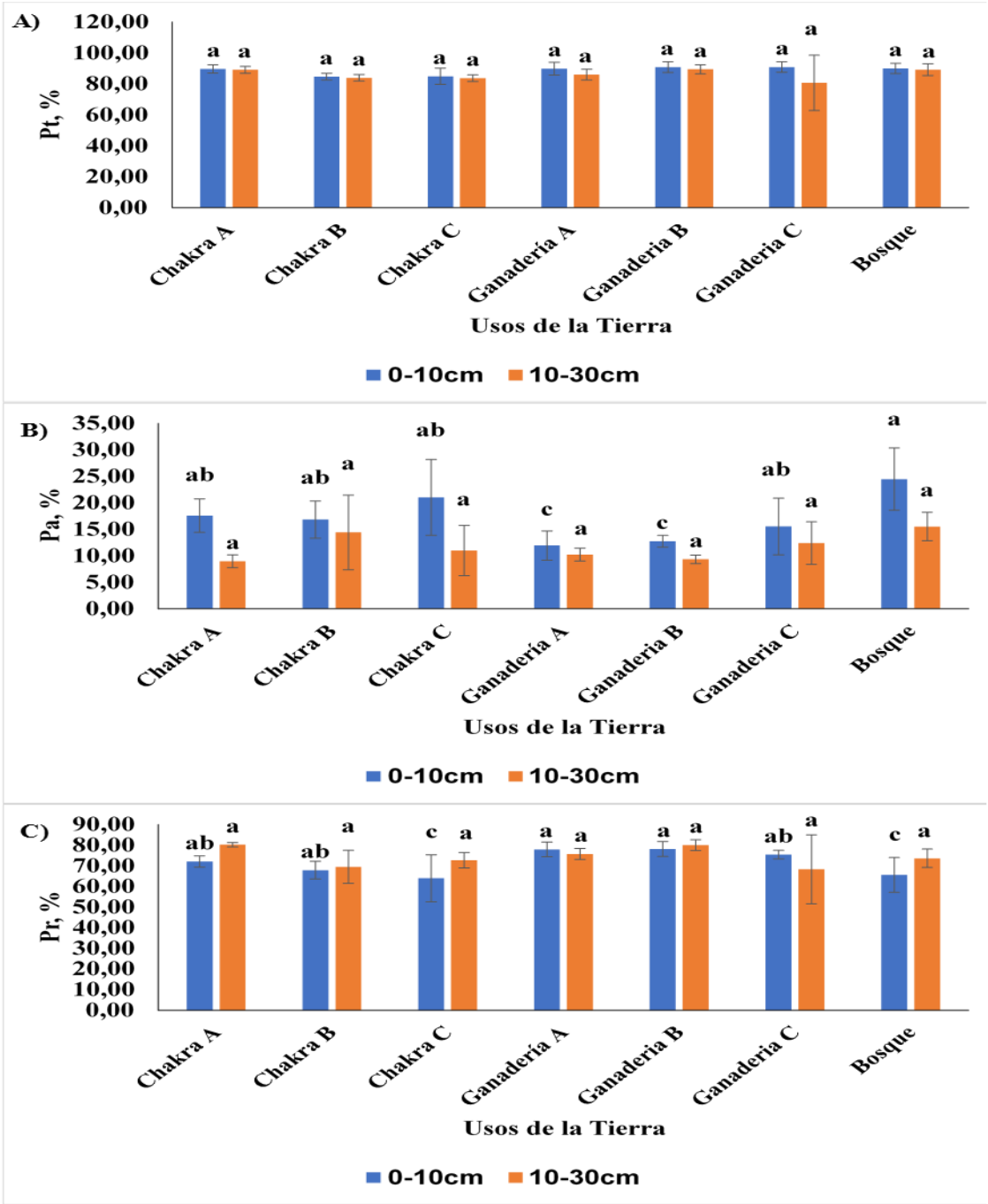

Figura 5. Distribución de la porosidad total (A), porosidad de aireación (B), porosidad de retención (C); en distintas profundidades (0-10cm) (10-30cm) bajo distintos usos de suelo.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.2 Caracterización de parámetros químicos

Dentro de los parámetros químicos se realizó el estudio de pH, Acidez intercambiable (Acl), aluminio intercambiable (Al^{+3}), carbono orgánico total (COT), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

4.2.1 pH, acidez intercambiable (Acl), aluminio intercambiable (Al^{+3})

En la Figura 6A se muestran los resultados obtenidos para el pH del suelo en diferentes usos, los cuales mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en las dos profundidades dividiéndolas en 3 grupos. Para la capa superficial del suelo en el primer grupo lo constituyen la Chakra A con un valor promedio 4,54, y el uso con ganadería que osciló en valores 4,58 a 4,72; en el segundo grupo se encuentran los usos de chakra B y C con valores de 4,54 y 4.52 respectivamente y en el último grupo se encuentra el uso de suelo bosque con un valor promedio de 4,12. En la segunda profundidad de estudio se evidenciaron resultados similares en niveles de significancia ($P \leq 0,05$) agrupándoles en 3 grupos siendo el primer grupo chakra B y ganadería C, el segundo grupo estarían las chakra A y C, ganadería A y B y como ultimo el usos de suelo bosque. En las 2 profundidades de estudio que el suelo tiene un pH acido por lo que están en un rango menor de 5.5 por debajo del cual se afectan una serie de funciones y procesos en el suelo principalmente la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes (Casanova, 2005). Tales resultados están muy relacionados con las característica de la zona marcada por unas las altas precipitaciones produciendo lavados de las base intercambiables y permitiendo que los sitios de intercambio sean ocupados por el aluminio intercambiable o los cationes ácidos (Bravo *et al*., 2015).

Para la acidez intercambiable no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en ninguno de las profundidades de estudio como se puede apreciar en la (Figura 6 B). Se encontró mayor acidez intercambiable en la capa superficial del suelo y a medida que aumento la profundidad disminuyo. Según el nivel toxico de acidez intercambiable en el suelo no deben de ser >1,5 C. Bravo *et al.* (2015). Estudio nos revelan que si la Acl sobrepasa el nivel permisible trae consigo variaciones en el pH del suelo a causa del aluminio (Al^{+3}) y el hidrogeno (H^{+1}) presentes en el mismo, otros estudios mencionan que pueden traer complicaciones en la solubilización de nutrientes hacia la planta afectando

en el desarrollo de las raíces lo cual afecta de manera negativa al bosque o al cultivo presente (J. C. S. Salazar *et al.*, 2015).

Las variaciones del aluminio intercambiable se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la capa superficial del suelo en 3 grupos como se puede observar en la (Figura 6 C) en el primer grupo se encuentran la chakra A y ganadería A, en el segundo grupo se encuentran 4 usos de suelo las 2 restantes de chacras y las 2 restantes de ganadería las cuales oscilaron en valores de 0.80 a 1,30 meq 100ml y como último grupo se encuentra el bosque con un valor promedio de 0,36 meq 100ml. En la segunda profundidad no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en los usos del suelo de estudio. según Bravo *et al*. (2015) los niveles que están de 0,5 a 1.5 meq 100ml están en un rango categorizado como moderadamente tóxico por lo cual los sistemas ganaderos se encuentran en este rango. Según Lozada *et al*. (2014) estos niveles tóxicos pueden traer complicaciones en las planta, no ocurre lo mismo para hongos ya que forman micorrizas que auspician la absorción de nutrientes. Según Toledo *et al*. (2013) el aluminio intercambiable es toxico si sobrepasan a 0,58 meq 100ml.

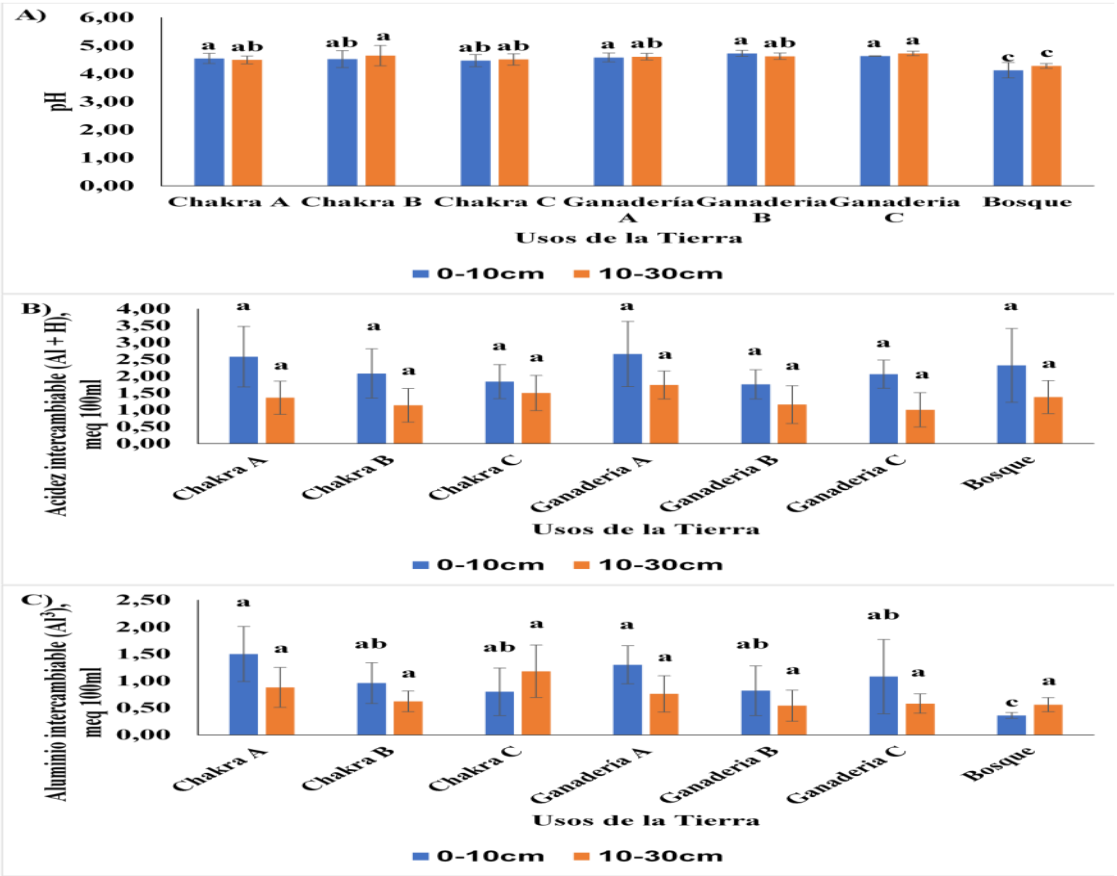

Figura 6. Distribución del pH (A), acides intercambiable (B), Aluminio intercambiable (C) en profundidades (0-10cm), (10-30cm) en diferentes usos.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.2.2 Carbónico orgánico total y Fosforo

