REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA.

"CARACTERIZACIÓN DEL SUELO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERA Y BOSQUE PRIMARIO ADYACENTE EN EL CANTÓN ARAJUNO"

AUTOR: MALDONADO ORTIZ LEANDRO PASCAL

TUTOR: Ing. EDISON SAMANIEGO Msc

PUYO – ECUADOR

2015

PRESENTACIÓN DEL TEMA

"CARACTERIZACIÓN DEL SUELO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERA Y BOSQUE PRIMARIO ADYACENTE EN EL CANTÓN ARAJUNO"

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

_____

DRA. MAGDALENA BARRENO AYALA.

_____

Dr.C. EDISON OLIVER SEGURA CHAVEZ.

_____

ING. EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE MSc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha dado y cuidarme. Para cumplir con los objetivos que me he trazado en mi vida.

Agradezco a mis padres que siempre fueron mi motivación y mi orgullo ya que por ellos mis metas se están realizando.

Agradezco a todas las personas que me apoyaron en los momentos buenos y malos de mi vida con un simple gesto o una palabra de motivación siempre deseándome lo mejor.

Agradezco a mi novia por estar siempre a mi lado y apoyarme en mi formación profesional y personal.

Agradezco a la Universidad Estatal Amazónica y a sus docentes por toda su entrega y paciencia por su imponderable colaboración y ayuda que brindó en mi etapa de formación profesional.

Agradezco al Prometeo Carlos Bravo por sus palabras y conocimientos brindados al momento de realizar mi tesis.

En general, agradezco a quienes de alguna manera contribuyeron a facilitarme acceso a la información requerida para alcanzar los objetivos trazados sin esperar nada a cambio siempre fomentando el conocimiento a las siguientes generaciones.

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo, dedicación y empeño plasmado en esta tesis, la misma que está dedicada a mis padres y familia y todas las personas que han influido en mi carrera.

En especial dedico mi trabajo a mi padre Leonardo Maldonado que siempre fu mi motivación y apoyo su inquebrantable fe en mi a mi madre Narcisa Ortiz por mantenerse constante y sobre todo cuando más la necesité a lo largo de toda mi vida y carrera.

Leandro Maldonado

RESPONSABLE

Yo, LEANDRO MALDONADO ORTIZ con C.I. 160048795-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Estatal Amazónica puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

LEANDRO MALDONADO ORTIZ

C.I. 160048795-1

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Leandro Pascal Maldonado Ortiz, egresado de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Edison Samaniego MSc.

DIRECTOR DE TESIS

CONTENIDO:

PRESENTACIÓN DEL TEMA ..... **II**
AGRADECIMIENTO ..... **III**
DEDICATORIA ..... **IV**
RESPONSABLE ..... **V**
CERTIFICACIÓN ..... **VI**
1. Introducción ..... **XIII**
1.1. Objetivos XV
1.1.1. Objetivo General XV
1.1.2. Objetivos Específicos XV
1.2. Hipótesis XV
Capítulo I **1**
2. REVISIÓN DE LITERATURA **1**
2.1. Calidad de suelo 1
2.2. Propiedades físicas del suelo 2
2.2.1. Densidad aparente del suelo 2
2.2.2. Porosidad del suelo 3
2.2.3. Resistencia a la Penetración 4
2.2.4. Conductividad hidráulica saturada 5
2.3. Degradación del suelo 5
2.4. Causas de la degradación física del suelo. 5
2.4.1. Compactación 6
2.4.2. Erosión 6
2.5. Actividades ganaderas y sus consecuencias sobre el bosque. 7
Capitulo II **8**
3. Materiales y Métodos **8**
3.1. Localización del área de estudio y duración de la investigación 8
3.2. Condiciones meteorológicas 10
3.3. Materiales y equipos 10
3.4. Factores de Estudio 11
3.4.1. Variables Independientes 11
3.4.2. Variables Dependientes 11

3.5. Diseño de la investigación 11
3.6. Mediciones experimentales 12
3.7. Manejo de la investigación 15
Capitulo III 17
4. Resultados y Discusión 17
4.1. Cultivo de pasto 17
4.1.1. Densidad aparente 17
4.1.2. Porosidad Total 19
4.1.3. Porosidad de Aireación. 20
4.1.4. Porosidad de Retención. 22
4.1.5. Resistencia a la penetración. 23
4.1.6. Conductividad hidráulica. 24
4.2. Bosque Primario 26
4.2.1. Densidad aparente 26
4.2.2. Porosidad Total 27
4.2.3. Porosidad de Aireación. 28
4.2.4. Porosidad de retención. 29
4.2.5. Resistencia a la penetración. 30
4.2.6. Conductividad hidráulica. 32
4.3. Comparación de las unidades de estudio 33
4.3.1. Densidad aparente 33
4.3.2. Porosidad Total del suelo 34
4.3.3. Porosidad de aireación del suelo 36
4.3.4. Porosidad de retención del suelo 37
4.3.5. Resistencia a la penetración 39
4.3.6. Conductividad hidráulica saturada 40
4.4. TEMA: PROPUESTA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA FINCA SIERRA MAESTRA (S. M.) 42
4.4.1Antecedentes 42
4.4.2 Metodología de la propuesta 43
4.4.3Propuesta 48
5. Conclusiones 51
6. Recomendaciones 52