En el Carbono Orgánico Total (COT) (Figura 7 A) presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en las dos profundidades, las cuales se ordenaron en dos grupos. El primero estuvo representado por el uso de suelo con bosque con un valor promedio de 17,94% el siguiente grupo estuvo compuesto por el resto de los usos suelo, mostrando valores en los usos de chakra de 5,56 a 7,22 %, mientras que los usos ganaderos mostraron rangos que variaron de 6,62 a 7,22%. En la profundidad de 10-30cm se obtuvieron valores similares a la de la capa superficial del suelo con una disminución en sus valores de COT. El carbono orgánico total se considera como una fuente principal de nutrientes principalmente Nitrógeno y carbono del suelo. Se ha señalado que valores superiores a 5 % se pueden considerar altos (Dager et al., 2017), por tanto en ambas profundidades superan este valor , especialmente el Bosque

El fosforo (P) representado en la (Figura 7 B) presentó un nivel de significancia ($P \leq 0,05$) en la capa superficial del suelo agrupándolos en 3 grupos, el primero siendo la chakra C con un resultado promedio de 16,52 mg Kg^{-1}, el segundo grupo formado por las chacras restantes y el uso ganadería con valores promedios de 6,06 mg kg-^{1} a 7,10 mg kg^{-3}, y el último grupo el uso de suelo bosque con un valor promedio de 4,28 mg k^{-1}. En la segunda profundidad no presento diferencias significativas ($P \leq 0,05$), estos resultados confirman los estudios en la amazonia realizadas por Bravo *et al*. (2015) en el cual mencionan que a medida que aumenta la profundidad se va perdiendo el contenido de suelo en el fosforo. El fósforo (P) como macronutriente esencial para la planta, en casi todos los usos mostro contenidos de bajos a moderados (< 10 mg kg^{-1}) lo cual constituye un elemento limitante para el crecimiento de los cultivos. Para condiciones amazónicas se ha señalado que dicho elemento representa una fuerte limitación, lo cual se agrava por la alta predominancia de hierro y aluminio en la fracción de intercambio ya que se pueden formar compuestos insolubles como fosfatos de aluminio (P-Al) y de hierro (P-Fe), que las plantas no pueden aprovechar (Bravo *et al*., 2017). En término prácticos significa que la fertilización fosfórica debe ser lo más cuidadosa posible considerando el tipo de fuente y el momento de aplicación de manera que pueda ser aprovechado por las pasturas en los sistemas ganaderos y los cultivos en sistemas agroforestales (Bravo *et al*., 2015)

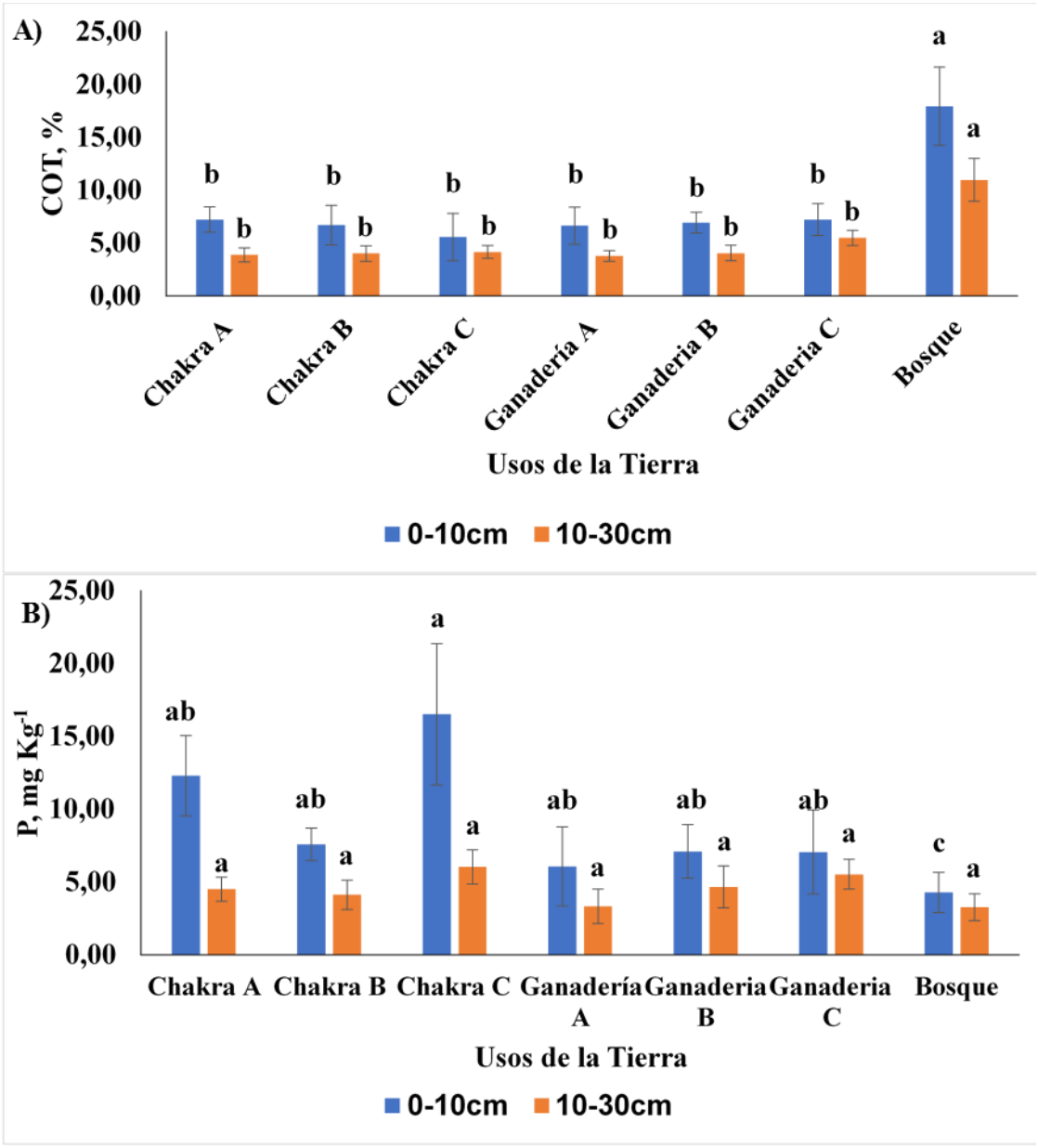

Figura 7. distribución de A) Carbono Orgánico Total (COT), B) Fosforo (P); en profundidades de (0-10cm) (10-30cm) en distintos usos del suelo.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.2.3 Bases intercambiables del suelo

El potasio (K) (**Figura 8 A**) no presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en ninguna de las profundidades de los casos de estudio, se puede observar a simple vista que en la capa superficial del suelo se encuentra mayor contenido de K^{+1} que en las profundidades de (10-30cm) siendo la ganadería B la que mayor concentración de Potasio se encontró con un valor promedio de 0,32 meq 100ml. Según Bravo et al. (2015) los valores obtenidos en el caso de estudio pertenecen a un nivel medio ya que se encuentra en valores que oscilan dentro del 0,2 a 0,38 meq 100ml. Los valores coinciden con los expuestos por

Becerra-Sanabria *et al*. (2016) el cual nos menciona a mayor profundidad la concentración de potasio disminuye.