7. RESUMEN 53
8. SUMMARY 54
9. Referencia Bibliográfica 56
10. Anexos: 61
10.1. Presupuesto para los objetivos planteados. 61
10.2. Cronograma de trabajo 62
10.3. Anexo Fotográfico 64
10.4. Tablas 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Media de la densidad aparente en los 5 puntos de muestreo del cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra. 17
Tabla 2.Media de la porosidad total en el cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra, 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 19
Tabla 3. Media de porosidad de aireación en cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 20
Tabla 4 .Media de la porosidad de retención del cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 22
Tabla 5. Media de la resistencia a la penetración en un cultivo de pasto de la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 23
Tabla 6. Media de la conductividad hidráulica en cultivo de pasto de la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 24
Tabla 7. Media de la densidad aparente en los 5 puntos de muestreo en el bosque primario en la finca Sierra Maestra. 26
Tabla 8. Media de la porosidad total del bosque primario en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 27
Tabla 9. Media de la Porosidad de aireación del Bosque Primario en la Finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 28
Tabla 10. Media de la Porosidad de retención del bosque primario de la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 29
Tabla 11. Media de la resistencia a la penetración del bosque primario en la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 30
Tabla 12. Media de la conductividad hidráulica del bosque primario en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas. 32
Tabla 13. Medias de la densidad aparente entre cultivo de pasto y bosque primario. 33
Tabla 14. Medias de la porosidad total del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario. 34
Tabla 15. Medias de la porosidad de aireación del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario. 36
Tabla 16. Medias de la porosidad de retención del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario. 37
Tabla 17. Comparación de las medias de la RP del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario en las profundidades de 10, 20 y 30cm. 39
Tabla 18. Comparación de las medias de la Ksat del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario. 40
Tabla 19. Cuadro de costos en la implementación de un sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra. 50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación de la finca “Sierra Maestra” 8
Gráfico 2. Diagrama de flujo 16
Gráfico 3. Variación de las medias de la densidad aparente a lo largo de los 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 18
Gráfico 4. Variación de las medias de la porosidad del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a las 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 19
Gráfico 5. Variación de las medias de porosidad de aireación del suelo en la finca Sierra Maestra de cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 21
Gráfico 6. Variación de las medias de porosidad de retención del suelo en la finca Sierra Maestra de cultivo de pasto en 5 puntos correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 22
Gráfico 7. Variación de las medias de la resistencia a la penetración del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 24
Gráfico 8. Variación de las medias de la conductividad hidráulica del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 25
Gráfico 9. Variación de las medias de la porosidad del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 27
Gráfico 10. Variación de las medias de la porosidad de aireación del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 29
Gráfico 11. Variación de las medias de la porosidad de retención del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 30
Gráfico 12. Variación de las medias de la resistencia a la penetración del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 31
Gráfico 13. Variación de las medias de la conductividad hidráulica del suelo en la finca Sierra Maestra y bosque primario a 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 32
Gráfico 14. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro densidad aparente del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 33
Gráfico 15. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad total de cultivo de pasto y bosque primario a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 35

Gráfico 16. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad de aireación del cultivo de pasto y bosque primario a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 36
Gráfico 17. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad de retención en bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 38
Gráfico 18. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro resistencia a la penetración del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 39
Gráfico 19. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro conductividad hidráulica del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. 41
Gráfico 20 Diseño de un sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra..... 49
Gráfico 21 Diseño del sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra 50

1. Introducción

El suelo es un sistema vivo, complejo, cambiante y dinámico donde se desarrolla la vida tomando en cuenta los factores físicos, químicos y biológicos que lo componen, juega un papel importante en los procesos de dichos factores los cuales se relacionan entre sí, y se alteran con el paso del tiempo(GEO-México, 2004).

No obstante, las actividades antrópicas que se generan en la tierra han creado un desequilibrio en los ecosistemas siendo la degradación del suelo y del agua la principal causa de los problemas biofísicos y socioeconómicos que se generan, con características a veces catastróficas (Pla, 2002). La degradación de suelos afecta el equilibrio agrícola y el uso eficiente de las tierras, disminuye la producción agrícola perjudicando el abastecimiento de productos para la creciente población, el suelo como parte o componente de los sistemas de producción tiene entre otras funciones la producción de biomasa (Pla, 2010). No obstante el avance de la frontera agrícola y pecuaria sin un adecuado manejo puede ocasionar alteraciones en el equilibrio del ecosistema, perturbando las propiedades y procesos del suelo (Ramírez *et al.*, 2011).

Estos procesos son extremadamente importantes para el normal funcionamiento de las plantas que son la base de la cadena trófica. los microorganismos se ven afectados de manera drástica por los cambios producidos en los factores químicos, físicos y biológicos; como el pH, la fertilidad, la disponibilidad y el contenido de materia orgánica, el contenido de residuos, la temperatura, la porosidad del suelo, la variedad de cultivos, etc.

Los parámetros del suelo pueden regularse con un adecuado manejo de las técnicas de cultivo, del laboreo, riego y gestión de las enmiendas orgánicas, así como de la reforestación, el uso de sistemas silvopastoril, que minimicen los impactos ambientales y se logre mantener o mejorar las principales características del suelo.

En base a lo anterior el conocimiento profundo del recurso suelo proporciona herramientas para su manejo en el marco de una agricultura y ganadería sostenible por ello un denominador común entre los elementos estratégicos para alcanzar las

sustentabilidad de los sistemas es el mejoramiento y conservación de la calidad fértil y productiva del suelo (Astier *et al.*, 2002).

Siguiendo las líneas de investigación de la Universidad Estatal Amazónica se realizó el estudio y análisis del proyecto , la misma que tiene como objetivo , desarrollar investigaciones multidisciplinarias que contribuyan a lograr impactos económicos, sociales, ambientales, científicos y tecnológicos en la región amazónica, que mejoren la calidad de vida y favorezcan la realización del buen vivir.

Esta tesis pertenece al proyecto de investigación Evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos frente a la intervención antrópica en la provincia de Pastaza que se lleva efecto en la actualidad bajo la dirección del Dr. Diócles Benítez.

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Caracterizar la calidad física del suelo y la intensidad de degradación en áreas de bosque primario y cultivo de pasto para proponer estrategias de manejo sustentable.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas del suelo relacionada con su calidad (porosidad, conductividad hidráulica, resistencia la penetración, densidad aparente).
- Comparar la calidad física del suelo en un cultivo de pasto con relación a un bosque primario.
- Proponer un manejo sustentable en los cultivos de pasto que permitan contribuir a la disminución de la degradación física del suelo.

1.2. Hipótesis

La caracterización de la calidad física del suelo mediante índices estructurales permitirá establecer el grado de degradación en función del uso de la tierra.

Capítulo I

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Uno de los recursos básicos para la vida en el mundo es el suelo, siendo la base primordial para la explotación ganadera, su formación es compleja e involucra cambios físicos, químicos y biológicos de la roca madre (García *et al*., 2012).
Desde el punto de vista de la sustentabilidad el suelo es un sistema vivo en el cual ocurren una serie de funciones complejas, vitales para el desarrollo y mantenimiento de la vida y constituye el medio natural donde se desarrolla vida vegetal y animal, además es un cuerpo natural sujeto a la intervención de factores formadores como el clima, organismos, material parental, tiempo y relieve siendo un cuerpo natural bastante heterogéneo, cuya composición varía de un sitio a otro. Por lo tanto es un sistema complejo, cambiante y dinámico, que forma parte de los componentes de un agroecosistema (Bravo & Lozano, 2014).

Dada la importancia como un subcomponente es necesario su estudio para procurar un manejo sustentable, mantenimiento y mejoramiento de su calidad. Para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas ganaderos es necesario disponer de indicadores que evalúen las condiciones óptimas del suelo (García *et al*., 2012).

2.1.Calidad de suelo

El concepto de la calidad del suelo ayuda a integrar y a interconectar los componentes y procesos físicos, químicos y biológicos de un suelo en una situación dada (Astier *et al.*, 2002). En este sentido la eficiencia del suelo se basa en cumplir una serie de funciones, como por ejemplo mantener la productividad, el crecimiento de las plantas, regular y distribuir el flujo de agua en el ambiente y servir como

amortiguador de cambios (McBratney *et al.*, 2003). La evaluación de la calidad del suelo es indispensable para saber si un cambio de uso de la tierra es sustentable a corto, mediano o largo plazo. Igualmente es fundamental para conocer si se ha degradado, mejorado o a permanecido igual.

Para medir la calidad del suelo se ha propuesto una serie de indicadores, los cuales incluyen propiedades físicas, químicas y biológicas (Bravo *et al.*, 2008), que permitan de manera integral tener una caracterización del recurso suelo. La calidad de suelo es un mecanismo de comprobación que facilita información sobre las propiedades, procesos y características del suelo (García *et al*., 2012).

2.2.Propiedades físicas del suelo

Según Bravo y Lozano (2014), la calidad física del suelo comprende el estudio y manejo de aquellas características físicas del suelo que afectan el crecimiento vegetal, los cuales pueden ser directos. El estado físico del suelo contribuye a la determinación de características como rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes (Rucks *et al.*,2004).

Para la caracterización de la calidad física de un suelo se han propuesto una serie de parámetros tales como: resistencia de penetración, porosidad, conductividad hidráulica, densidad aparente.

2.2.1. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente está definida como la masa de suelo por unidad de volumen. Esta describe la compactación del suelo y es una forma de determinar la resistencia del suelo al crecimiento de las raíces (Pla, 1983). La densidad aparente se ve afectada

por la textura, el contenido de materia orgánica, humedad del suelo y por efecto de labranzas que posee el suelo. Las metodologías implementadas en gran magnitud son los del terrón parafinado en estudios de clasificación de suelos, el de los cilindros de suelo no alterados de diferentes dimensiones, y el de excavación (Bravo & Lozano, 2014).

Las actividades ganaderas contribuyen al aumento de la compactación de suelo por el sobrepastoreo y la práctica inoportuna de labranza para la producción de pastos, comprimiendo la masa de suelo como consecuencia de la aplicación de presiones produciendo la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo induciendo un aumento en el parámetro densidad aparente disminuyendo el volumen de poros y modificando la estructura porosa (Blanco, 2009).

Los incrementos importantes en la densidad aparente que se explica por el incremento de pisoteo de animales, el mismo que se va perdiendo a medida que aumenta la profundidad del suelo contrariamente a los sistemas de uso silvopastoril, con bosque, tal parece que el efecto del pisoteo de animales se ve amortiguado por un efecto físico protector de la hojarasca de las especies leñosas que caen al suelo y se incorporan al pull de materia orgánica al respecto manifiesta que el incremento de materia orgánica tiende a disminuir la densidad aparente del suelo debido a que sus componentes son menos densos que los componentes minerales lo cual explicaría bajos niveles de este indicador (Grijalva *et al*., 2004).

2.2.2. Porosidad del suelo

La porosidad del suelo define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. De acuerdo a la funcionalidad la porosidad total del suelo puede estar representa por la fracción de poros grandes que cumple funciones de drenaje y de aireación (macroporos) y la fracción de poros capilares que

retienen la humedad (microporos), el volumen del suelo está constituido por 45% de minerales, 5% materia orgánica y 50% de espacio poroso (Pla, 2010).

La porosidad total del suelo puede ser calculada a partir de la densidad aparente y la densidad de partículas y representa la relación la proporción de volumen correspondiente u ocupado por la fase sólida. Cuando el suelo está seco se define como la relación entre el volumen de poros y el volumen total de suelos (Bravo & Lozano, 2014).

La porosidad total puede ser calculada a partir de la densidad aparente y la densidad de partículas y representa la relación la proporción de volumen correspondiente ocupado por la fase sólida (Bravo & Lozano, 2014).

La porosidad depende del tipo y grosor de las partículas que lo forman y los cambios que se produzcan en este parámetro dependerán del tamaño y de las actividades ganaderas que contribuyen a la compactación del suelo dejando menor espacio poroso (Constanza *et al.*, 2014).

2.2.3. Resistencia a la Penetración

La compactación de los suelos agrícolas es un problema generado por la sobrecarga producida en la superficie del suelo por el pisoteo de animales y la inadecuada utilización de maquinaria para las actividades agrícolas (Pla, 2010). La compactación causa alteraciones en las condiciones físicas de la superficie del suelo, incrementando la resistencia a la penetración, la densidad aparente y reduciendo la porosidad (Demuner *et al*., 2013). Y para la determinación de la resistencia que ofrece el suelo se utiliza un instrumento llamado penetrómetro con una punta cónica.