Con respecto al calcio (Ca^{+2}) (Figura 8 B) se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), por la cual se dividieron en 3 grupos. El primero siendo ganadería A con un valor promedio de 1,53 meq 100ml el segundo grupo está formado por el uso suelo de chakras y el restante de usos de ganadería siendo el uso de chacras su valores con una oscilación de 0,96 a 2,23 meq 100ml y el uso ganadería los valores oscilaron entre 1,72 a 2,82, siendo el bosque el último grupo con un valor promedio de 0,59 meq 100ml; en la segunda profundidad no hubo diferencia significativa ($P \leq 0,05$) por lo cual al calcio selo considera como otro nutriente para la planta, sus niveles de concentración según Bravo et al. (2015) son bajos cuando son <2 meq 100ml medio cuando están en un rango de 2,5 meq 100 ml y altos cuando superan los 5 meq 100 ml. En el resultado obtenido en el estudio se obtuvieron valores bajos de calcio. Cánepa Ramos *et al*. (2015) señalan que el calcio en grandes cantidades puede reducir la absorción de otros micronutrientes del suelo como el fosforo y el magnesio provocando la deficiencia de estos elementos en el suelo, poniendo en consideración la profundidad de (10-30cm) los valores de calcio en el suelo disminuyeron debido a que mayor profundidad el nutriente en el suelo se va perdiendo (L. A. L. Salazar *et al*., 2015)

El magnesio (Figura 8 C) es un elemento que influye significativamente en el uso del agua en un sistema suelo/cultivo de una manera en que mejora la condición de almacenamiento de agua y la interacción con la planta (Goujard & Bayón, 2014), en los resultados obtenidos no se tuvo diferencia significativa ($P \leq 0,05$) en la capa superficial del suelo ni en la segunda profundidad de estudio, el valor de concentración más grande de magnesio se da en la ganadería B 0,71 meq 100ml en la segunda profundidad se observó una disminución del nutriente magnesio esto se debe a que mayor profundidad el contenido de magnesio disminuye (Sadeghian, 2016), según Bravo *et al*. (2015) los niveles de concentración alto del magnesio son cuando superan >1,5 meq 100ml

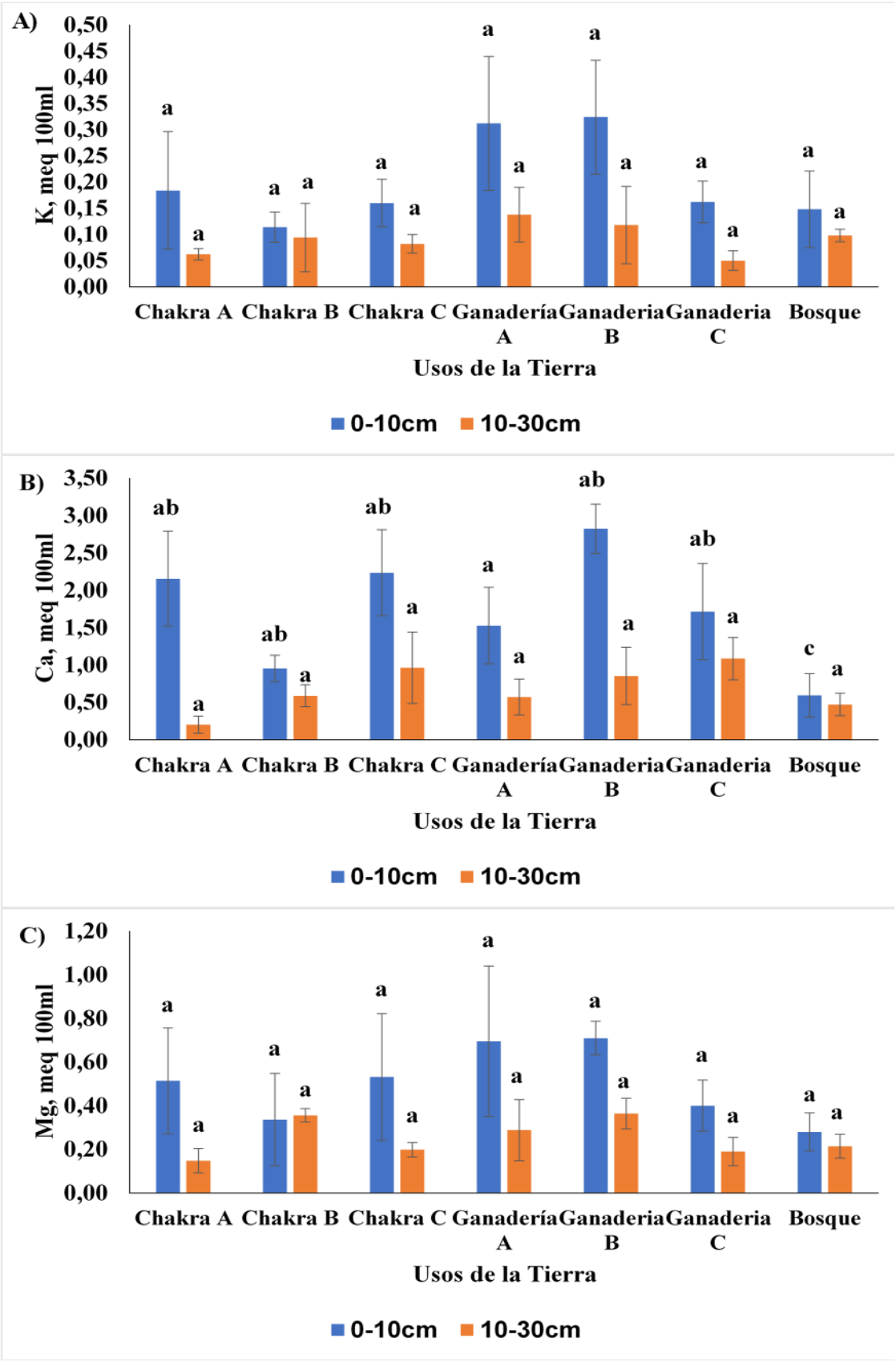

Figura 8. Distribución de las bases intercambiables del suelo A) Potasio (K), B) Calcio (Ca), C) Magnesio (Mg); profundidad (0-10cm) (10-30cm) en distintos usos.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.3 Concentración de Metales pesados (Cu, Zn) en diferentes usos del suelo

El cobre es un metal no ferroso que se encuentra en el suelo de manera natural, también es un microelemento que se precipita rápidamente hacia formas no solubles y no asimilables para la planta según resultados obtenidos (Figura 9 A) tuvo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la capa superficial del suelo ubicándolo en 3 grupos el primero con los niveles más altos en concentración se encuentran los usos de la chakra B y ganadería B con valores promedio de 5,54 y 4,43 mg k^{-1} respectivamente, el segundo grupo constituido por chakra A, Chakra C y ganadería C con valores promedio de 2,76; 3,21; 2,98 mg kg^{-1} respectivamente. El tercer grupo está formado por el uso de suelo con bosque con un valor promedio de 1,98 mg kg^{-1}. Considerando la segunda profundidad de estudio (10-30cm) se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con similitud en una agrupación de 3, pero con una disminución en su concentración. El primer grupo constituido por chakra B con un valor promedio de 5,18 mg kg^{-1}; en el segundo grupo se encuentra la ganadería B con un valor promedio de 3,69 mg kg^{-1}, y en el tercer grupo se encontraron el resto de los usos de suelo oscilando en sus valores 1,63 a 2,46 mg kg^{-1}. Verificando la legislación permisible **ecuatoriana** de la **normativa 097a** la cual tiene un límite permisible de cobre con un valor de 0,2 mg kg^{-1} (Lipianin & Alexey, 2016), lo cual nos indica que en los diferentes usos existe un grado de contaminación por metal pesado.

Los resultados obtenidos del Cinc se encuentra en la **(**figura 9 B**)** en el cual nos representa que en la capa superficial no se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), siendo el de mayor concentración la chakra C con un valor promedio de 5,76 mg Kg^{-1}; si bien en la segunda profundidad de estudio se encontraron diferencias significativas agrupándolas en 3 grupos siendo el primero la chakra C el que tiene mayor concentración con un valor promedio 1,77 mg Kg^{-1}; en el segundo grupo se ubican usos de ganadería B y C, bosque y chakra B las cuales oscilaron en un valor promedio 0,96 a 1,34 mg Kg^{-1}, en el último grupo se encuentra la chakra A y ganadería A con valores promedio de 0,47 y 0,69 respectivamente. En estudios realizados el Cinc se encuentra de manera natural en el suelo en una concentración de 10 a 30 mg kg^{-1}; y aumenta cuando el pH del suelo disminuye y viceversa (Pisuña & Manuel, 2015), según legislación permisible ecuatoriana de la **normativa 097a** el valor crítico para el Cinc es de 2 mg kg^{-1} (Lipianin & Alexey, 2016),

lo cual indica que en los diferentes usos existe un grado de contaminación por metal pesado.

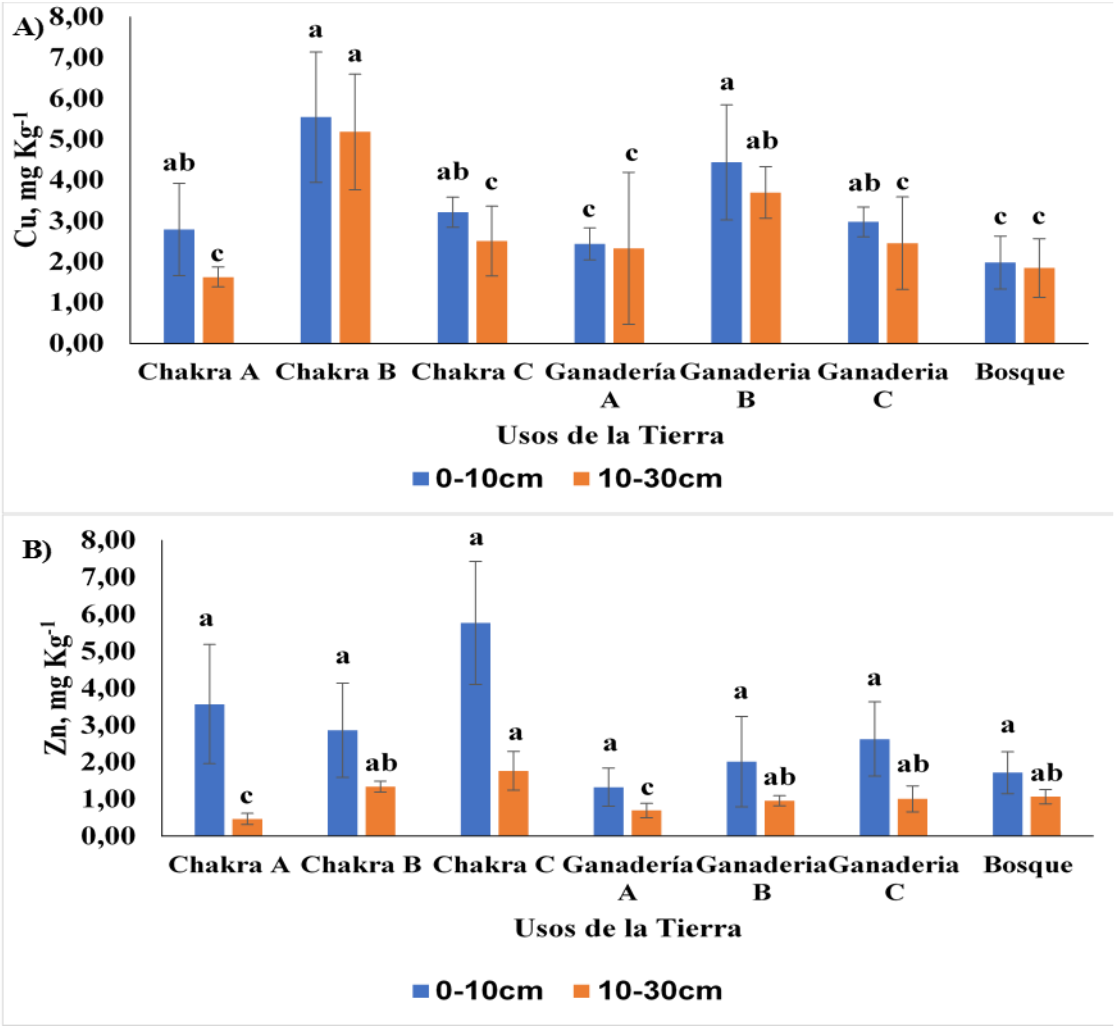

Figura 9. Distribución de metales pesados A) Cobre (Cu) B) Cinc (Zn); en profundidades de (0-10 cm) (10-30 cm) en distintos usos del suelo.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

4.4 Relaciones de propiedades del suelo y contenido de metales pesados en diferentes usos del suelo

En el siguiente capítulo se representarán las tablas de correlación del índice de Pearson en las cuales se representarán las correlaciones de mayor significancia como se puede observar en la **Tabla 2** que está realizada a una profundidad de estudio de (0-10cm) y la **Tabla 3** que está en referencia con la profundidad de (10-30cm)

TABLA 2. Análisis de correlaciones de las variables Físicas, Químicas y Metales pesados del suelo en profundidad de 0-10cm
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

Correlaciones

	Da	**ksat**	**Pt**	**Pa**	**Pr**	**COT**	**pH**	**AcI**	**Al^3**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Cu**	**Zn**
Da, (Mg m^3)	1,00														
ksat, (cm h^{-1})	-0,05	1,00													
Pt, (%)	**-,446****	**-,338***	1,00												
Pa,(%)	**-,458****	**,545****	-0,19	1,00											
Pr, (%)	0,11	**-,591****	**,673****	**-,871****	1,00										
COT,(%)	**-,661****	0,07	0,28	**,448****	-0,19	1,00									
pH	0,25	-0,33	0,11	**-,525****	**,454****	**-,535****	1,00								
AcI, (meq 100ml)	0,00	-0,03	0,09	-0,15	0,16	0,11	**-,421***	1,00							
Al^3, (meq 100ml)	0,05	-0,17	0,08	-0,27	0,25	-0,33	0,21	**,561****	1,00						
P, (mg Kg^{-1})	0,21	0,26	-0,21	-0,12	-0,02	-0,33	0,19	0,07	0,30	1,00					
K, (meq 100ml)	0,26	-0,22	0,17	**-,413***	**,400***	-0,18	**,387***	0,21	0,23	0,06	1,00				
Ca, (meq 100ml)	0,15	-0,16	0,18	**-,378***	**,379***	**-,358***	**,637****	-0,20	0,12	**,484****	**,423***	1,00			
Mg, (meq 100ml)	0,26	-0,28	0,12	**-,539****	**,471****	**-,372***	**,632****	0,07	0,25	**,388***	**,721****	**,756****	1,00		
Cu, (mg Kg^{-1})	0,28	0,05	**-,342***	-0,29	0,03	**-,490***	0,25	-0,22	-0,06	0,14	-0,20	0,05	0,01	1,00	
Zn, (mg Kg^{-1})	0,02	**,388***	-0,14	0,05	-0,11	-0,19	0,09	-0,10	0,10	**,757****	-0,05	**,375***	0,16	0,28	1,00

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

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

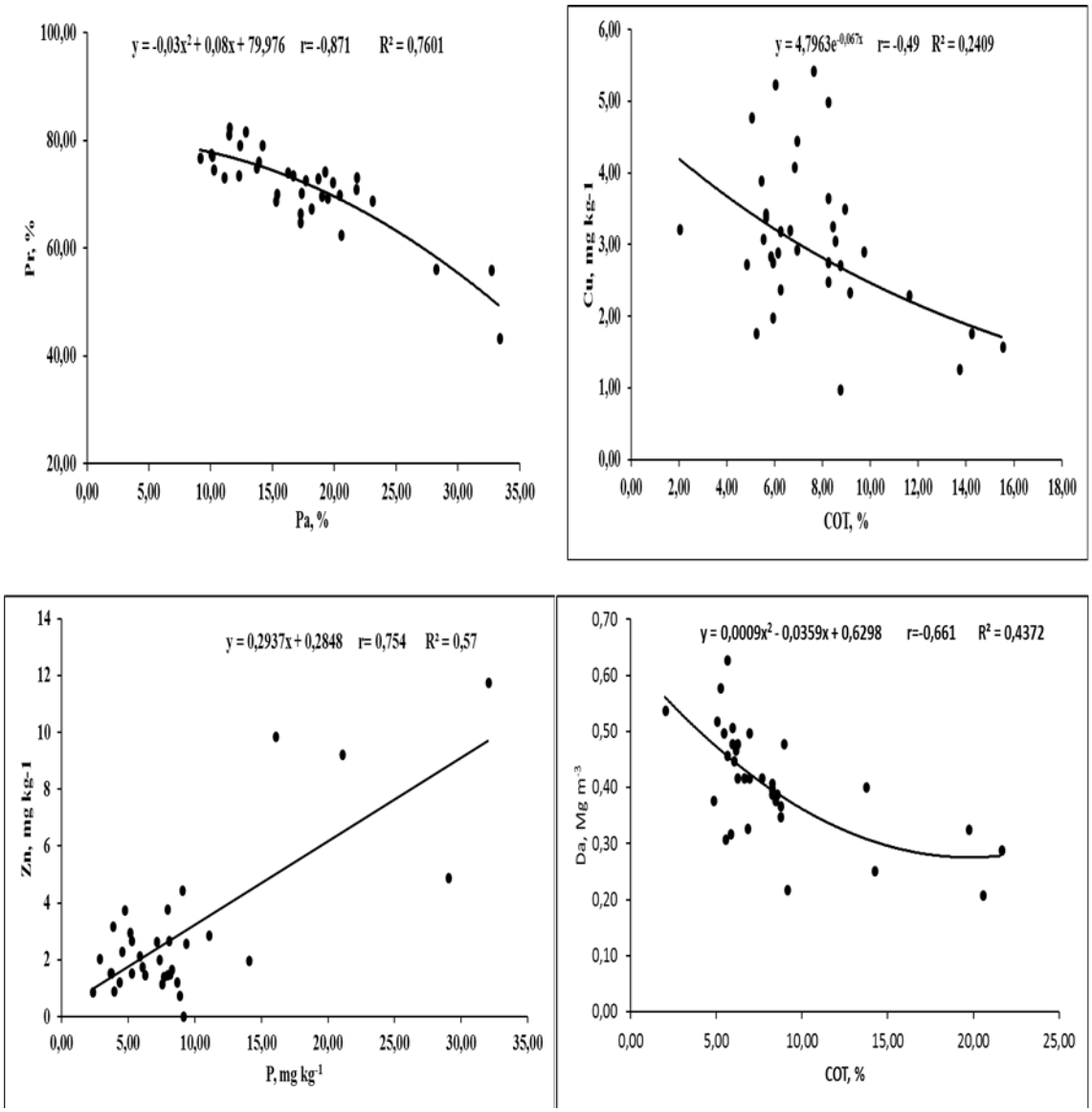

Figura 10. Correlaciones dadas en la capa superficial del suelo
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

TABLA 3. Análisis de correlaciones de las variables Físicas, Químicas y Metales Pesados del suelo; profundidad 10-30 cm
Fuente: (elaboración propia del Autor, 2018)

Correlaciones

	Da	ksat	Pt	Pa	Pr	COT	pH	AcI	Al^3	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
Da, (Mg m^3)	1,00														
ksat, (cm h^{-1})	-0,30	1,00													
Pt, (%)	**-,613****	0,06	1,00												
Pa,(%)	**-,485****	**-,474****	0,08	1,00											
Pr, (%)	-0,28	-0,19	**-,860****	**-,437****	1,00										
COT,(%)	**-,563****	**-,578****	0,17	**-,435****	-0,07	1,00									
pH	0,17	**-,393***	-0,10	-0,17	0,00	**-,418***	1,00								
AcI, (meq 100ml)	-0,23	0,07	-0,11	0,26	-0,23	0,11	-0,21	1,00							
Al^3, (meq 100ml)	-0,10	-0,09	-0,18	0,20	-0,26	-0,07	0,16	**,816****	1,00						
P, (mg Kg-^{1})	0,21	-0,15	**-,561****	-0,03	**-,493****	-0,09	0,25	0,28	**,364***	1,00					
K, (meq 100ml)	-0,13	0,09	0,06	0,11	0,00	0,20	0,04	**,460****	0,04	-0,05	1,00				
Ca, (meq 100ml)	0,13	-0,10	**-,401***	0,00	**-,364***	0,06	0,31	0,24	0,01	**,581****	**,445****	1,00			
Mg, (meq 100ml)	-0,11	-0,01	0,03	0,07	-0,01	0,05	0,23	**,337***	-0,02	0,15	**,798****	**,703****	1,00		
Cu, (mg Kg^{-1})	0,15	-0,27	-0,21	-0,02	-0,18	-0,23	0,24	-0,16	-0,07	0,13	0,00	0,04	0,16	1,00	
Zn, (mg Kg^{-1})	0,04	0,10	-0,20	**,348***	**-,354***	-0,04	0,03	-0,09	-0,08	0,18	-0,03	0,23	0,02	**,495****	1,00