2.2.4. Conductividad hidráulica saturada

Es una de las propiedades físicas del suelo que determina la capacidad de las aguas y fluidos para atravesar la superficie del suelo y dirigirse hacia las aguas subterráneas (Rojas *et al.,* 2008). También expresa la capacidad de un medio poroso para transmitir agua. La conductividad hidráulica se ve afectada principalmente por los cambios en la estructura del suelo, la cantidad de humedad y la temperatura del fluido, viéndose perturbada por el aumento de la compactación del suelo, reduciendo el tamaño de los poros y generando disminución en este parámetro (Filgueira *et al.*, 2006).

2.3.Degradación del suelo

La adición de grandes cantidades de sustancias ajenas a la composición natural del suelo produce el descenso en su habilidad para ser el eje fundamental de la producción de cultivos. Las actividades agrícolas traen como consecuencia de su mala práctica el incremento de excesivas cantidades de sustancias orgánicas e inorgánicas son perjudiciales para el crecimiento de las plantas y para su adecuado funcionamiento como filtro ambiental (Bravo & Lozano, 2014). Esta degradación puede ser de tipo físico, química y biológica, afectando la calidad debido a que se produce un deterioro de las propiedades del suelo. De ahí la tarea de controlar o reducir la contaminación de los suelos producida por diferentes factores dificultando la identificación de la fuente donde deben aplicarse las medidas necesarias para el control de los contaminantes (López, 2002).

2.4.Causas de la degradación física del suelo.

Entre las causas principales del deterioro de los suelos tenemos los siguientes procesos físicos:

2.4.1. Compactación

La compactación de un suelo equivale a la reducción de su profundidad y a una disminución del volumen arraigable, lo que frena el crecimiento vegetal. La deformación o compactación del suelo implica un cambio en la distribución y continuidad del sistema poroso. La porosidad total disminuye y en términos cualitativos los poros finos incrementan desmedro de los gruesos, reduciendo la conductividad hidráulica, potencial redox y la difusión de iones. La compactación de los suelos involucra la destrucción de la estructura del suelo. El asentamiento del suelo debido a cargas excesivas se traduce en una menor capacidad de almacenamiento de agua, acentuándose las sequias. Además durante el invierno aumenta el escurrimiento superficial debido a una menor conductividad hidráulica y velocidad de infiltración con lo cual se potencia la erosión (Achim Ellies Sch, 1999).

La compactación del suelo está definida como la pérdida de espesor que experimenta por las fuerzas externas que actúan sobre él. En condiciones naturales la compactación del suelo puede encontrarse en diferentes horizontes del suelo, con la implementación de las prácticas ganaderas se acelera el proceso y produce alteraciones en el crecimiento de las plantas. Su principal consecuencia es la modificación de la porosidad. A medida que se incrementa la compactación aumenta la densidad aparente, disminuye el espacio poroso especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil (López, 2002).

2.4.2. Erosión

En el Ecuador, los factores climáticos, precipitaciones y viento, son los principales factores que producen la erosión del suelo, pero también se incluyen los diferentes tipos de cobertura vegetal sobre los cuales puede influir el hombre (De Noni & Trujillo, 1986). Siendo las agrícolas inadecuadas, el pastoreo intensivo, los incendios forestales provocados, el abandono de las tierras de cultivo frágiles y el desarrollo

industrial y urbano son algunos factores que aceleran de manera considerable los procesos de erosión. Provocando en el suelo efectos negativos entre los cuales se pueden mencionar la aceleración de los procesos de degradación de la cubierta vegetal, la disminución de la regulación natural de las aguas (López, 2001).

2.5.Actividades ganaderas y sus consecuencias sobre el bosque.

Las actividades que se desarrollan en los ecosistemas naturales y la forma de apropiación del territorio varían según la actividad (Carabias, 1988).

Para el caso de la ganadería se establecen relaciones directas e indirectas con la tala y quema de bosque y se considera una amenaza ecológica por presentar una serie de impactos ambientales que van desde el desgaste total de los suelos hasta llegar a eliminar la sucesión vegetal debido al uso de herbicidas, es importante mencionar que el ganado vacuno es el principal contribuyente a las emisiones de gas metano a la atmósfera (Carmona *et al.*, 2005).

A demás de eso se puede señalas que los daños causados por la circulación del ganado causa alteraciones en la estructura del suelo es decir afecta la compactación del suelo, por las presiones ejercidas (Taboada, 2007).

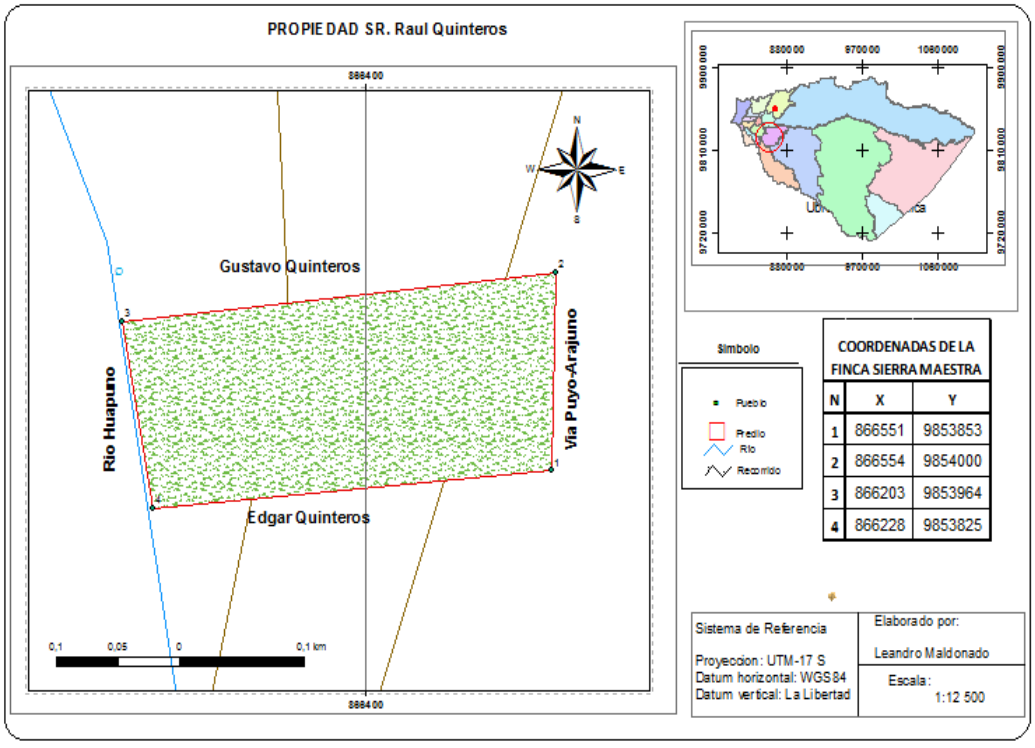
En general las actividades ganaderas son la principal causa de deterioro de los bosques ya que al incrementar la frontera ganadera se intensifican los procesos erosivos, acrecienta la compactación en un periodo corto menor que 2 ó 3 años, disminuyendo el tamaño de los porosos y disminuye la velocidad del flujo del agua (Siavosh, 2009).

Capitulo II

3. Materiales y Métodos

3.1.Localización del área de estudio y duración de la investigación

La investigación se realizó en la finca del Sr. Raúl Quinteros denominando Sierra Maestra ”S.M” que se encuentra ubicada en la región central amazónica, al noreste de la provincia de Pastaza, en el km 45 vía Puyo – Arajuno, al margen de la carretera en las coordenadas Punto 1 (P1): X:866551,907 Y:9853853,074 Punto 2 (P2): X: 866554,044 Y: 9854000,916. La Finca posee una extensión de 75 ha y una altitud de 869,18 msnm. La T° promedio es de 24°C, con una humedad constante al igual que el resto de la provincia Pastaza (GADPPz, 2011).



Fuente: Argis

Elaborado por: Autor.

Gráfico 1. Ubicación de la finca “Sierra Maestra”

Límites de la Finca Sierra Maestra

Norte: Sr. Gustavo Quinteros

Sur: Sr. Edgar Quinteros

Este: Río Guapuno

Oeste: Vía Arajuno Km 45

Duración.

La investigación realizada en la finca Sierra Maestra vía al Cantón Arajuno tuvo una duración de 12 meses en los que se desarrollaron las siguientes etapas del proyecto:

1.- Caracterización y reconocimiento del área de estudio: comprendió las siguientes actividades: visitas a campo para realizar actividades de reconocimiento, una reunión informativa con el dueño de la finca sobre aspectos a evaluar en la caracterización del suelo y su importancia para la gestión ambiental del recurso suelo.

2.- Toma de datos en el campo: Esta fase tuvo una duración de 6 meses para las actividades referentes a recolección de muestras *in situ* en 5 puntos en las dos unidades de observación, realizando un muestreo sistemático que contribuyó a reducir la variabilidad de la muestra.

3.- Laboratorio: En esta etapa se realizaron los análisis de las muestras obtenidas en el campo en un tiempo de 4 meses.

4.- La información recopilada en el campo fue analizada y procesada en 2 meses, donde se realizaron los análisis de los datos y redacción de la tesis.

3.2.Condiciones meteorológicas

Esta zona corresponde al clima lluvioso sub-tropical, con precipitaciones superiores a los 3.000 mm promedios anuales, con temperaturas entre 18 y 22,4 °C, la humedad relativa es del 90 %. Esta zona no tiene época seca, llueve durante todo el año (INAMHI, 2005).

Según estadísticas de registros meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, la zona de estudio se caracteriza por la presencia de vientos dominantes provenientes del este, con algunas tendencias de sureste y noreste, es decir sin presencia de viento desde el occidente por la presencia de la cordillera de los Llanganates (INAMHI, 2005).

3.3.Materiales y equipos

Los materiales y equipos empleados durante el trabajo de campo y laboratorio para la extracción de las muestras no alteradas y su análisis en el laboratorio son:

Materiales	**Equipos**
• Insumos de oficina • Cinta métrica • Guantes de nitrilo • Botas de caucho. • Insumos de laboratorio • Papel aluminio para cubrir los cilindros. • Navaja o espátula para cortar y enrasar los cilindros de suelo. • Bandeja para saturar las muestras dentro de los cilindro • Malla de liencillo y banditas de goma.	• G.P.S • UHLAND • Penetrómetro • Cámara • Laptop. • Estufa de secado • Balanza analítica y precisión • Meseta de porosidad. • Agitador magnético

3.4.Factores de Estudio

3.4.1. Variables Independientes

Uso del suelo. Se realizó la identificación y georeferenciación del tipo de uso que tiene el suelo.

3.4.2. Variables Dependientes

Degradación física del suelo. Se realizó un análisis comparativo entre los parámetros físicos (densidad aparente (da), porosidad total (PT) porosidad aparente (PA) porosidad retención (PR) del suelo, resistencia a la penetración (RP) y conductividad hidráulica (Ksat) obtenidos entre el suelo del bosque primario y el cultivo de pasto, para determinar la intensidad de degradación que sufre el suelo cuando existe un cambio en su uso.

Calidad del suelo. Este factor fue determinado con la comparación entre los parámetros físicos obtenidos de las unidades de observación seleccionadas Bp y Cp tomando como punto referencial al bosque primario (Bp).

3.5.Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación fue predominante y cuantitativo, con modalidad de campo y laboratorio, donde se realizó una descripción de las características físicas del suelo relacionado con su calidad y el proceso de degradación. Para ello, se seleccionaron dos unidades de observación una en el bosque primario (BP) y otra el cultivo de pasto (CP). En cada unidad de observación se trazó un transepto sobre la cual se ubicaron de manera sistemático cinco puntos de muestreo que representaron la variabilidad de cada unidad. En cada punto de muestreo se recolectaron las muestras a tres profundidades, para las propiedades físicas de 0 a 10, de 10 a 20 y de 20 a 30 cm.