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

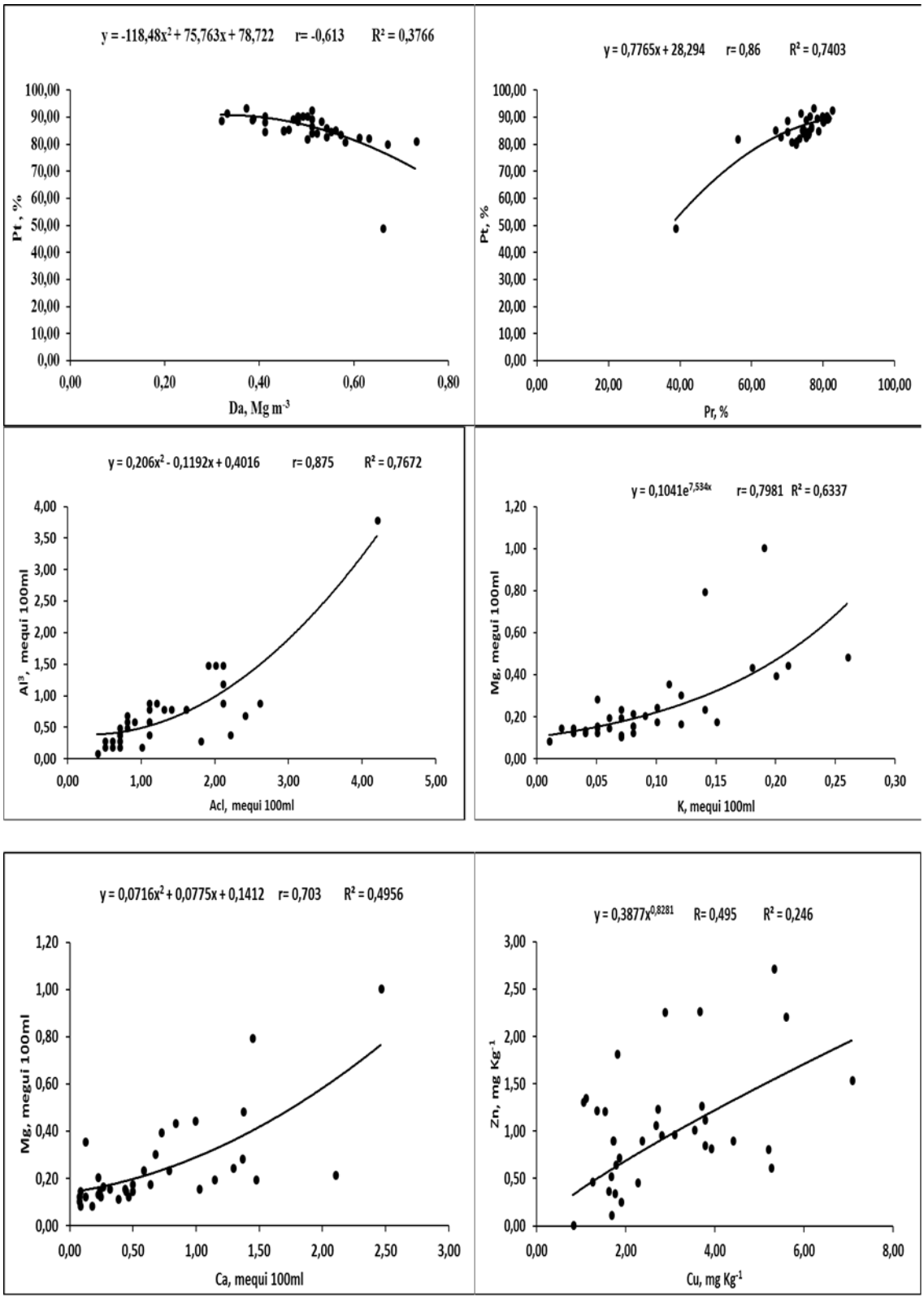

Figura 11. correlaciones de la profundidad de 10-30cm con diferentes parámetros del suelo.
Fuente: (Elaboración propia del autor, 2018)

Como se puede apreciar en las tablas y figuras donde se representa las correlaciones o grado de asociación entre dos variables las relaciones más altas se presentan con el

contenido de materia orgánica y algunas propiedades ajustando a modelos lineales, exponenciales. En el caso de los parámetros químicos las principales relaciones se establecieron entre el fósforo y el contenido de Cinc, entre las bases cambiables y entre el contenido de materia orgánica y el cobre (Cu) y Zn sobre todo en el horizonte superficial

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la evaluación de los parámetros físicos los usos de suelos dieron un resultado positivo en su funcionamiento ya que tienen una alta porosidad total (Pa), la cual están influenciada en la porosidad de retención (Pr) y porosidad de aireación (Pa) del suelo; la densidad aparente dio valores altos debido al buen crecimiento de las raíces de los cultivos que se desarrollan fácilmente. En los parámetros químicos los suelos muestran un alto contenido de materia orgánica independientemente del uso de la tierra, pH acido ya que en todos los usos oscilaron en un valor de 4,12 a 4,72; alta acidez intercambiable y baja disponibilidad de nutrientes especialmente el P y las bases intercambiables (K, Ca, Mg) característicos de la región amazónica ecuatoriana.
- En el análisis de metales pesados se consideró según la normativa ecuatoriana 096a que en todos los usos del suelo que estaban en estudio se encontraban contaminados por metales pesados (Zn, Cu) en las 2 profundidades ya que el pH del suelo en la región Amazónica se caracteriza por ser acido y eso hace aumentar los niveles de zinc y cobre a posibles niveles tóxicos de Cinc que sobrepasen los 2mg Kg^{-1} y para el cobre de 0,2 mg Kg^{-1}.
- Se establecieron las correlaciones con mayor significancia las cuales eran significante a nivel 0,01en la profundidad de (0-10cm) fueron (COT-Da) con un valor de -6,61** esto sígnica que a medida que aumenta COT la Da disminuye o viceversa, así también está la correlación de (Pr-Pa), (Cu-COT) y el (Zn-P). en la profundidad de (10-30cm) hubo más correlaciones en la significancia a nivel de 0,01 estas fueron (Pt-Da), (Pr-Pt), (Al^3-Acl), (Mg-K), (Mg-Ca), (Zn-Cu).

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la lectura de los metales tener un formato de estandarización en el cual haga referencia a otros estudios realizados.
- Se recomienda incluir en el estudio análisis biológicos del suelo ya que pueden determinar alguna calidad del suelo presente en dicho lugar
- Emplear tratamientos de eliminación de metales pesados para cultivos agrícolas de la zona de estudio
- Realizar un seguimiento de estudio de metales pesados para ver el incremento o disminución de metales pesados en la zona.
- Realizar estudios de metales pesados como cadmio, plomo, níquel y selenio.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Aliste, N., Perez d'angello, E., & Carter, W. D. (2015). DEFINICION Y EDAD DE LA FORMACION PATAGUA, PROVINCIA DE ACONCAGUA, CHILE.

Álvarez-Arteaga, G., García Calderón, N. E., Krasilnikov, P., & García-Oliva, F. (2013). Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Agrociencia, 47*(2), 171-180.

Association, A. P. H., Association, A. W. W., Federation, W. P. C., & Federation, W. E. (1915). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 2): American Public Health Association.

Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience), 10*(2).

Becerra-Sanabria, L., Navia-de Mosquera, S., & Ñústez-López, C. (2016). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar 'Criolla Guaneña'en el departamento de Nariño. *Revista Latinoamericana de la papa, 14*(1), 51-60.

Benavides, E., Morales, L., & Navia, J. (2016). Propiedades físicas y contenido de materia orgánica en diferentes usos del suelo en Samaniego, Colombia. *Revista Agroforestería Neotropical, 1*(5).

Bertsch, H. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo: San José, CR: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

Bocco, G., Mendoza, M., & Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, 18-36.

Bravo, C., Benítez, D., Burgos, J. C. V., Alemán, R., Torres, B., & Marín, H. (2015). Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la

Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 4*(1), 03-31.

Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18*(11), 1-16.

Bravo, C., Torres, B., Alemán, R., Changoluisa, D., Marín, H., Freile, J., . . . Navarrete, H. (2017). *Indicadores de calidad física y carbono orgánico en suelos de la Región Amazónica Ecuatoriana bajo diferentes usos de la tierra.* Paper presented at the Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria–Ecuador 2017.

Bravo, C. B., D; Durazno, G; Navarrete, H; Torres, B; Ramirez, A; Torres, V; Armijo, H, Paguay, D; Diaz, A; Vinueza, R. (2015). Informe Final: Diagnóstico ambiental de unidades de producción agropecuaria en tres pisos altitudinales de la provincia de Napo, Ecuador (pp. 54).

Caiza Quinatoa, D. D. (2015). *Estudio de la degradación física del suelo y plan de manejo ambiental para la finca Luis Cevallos.*

Cánepa Ramos, Y., González, T., Abdón, J., González Mederos, A., & Hernández Jiménez, A. (2015). Situación actual de los suelos tabacaleros de la empresa Lázaro Peña de la provincia Artemisa. *Cultivos Tropicales, 36*(1), 80-85.