Para la caracterización física del suelo se utilizó una toma de muestras tipo Uhland, para muestras no alteradas, con cilindros de cinco centímetros de alto por cinco centímetros de diámetro siguiendo la metodología propuesta por Pla, (1983).
Posteriormente se procedió a realizar el análisis de las muestras en el laboratorio para la obtención de los parámetros: Da, Pt, Pa, Pr, Ksat y Rp.

3.6.Mediciones experimentales

La caracterización de la calidad y degradación del suelo se realizó mediante la evaluación de los siguiente parámetros: densidad aparente por el método del cilindro, la conductividad hidráulica saturada mediante el método de carga variable y la distribución del tamaño de poros mediante la mesa de tensión (Pla, 2010), y resistencia a la penetración se determinó usando un penetrómetro de impacto (Nacci & Pla, 1992), que se calcularon mediante las siguientes formulas:

Densidad aparente (Da): se refiere a la masa por unidad de volumen de suelo, considerando el espacio poroso. Se utilizó el método de los cilindros de suelo no alterados de diferentes dimensiones (Pla, 1983).
La densidad aparente se expresa mediante la siguiente formula:

Da (g/cm3) = p / v
Dónde:
Da = Densidad aparente (g/cm3)
V = Volumen del cilindro (cm3)
p = Peso del suelo seco (g)

Porosidad del suelo: Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes (Pla, 2010).Y será calculado mediante la fórmula:

$$PT = \frac{a - (c + d)}{v} x100$$

$$Pa = \frac{a - b}{v} x100$$

V = π * r2 * h

Dónde:

V = Volumen del cilindro (cm3)

h = Altura del cilindro de aluminio (cm)

r = Radio del cilindro de aluminio (cm)

PT = Porosidad total (% v/v)

Pa = Poros de radio equivalente mayor a 15 μm (% v/v)

a = Peso saturado (g)

b = Peso constante (g)

c = Peso del liencillo, la banda de goma y el cilindro de aluminio (g)

d = Peso del suelo seco (g)

Resistencia a la Penetración: Es la resistencia que presenta un suelo a la penetración de un equipo llamado penetrómetro (Henríquez, 2007).

$$RP(KPa) = \frac{M^2(g).h(cm).n}{20(M + m)(g).S(cm^2).Z(cm)}$$

Donde:

M: es el peso de la pesa

m: peso del penetró metro sin la pesa

h: altura de caída

n: número de golpes

S: área de la base de la punta cónica

Z: es la profundidad.

Conductividad hidráulica saturada: Es el tiempo con que el agua pasa a través de la superficie del suelo por unidad de gradiente de carga hidráulica (Gabriels *et al.*, 2011).

Ksat (cm/h) = (H1 / Δt) * Ln (H2 /H3)

Donde;

Ksat = Conductividad hidráulica saturada con carga variable (Ksat) (cm/h)

H1 = Lamina de suelo (cm)

H2 = Altura del cilindro de suelo + extensión (cm)

H3 = Lámina de agua infiltrada (cm)

Δt = Tiempo transcurrido en recoger el agua percolada (h)

Nota: Si no infiltra toda el agua contenida en la extensión durante la realización de la prueba, se mide el agua percolada y se calcula la lámina de agua infiltrada con la siguiente expresión:

Lámina de agua (H3) = Volumen recogido / Área del cilindro.