Cardona Gutiérrez, A. F., Cabañas Vargas, D. D., & Zepeda Pedreguera, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería, 17*(1).

Casas, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., . . . Vallejo, M. (2015). Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación ambiental Ciencia y política pública, 6*(2).

Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarin-Montoya, R., Robles-Bermudez, A., & Juarez-Lopez, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias, 2*(2).

Dager, M. R., Elizalde, G., & Cabrera, M. M. R. (2017). Composición de la materia orgánica, pH, intercambio catiónico y textura de cinco suelos ubicados entre 670 y 1600 msnm en la cuenca del río Maracay, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía, 34*(2), 130-157.

Delince, W., Valdés Carmenate, R., López Morgado, O., Guridi Izquierdo, F., & Balbín Arias, M. I. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de Oryza sativa L y Solanum tuberosum L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24*, 44-50.

Duval, M. E., Galantini, J. A., Martínez, J. M., López, F. M., & Wall, L. G. (2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., . . . Montanarella, L. (2013). *Atlas de suelos de America Latina y el Caribe*: Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014.

González-Flores, E., Tornero-Campante, M. A., Sandoval-Castro, E., Pérez-Magaña, A., & Gordillo-Martínez, A. J. (2011). Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental, 27*(4), 290-301.

Goujard, O., & Bayón, C. (2014). Importancia del potasio y el magnesio en la minimización del estrés provocado por sequía. *Vida rural, 1*, 82-84.

Herrera-Núñez, J., Rodríguez-Corrales, J., Coto-Campos, J. M., Salgado-Silva, V., & Borbón-Alpízar, H. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Revista Tecnología en Marcha, 26*(1), 27-36.

Klute, A. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods.--p. 687.734: En: Methods of soil analysis: part 1; physical and mineralogical methods.--Winsconsin, US: American Society of Agronomy, 1986.

Lipianin, A., & Alexey, D. (2016). EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO, ALUMINIO Y COBRE EN AGUAS, SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA RESERVA BIOLÓGICA LIMONCOCHA PARA ESTABLECER LA LÍNEA BASE, 20152016.

Lozada, J. R., Soriano, P., & Costa, M. (2014). Relaciones suelo-vegetación en una toposecuencia del Escudo Guayanés, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, *62*(1), 1-17.

Martin, E. C., & Munoz, C. (2017). Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego¿ Cuándo? : College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ).

Maza, J., & Oswaldo, Á. (2013). *Influencia del uso de la tierra con cultivos de cacao, chakras y bosque primario, sobre la diversidad, almacenamiento de carbono y productividad en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador*. Costa Rica/CATIE/2013.

Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo Rojas, L., & Bonilla, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, *37*, 270-278.

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis part 3—chemical methods*(methodsofsoilan3), 961-1010.

Nova, J., Pimentel, A., Adames, A., Contreras, F., Pujols, A., Jiménez, F., & Mella, J. (2014). Hierro y zinc en el suelo y su expresión en el grano de arroz. *Rev Agropecu For*, *3*(1), 39-46.

Olivares Rieumont, S., García Céspedes, D., Lima Cazorla, L., Saborit Sánchez, I., Llizo Casals, A., & Pérez Álvares, P. (2013). Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc

en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. *Revista internacional de contaminación ambiental, 29*, 285-294.

Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., & Verón, S. R. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy, 15*(87), 14-23.

Pisuña, P., & Manuel, J. (2015). Biofortificación agronómica de la papa (solanum tuberosum l.) Mediante la aplicación de zinc (Zn) al suelo y follaje.

Pla, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos. *Dificultades y errores más frecuentes. I-Propiedades mecánicas. Suelos Ecuatoriales, 40*(2), 75-93.

Ribeiro, D. (2015). Ecotoxicidad y cambios de usos del suelo en la.

Rodríguez, Y. B. (2017). Índices de explotación y económicos de preparación de suelos arcillosos pesados para caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola, 5*(4), 30-34.

Roqueme, J., Pinedo, J. J., Marrugo, J. L., & Aparicio, A. (2016). *Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del rio Sinú, departamento de Córdoba.* Paper presented at the 2014.

Rueda Saa, G., Rodríguez Victoria, J. A., & Madriñán Molina, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica, 60*(3).

Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo una limitante común para la producción de café.

Salazar, J. C. S., Burgos, E. R., & Bautista, E. H. D. (2015). Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (Coffea arabica L.) en taza. *Acta Agronómica, 64*(4), 342.

Salazar, L. A. L., Valencia, N. R., & Khalajabadi, S. S. (2015). Disponibilidad de Ca2+, Mg2+ y K+ en función de las propiedades del suelo, zona cafetera central de Colombia. *RIAA, 6*(1), 29-42.

Sepúlveda, R. B. (2015). El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica de los suelos. Experiencias de campo en ámbitos de montaña mediterránea. *Baética*(21).

Serrato, F. B., Díaz, A. R., Sarría, F. A., Brotóns, J. M., & López, S. R. (2010). Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España. *Papeles de geografía*(51-52), 45-54.

Toledo, D. M., Galantini, J. A., Ferreccio, E., Arzuaga, S., Gimenez, L., & Vázquez, S. (2013). Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Ciencia del suelo, 31*(2), 201-212.

Torres-Benítez, A. J., Esquivel, H. E., & Tinoco, F. (2017). Composición física y química de los suelos fluviovolcánicos de Armero Tolima, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 41*, 119-126.

Villatoro, F., & Sáenz, J. C. (2013). Clasificación de usos del suelo en paisajes ganaderos: el caso de Esparza, Costa Rica.

CAPITULO VII

ANEXOS

ANEXOS DE TABLAS

TABLA 4. Resultados del análisis de la espectrofotometría del metal Cobre (Cu).

Sample ID	Analyte Name	,Abs (Corr)	Conc (Samp)	Date	Time	SD (Corr Abs)
blanco	Cu 324.8	0,536615472	0,00	15/05/2018	9:29:42	2,51E+04
blanco	Cu 324.8	0,000205101	0,00	15/05/2018	9:30:07	7,16E+04
Calib Std 1	Cu 324.8	0,038277599	0,00	15/05/2018	9:30:46	0,000130059
Calib Std 2	Cu 324.8	0,075497928	0,00	15/05/2018	9:31:15	0,000452313
Calib Std 3	Cu 324.8	0,11183018	0,00	15/05/2018	9:31:42	0,001331213
Calib Std 4	Cu 324.8	0,146556925	0,00	15/05/2018	9:32:08	2,31E+03
Sample001	Cu 324.8	0,005990816	1,00	15/05/2018	9:33:22	4,24E+04
Sample002	Cu 324.8	0,007154286	1,24	15/05/2018	9:33:49	0,000151141
Sample003	Cu 324.8	0,015018509	2,85	15/05/2018	9:34:16	4,20E+04
Sample004	Cu 324.8	0,009703843	1,76	15/05/2018	9:34:43	6,51E+04
Sample005	Cu 324.8	0,021150758	4,10	15/05/2018	9:35:09	2,54E+04
Sample006	Cu 324.8	0,008932589	1,60	15/05/2018	9:35:36	1,13E+04
Sample007	Cu 324.8	0,014642935	2,77	15/05/2018	9:36:02	0,000121195
Sample008	Cu 324.8	0,010281243	1,88	15/05/2018	9:36:29	8,26E+04
Sample009	Cu 324.8	0,016849953	3,22	15/05/2018	9:36:56	0,000239862
Sample010	Cu 324.8	0,00919333	1,66	15/05/2018	9:37:22	6,80E+03
Sample011	Cu 324.8	0,009835664	1,79	15/05/2018	9:37:51	3,62E+04
Sample012	Cu 324.8	0,005042962	0,81	15/05/2018	9:38:17	3,42E+04
Sample013	Cu 324.8	0,014523552	2,75	15/05/2018	9:38:55	1,50E+04
Sample014	Cu 324.8	0,028357006	5,58	15/05/2018	9:39:24	2,78E+04
Sample015	Cu 324.8	0,014514382	2,74	15/05/2018	9:39:51	0,000103807
Sample016	Cu 324.8	0,010090864	1,84	15/05/2018	9:40:18	1,71E+04
Sample017	Cu 324.8	0,012825554	2,40	15/05/2018	9:40:47	0,000182734
Sample018	Cu 324.8	0,009624774	1,74	15/05/2018	9:41:15	7,10E+04
Sample019	Cu 324.8	0,013363832	2,51	15/05/2018	9:41:42	7,08E+04
Sample020	Cu 324.8	0,009265165	1,67	15/05/2018	9:41:42	9,14E+04
Sample021	Cu 324.8	0,025569304	5,01	15/05/2018	9:42:36	0,00026795
Sample022	Cu 324.8	0,014105092	2,66	15/05/2018	9:43:04	6,66E+04
Sample023	Cu 324.8	0,010889533	2,00	15/05/2018	9:43:32	0,000129143
Sample024	Cu 324.8	0,022573754	4,39	15/05/2018	9:44:02	0,000116618
Sample025	Cu 324.8	0,026776121	5,25	15/05/2018	9:44:29	0,000134024
Sample026	Cu 324.8	0,020180606	3,90	15/05/2018	9:44:54	0,000118348
Sample027	Cu 324.8	0,02295843	4,47	15/05/2018	9:45:21	9,04E+04
Sample028	Cu 324.8	0,019462373	3,76	15/05/2018	9:45:49	4,84E+04
Sample029	Cu 324.8	0,027712413	5,44	15/05/2018	9:46:16	0,000166999
Sample030	Cu 324.8	0,019459725	3,76	15/05/2018	9:46:45	5,98E+04
Sample031	Cu 324.8	0,016804475	3,21	15/05/2018	9:47:13	6,19E+04