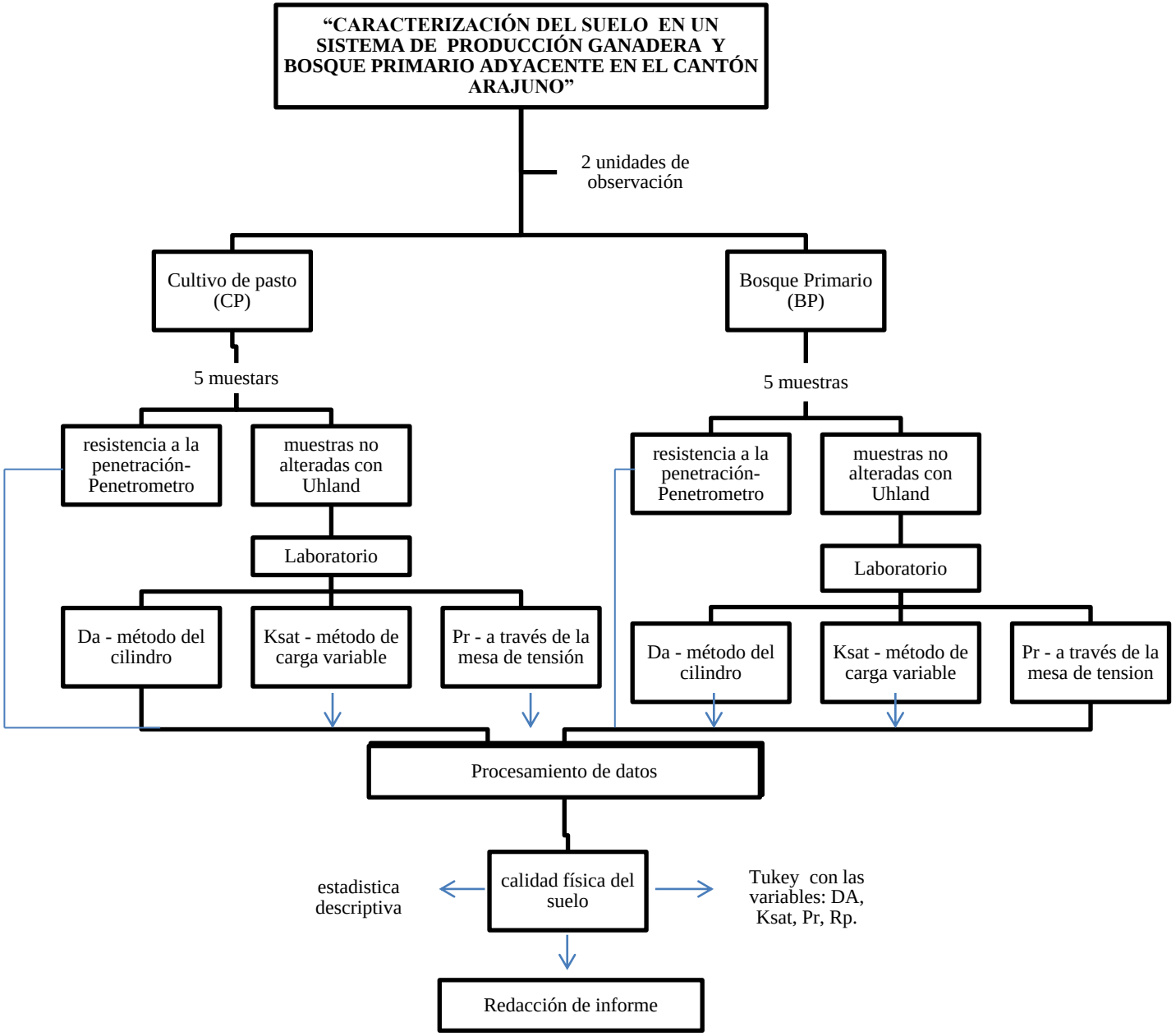
Área del cilindro = Π * r2

Con la información recopilada se realizó el análisis estadístico que incluyó: estadística descriptiva, estadística inferencial a partir de las variables porosidad conductividad hidráulica resistencia a la penetración y densidad aparente organizando en función de los dos tipos de usos de suelo. Los datos fueron representados en herramientas gráficas como histogramas y tablas de datos de frecuencia.

3.7. Manejo de la investigación

Caracterización de las condiciones de calidad del suelo del km 45 vía Puyo-Arajuno perteneciente al cantón Pastaza se realizó a través de selección de puntos estratégicos y muestreos directos, logrando ubicar sitios de muestreo en las unidad es de observación, su distancia dependió de las dimensiones y forma del terreno, para con ello realizar análisis físico de los parámetros del suelos en el bosque primario y cultivo de pastoreo, en 5 puntos de muestreo en las dos unidades de observación.

Gráfico 2. Diagrama de flujo



Capitulo III

4. Resultados y Discusión

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de los análisis de calidad física del suelo realizado en la finca denominada Sierra Maestra (S. M.) propiedad del señor Raúl Quinteros en dos unidades de observación CP y BP.

4.1.Cultivo de pasto

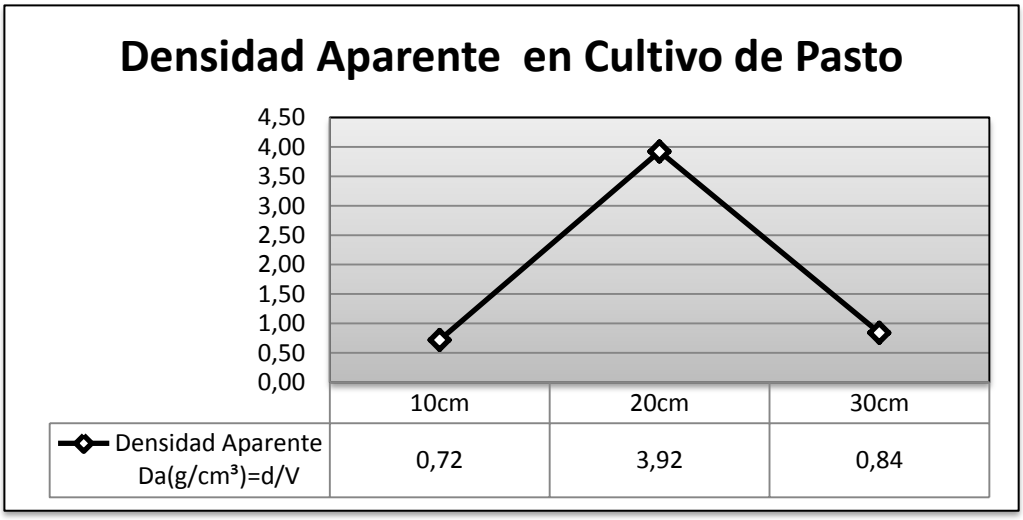
4.1.1. Densidad aparente

Tabla 1. Media de la densidad aparente en los 5 puntos de muestreo del cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra.

Profundidad	**Media Densidad Aparente Da(g/cm³)=d/V**
10cm	0,72
20cm	3,92
30cm	0,84

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 3. Variación de las medias de la densidad aparente a lo largo de los 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se determinó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 20 cm con una densidad de 3.92 g/cm3 y el mínimo se encuentra en el punto de los 10 cm con una valor de 0.72 g/cm3 determinando que en el punto a los 20cm de profundidad existe mayor compactación ya que según (Blanco, 2009). Menciona que a mayor densidad mayor compactación del suelo.

4.1.2. Porosidad Total

Tabla 2.Media de la porosidad total en el cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra, 5 puntos de muestreo a 3 profundidades distintas.