Sample032	Cu 324.8	0,019117822	3,69	15/05/2018	9:47:40	0,000131905
Sample033	Cu 324.8	0,015532108	2,95	15/05/2018	9:48:06	6,71E+04
Sample034	Cu 324.8	0,012159612	2,26	15/05/2018	9:48:33	4,48E+04
Sample035	Cu 324.8	0,01262379	2,36	15/05/2018	9:48:59	9,12E+04
Sample036	Cu 324.8	0,021594165	1,09	15/05/2018	9:49:26	9,27E+04
Sample037	Cu 324.8	0,133602137	3,10	15/05/2018	9:49:55	0,000685206
Calib Std 1	Cu 324.8	0,033308172	0,00	15/05/2018	9:49:55	0,000116403
Calib Std 2	Cu 324.8	0,061326667	0,00	15/05/2018	9:51:54	0,000116403
Calib Std 3	Cu 324.8	0,088439501	0,00	15/05/2018	9:52:26	0,004096682
Calib Std 4	Cu 324.8	0,115382754	0,00	15/05/2018	9:52:56	0,000500048
blanco	Cu 324.8	0,000134266	0,00	17/05/2018	9:32:07	5,05E+03
blanco	Cu 324.8	0,000134266	0,00	17/05/2018	9:32:29	8,62E+04
Calib Std 1	Cu 324.8	0,035628437	0,00	17/05/2018	9:32:59	0,000340374
Calib Std 2	Cu 324.8	0,069798359	0,00	17/05/2018	9:33:28	0,000967709
Calib Std 3	Cu 324.8	0,103636877	0,00	17/05/2018	9:33:55	0,001243082
Calib Std 4	Cu 324.8	0,129965961	0,00	17/05/2018	9:34:24	0,001166974
Sample038	Cu 324.8	0,007001633	1,09	17/05/2018	9:35:18	0,000116818
Sample039	Cu 324.8	0,015778085	3,10	17/05/2018	9:35:51	4,00E+04
Sample040	Cu 324.8	0,009675288	1,71	17/05/2018	9:36:21	5,20E+04
Sample041	Cu 324.8	0,016494764	3,27	17/05/2018	9:36:49	6,82E+03
Sample042	Cu 324.8	0,017652437	3,53	17/05/2018	9:37:15	1,33E+04
Sample043	Cu 324.8	0,023193175	4,80	17/05/2018	9:37:42	8,72E+04
Sample044	Cu 324.8	0,025455775	5,31	17/05/2018	9:38:11	0,000239513
Sample045	Cu 324.8	0,01761948	3,52	17/05/2018	9:38:40	4,82E+04
Sample046	Cu 324.8	0,01570112	3,08	17/05/2018	9:39:06	0,000145148
Sample047	Cu 324.8	0,024365525	5,07	17/05/2018	9:39:34	4,75E+03
Sample048	Cu 324.8	0,02488237	5,18	17/05/2018	9:40:01	5,36E+04
Sample049	Cu 324.8	0,034583264	7,40	17/05/2018	9:40:29	5,75E+04
Sample050	Cu 324.8	0,033138605	7,07	17/05/2018	9:40:57	7,18E+04
Sample051	Cu 324.8	0,032494858	6,92	17/05/2018	9:41:26	3,65E+04
Sample052	Cu 324.8	0,025178096	5,25	17/05/2018	9:41:54	3,13E+04
Sample053	Cu 324.8	0,016387276	3,24	17/05/2018	9:42:23	7,94E+04
Sample054	Cu 324.8	0,008842644	1,52	17/05/2018	9:42:49	4,98E+04
Sample055	Cu 324.8	0,014950503	2,91	17/05/2018	9:43:17	2,57E+04
Sample056	Cu 324.8	0,010086725	1,80	17/05/2018	9:43:47	8,24E+04
Sample057	Cu 324.8	0,018281412	3,67	17/05/2018	9:44:14	0,000150717
Sample058	Cu 324.8	0,018188322	3,65	17/05/2018	9:44:40	4,36E+04
Sample059	Cu 324.8	0,014373543	2,78	17/05/2018	9:45:06	0,000106721
Sample060	Cu 324.8	0,014020763	2,70	17/05/2018	9:45:34	2,76E+04
Sample061	Cu 324.8	0,017296493	3,45	17/05/2018	9:46:03	0,000127581
Sample062	Cu 324.8	0,014743571	2,86	17/05/2018	9:46:31	0,000111794
Sample063	Cu 324.8	0,022790987	4,71	17/05/2018	9:46:58	4,40E+04
Sample064	Cu 324.8	0,015000992	2,92	17/05/2018	9:47:24	9,10E+04
Sample065	Cu 324.8	0,014421156	2,79	17/05/2018	9:47:50	2,10E+04
Sample066	Cu 324.8	0,01235975	2,32	17/05/2018	9:48:17	5,80E+03
Sample067	Cu 324.8	0,012480173	2,35	17/05/2018	9:48:43	2,83E+03

Sample068	Cu 324.8	0,007813614	1,28	17/05/2018	9:49:10	6,87E+04
Sample069	Cu 324.8	0,006748993	1,04	17/05/2018	9:49:36	3,32E+04
Sample070	Cu 324.8	0,009994411	1,78	17/05/2018	9:50:01	2,62E+04
Sample071	Cu 324.8	0,008095246	1,34	17/05/2018	9:50:28	0,000144486
Sample072	Cu 324.8	0,009208418	1,60	17/05/2018	9:50:54	3,06E+04
Sample073	Cu 324.8	0,009648943	1,70	17/05/2018	9:51:21	2,52E+04
Sample074	Cu 324.8	0,013380634	2,55	17/05/2018	9:51:47	4,01E+03

TABLA 5. Resultados del análisis de la espectrofotometría del metal Cinc (Zn).

Sample ID	Analyte Name	,Abs (Corr)	Conc (Samp)	Date	Time	SD (Corr Abs)
blanco	Zn 213.9	0,63056027	0,00	15/05/2018	10:00:26	6,61E+04
blanco	Zn 213.9	0,00052147	0,00	15/05/2018	10:00:48	4,32E+04
Calib Std 1	Zn 213.9	0,09884111	0,00	15/05/2018	10:01:21	0,00081403
Calib Std 2	Zn 213.9	0,18143567	0,00	15/05/2018	10:01:52	0,00269516
Calib Std 3	Zn 213.9	0,25762655	0,00	15/05/2018	10:02:20	0,00136929
Calib Std 4	Zn 213.9	0,33876378	0,00	15/05/2018	10:02:20	0,00686547
Sample001	Zn 213.9	0,33531342	19,56	15/05/2018	10:03:51	0,00247057
Sample001	Zn 213.9	0,02936014	1,27	15/05/2018	10:04:36	3,03E+04
Sample002	Zn 213.9	0,01605947	0,48	15/05/2018	10:05:05	0,0002185
Sample003	Zn 213.9	0,03450061	1,58	15/05/2018	10:05:34	0,00031617
Sample004	Zn 213.9	0,01919693	0,67	15/05/2018	10:06:03	0,00010967
Sample005	Zn 213.9	0,20510833	11,78	15/05/2018	10:06:31	0,0010792
Sample006	Zn 213.9	0,01440488	0,38	15/05/2018	10:06:59	6,98E+03
Sample007	Zn 213.9	0,02798586	1,19	15/05/2018	10:07:27	0,00010969
Sample008	Zn 213.9	0,01253886	0,27	15/05/2018	10:07:55	0,00040804
Sample009	Zn 213.9	0,04188777	2,02	15/05/2018	10:08:23	0,00025911
Sample010	Zn 213.9	0,01704708	0,54	15/05/2018	10:08:50	0,00022609
Sample011	Zn 213.9	0,02399163	0,95	15/05/2018	10:09:17	0,00022347
Sample012	Zn 213.9	0,00840964	0,02	15/05/2018	10:09:44	0,00015255
Sample013	Zn 213.9	0,04303843	2,09	15/05/2018	10:10:14	1,68E+04
Sample014	Zn 213.9	0,04516463	2,22	15/05/2018	10:10:43	0,00041058
Sample015	Zn 213.9	0,02122846	0,79	15/05/2018	10:11:10	0,00015244
Sample016	Zn 213.9	0,02032401	0,73	15/05/2018	10:11:38	0,00029757
Sample017	Zn 213.9	0,03365875	1,53	15/05/2018	10:12:06	0,00016481
Sample018	Zn 213.9	0,01406441	0,36	15/05/2018	10:12:35	3,97E+04
Sample019	Zn 213.9	0,02910272	1,26	15/05/2018	10:13:02	1,64E+04
Sample020	Zn 213.9	0,01022584	0,13	15/05/2018	10:13:30	9,45E+04
Sample021	Zn 213.9	0,03391506	1,55	15/05/2018	10:13:58	0,0002725
Sample022	Zn 213.9	0,02606147	1,08	15/05/2018	10:14:23	0,00015773
Sample023	Zn 213.9	0,00947474	0,08	15/05/2018	10:14:51	4,86E+04
Sample024	Zn 213.9	0,02331752	0,91	15/05/2018	10:15:19	1,02E+04
Sample025	Zn 213.9	0,05852531	3,02	15/05/2018	10:15:45	0,00031752
Sample026	Zn 213.9	0,02187047	0,83	15/05/2018	10:16:14	0,00029451
Sample027	Zn 213.9	0,05377364	2,73	15/05/2018	10:16:41	9,27E+04
Sample028	Zn 213.9	0,02698313	1,13	15/05/2018	10:17:07	0,00035244

Sample029	Zn 213.9	0,05335792	2,71	15/05/2018	10:17:34	2,21E+04
Sample030	Zn 213.9	0,0225063	0,86	15/05/2018	10:18:02	3,67E+03
Sample031	Zn 213.9	0,0568458	2,92	15/05/2018	10:18:29	1,50E+04
Sample032	Zn 213.9	0,02943709	1,28	15/05/2018	10:18:56	9,43E+02
Sample033	Zn 213.9	0,03674358	1,71	15/05/2018	10:19:20	0,00017916
Sample034	Zn 213.9	0,0158852	0,47	15/05/2018	10:19:48	0,00027324
Sample035	Zn 213.9	0,03270833	1,47	15/05/2018	10:20:17	7,37E+04
Sample036	Zn 213.9	0,00566098	0,14	15/05/2018	10:20:44	3,47E+04
Calib Std 1	Zn 213.9	0,08399604	0,00	15/05/2018	10:21:51	5,34E+04
Calib Std 2	Zn 213.9	0,16163302	0,00	15/05/2018	10:22:19	0,00043113
Calib Std 3	Zn 213.9	0,2366953	0,00	15/05/2018	10:22:48	8,26E+04
Calib Std 4	Zn 213.9	0,31307515	0,00	15/05/2018	10:23:14	0,00663919
Sample037	Zn 213.9	0,00719325	0,25	15/05/2018	10:24:00	0,00048109
blanco	Zn 213.9	0,63659405	0,00	17/05/2018	9:59:53	0,00012922
blanco	Zn 213.9	0,00352951	0,00	17/05/2018	10:00:16	0,00061186
Calib Std 1	Zn 213.9	0,09357573	0,00	17/05/2018	10:00:52	0,00065179
Calib Std 2	Zn 213.9	0,03584283	0,00	17/05/2018	10:01:23	0,01316156
Calib Std 3	Zn 213.9	0,25582806	0,00	17/05/2018	10:01:57	0,00087888
Calib Std 4	Zn 213.9	0,24459509	0,00	17/05/2018	10:02:49	0,14409523
Calib Std 4	Zn 213.9	0,19713834	0,00	17/05/2018	10:03:25	0,21258071
Sample038	Zn 213.9	0,01054584	0,41	17/05/2018	10:04:44	5,39E+04
blanco	Zn 213.9	0,70439542	0,00	17/05/2018	10:23:33	0,00010899
blanco	Zn 213.9	0,00098494	0,00	17/05/2018	10:23:57	0,00015612
Calib Std 1	Zn 213.9	0,09399085	0,00	17/05/2018	10:24:25	0,00017796
Calib Std 2	Zn 213.9	0,18124215	0,00	17/05/2018	10:24:57	0,00081733
Calib Std 3	Zn 213.9	0,26405616	0,00	17/05/2018	10:25:24	0,00201663
Calib Std 4	Zn 213.9	0,36795022	0,00	17/05/2018	10:25:51	0,00421932
Sample038	Zn 213.9	0,32921992	18,16	17/05/2018	10:26:21	0,00578674
Sample039	Zn 213.9	0,33202408	18,08	17/05/2018	10:27:19	0,03241312
Sample038	Zn 213.9	0,02520408	1,36	17/05/2018	10:27:49	3,68E+04
Sample039	Zn 213.9	0,07014558	3,81	17/05/2018	10:28:20	9,60E+03
Sample040	Zn 213.9	0,01693656	0,91	17/05/2018	10:28:49	8,01E+04
Sample041	Zn 213.9	0,05947918	3,23	17/05/2018	10:29:16	0,00027754
Sample042	Zn 213.9	0,01914129	1,03	17/05/2018	10:29:44	0,00011774
Sample043	Zn 213.9	0,04969553	2,69	17/05/2018	10:30:12	0,0001129
Sample044	Zn 213.9	0,05037807	2,73	17/05/2018	10:30:39	0,00011594
Sample045	Zn 213.9	0,02815712	1,52	17/05/2018	10:31:08	5,47E+03
Sample046	Zn 213.9	0,01828489	0,98	17/05/2018	10:31:37	0,00045632
Sample047	Zn 213.9	0,07031698	3,82	17/05/2018	10:32:05	0,00033189
Sample048	Zn 213.9	0,01521468	0,82	17/05/2018	10:32:33	7,07E+04
Sample049	Zn 213.9	0,08244212	4,48	17/05/2018	10:33:00	1,81E+04
Sample050	Zn 213.9	0,02877738	1,55	17/05/2018	10:33:29	0,00015052
Sample051	Zn 213.9	0,03326406	1,80	17/05/2018	10:33:57	0,00022555
Sample052	Zn 213.9	0,01173302	0,63	17/05/2018	10:34:27	0,00039382
Sample053	Zn 213.9	0,09066309	4,93	17/05/2018	10:34:54	0,00067755
Sample054	Zn 213.9	0,02267244	1,22	17/05/2018	10:35:22	0,0002554

Sample055	Zn 213.9	0,17060895	9,28	17/05/2018	10:35:51	0,0013063
Sample056	Zn 213.9	0,03389397	1,83	17/05/2018	10:36:19	0,00016656
Sample057	Zn 213.9	0,18195399	9,90	17/05/2018	10:36:47	0,00094644
Sample058	Zn 213.9	0,04217837	2,28	17/05/2018	10:37:12	4,29E+04
Sample059	Zn 213.9	0,0379538	2,05	17/05/2018	10:37:42	5,00E+04
Sample060	Zn 213.9	0,02311093	1,25	17/05/2018	10:38:08	0,0003067
Sample061	Zn 213.9	0,04866936	2,64	17/05/2018	10:38:35	0,00064838
Sample062	Zn 213.9	0,04189736	2,27	17/05/2018	10:39:03	0,00033303
Sample063	Zn 213.9	0,00906091	0,48	17/05/2018	10:39:29	2,06E+03
Sample064	Zn 213.9	0,04300516	2,33	17/05/2018	10:39:57	0,00040842
Sample065	Zn 213.9	0,0180993	0,97	17/05/2018	10:40:22	3,95E+04
Sample066	Zn 213.9	0,04035537	2,19	17/05/2018	10:40:50	0,00023173
Sample067	Zn 213.9	0,01700731	0,91	17/05/2018	10:41:20	0,00029212
Sample068	Zn 213.9	0,02905903	1,57	17/05/2018	10:41:48	0,00017338
Sample069	Zn 213.9	0,02441133	1,32	17/05/2018	10:42:15	0,00012118
Sample070	Zn 213.9	0,02949515	1,59	17/05/2018	10:42:41	0,00010533
Sample071	Zn 213.9	0,02274616	1,23	17/05/2018	10:43:09	6,72E+03
Sample072	Zn 213.9	0,01700474	0,91	17/05/2018	10:43:36	0,00021976
Sample073	Zn 213.9	0,04365649	2,37	17/05/2018	10:44:03	0,00014968
Sample074	Zn 213.9	0,04411647	2,39	17/05/2018	10:44:31	0,00029319

ANEXOS FOTOGRAFIAS DE MUESTREO DE SUELO

ANEXO 1. Colocación de subparcelas de muestreo



La colocación de la subparcela consiste en realizar un cuadrante de 10x10 m^2 para realizar muestreo de suelo de forma estratificada en 5 puntos dentro de la subparcela; se realiza muestras físicas del suelo, resistencia del suelo, conteo de hojarasca, y conteo de lombrices, estructura y color de suelo.

ANEXO 2. Muestras compuesta de suelo



Para la muestra compuesta de suelo se realiza la extracción del suelo a 2 profundidades 0-10cm y 10-30cm separando las 2 profundidades para homogenizar la muestra con los 5 puntos de extracción de suelo.

ANEXO 3. Extracción física de muestra



Para la extracción física del suelo se utiliza un instrumento llamado Uhland el cual tiene en su interior 3 cilindros de 50cm de diámetro y 50 cm de altura los cuales receptan el suelo a 3 profundidades de 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm con las cuales se realizan análisis de laboratorio como densidad aparente conductividad del suelo y porosidad del suelo.

ANEXO 4. Recolección de Hojarasca



Para la recolección de hojarasca se utiliza un cuadrante de 0,50 m^2en el cual se recoge toda la hojarasca que se encuentra dentro del cuadrante posteriormente se realiza un pesado de toda la materia orgánica recolectada.

ANEXO 5. Secado de muestra compuesta compuesta



El secado de la muestra compuesta se la extiende en bandejas con papel periódico y se deja aproximadamente una semana hasta obtener una muestra seca naturalmente.

ANEXO 6. Molida y tamizada de la muestra compuesta



la molida de la muestra y tamizada se la realiza para extraer las raíces presentes en el suelo y para dejar el suelo seco en uniformidad que sobrepasen el tamiz de 2 cm aproximadamente para realizar estudios químicos del suelo.

ANEXO 7. Determinacion de testura de suelo por el metodo Boayoucos



Para la determinación de textura se realizó el proceso de buyucus que consistía realizar un batido de la muestra con un reactivo llamado calgón posteriormente se lo colocaba en una probeta de 1000ml y se realizaba una aforación con agua destilada para tomar temperatura y realizar la medición con un hidrómetro.

ANEXO 8. Agitacion de la muestra



Para la agitación de la muestra se pesa 2,5 gramos de suelo y se mezcla con 25ml de solución Olsen, en la plancha agitadora se la deja a 400 rpm por 10 minutos.

ANEXO 9. Obtencion de muestra liquida



Para la obtención de la muestra liquida se coloca la muestra obtenida después de la agitación en vasos con papel filtro y se deja hasta que se pasa toda la muestra posteriormente se realiza el proceso de espectrofotometría.

ANEXO 10. Lectura de absorción atómica



Para la lectura de absorción atómica se necesita la muestra de suelo en manera liquida, inicialmente al espectrofotómetro se lo calibra con una curva de nivel para tener una buena lectura y posteriormente se realiza el paso de todas las muestras para la lectura de Cinc (Zn) y cobre (Cu).