Profundidad	Media de Porosidad PT(%)=(a-(c+b))/v*100
10cm	79,64
20cm	71,85
30cm	77,97

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

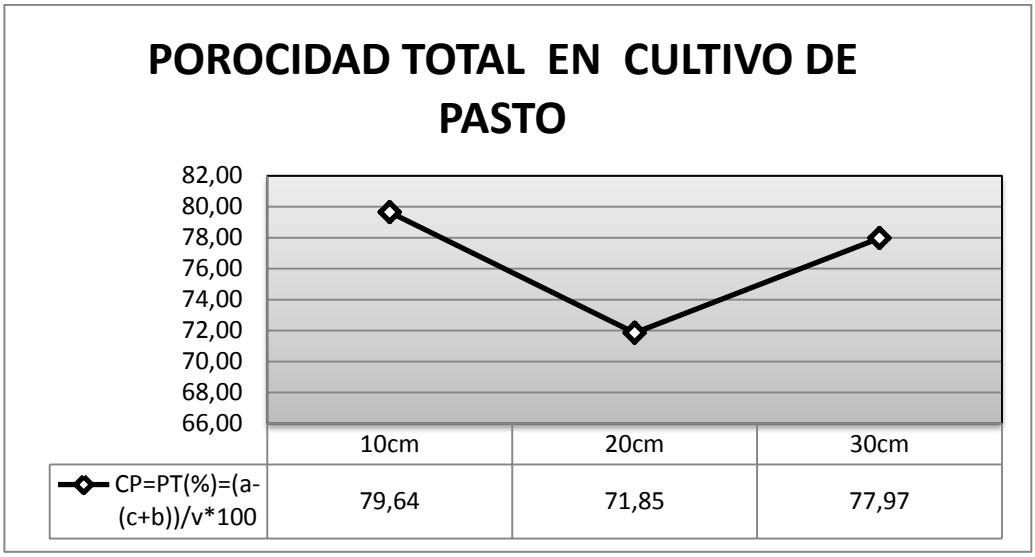


Gráfico 4. Variación de las medias de la porosidad del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a las 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se estableció que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con una porosidad de 79,64% y el mínimo se encuentra en el punto de 30 cm con

una valor de 71,85%. Determinando que en el punto ubicado a los 20 cm de profundidad existe mayor compactación ya que según (Constanza *et al.*, 2014). Menciona que los suelos con menor porosidad dejan menos espacio poroso producto de las actividades ganaderas que compactan por el sobrepastoreo.

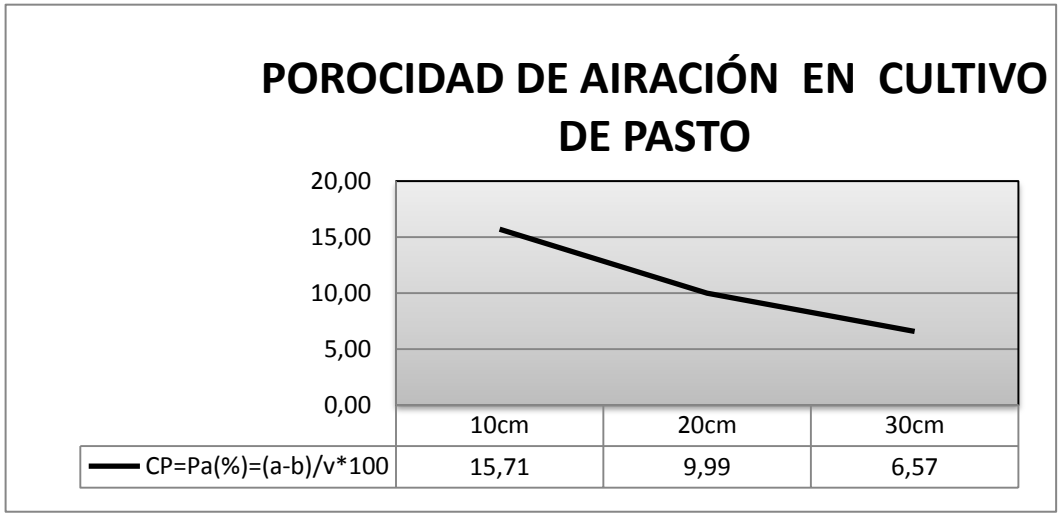
4.1.3. Porosidad de Aireación.

Tabla 3. Media de porosidad de aireación en cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	CP=Pa(%)=(a-b)/v*100
10cm	15,71
20cm	9,99
30cm	6,57

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 5. Variación de las medias de porosidad de aireación del suelo en la finca Sierra Maestra de cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se evidenció que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con una porosidad de 15,71% y el mínimo se encuentra en el punto de 30 cm con una valor de 6,57%. Determinando que en el punto ubicado a los 30 cm de profundidad existe mayor compactación ya que según (Arranz *et al.*, 2004) menciona que los suelos con menor porosidad dejan menos espacio este fenómeno es producto de las actividades ganaderas que compactan el suelo y deja menos capacidad de aireación y retención de agua para las raíces de las plantas.

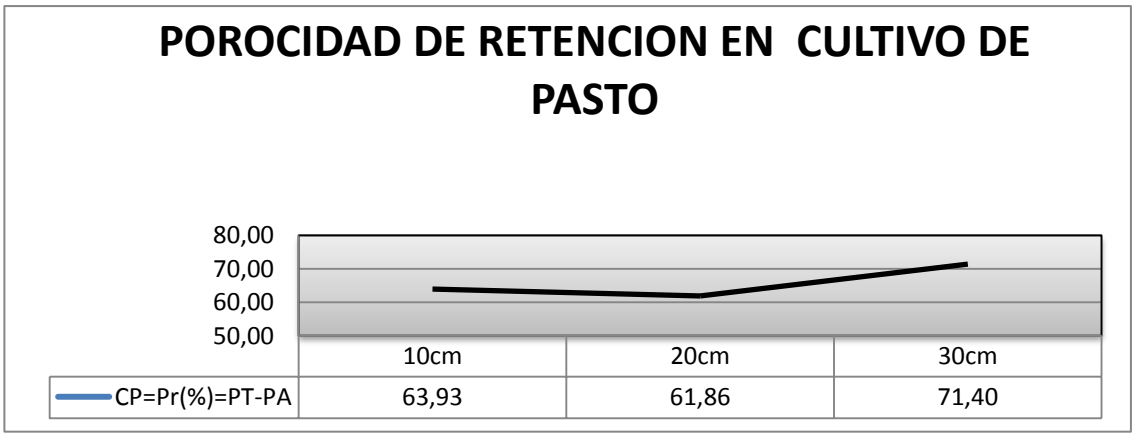
4.1.4. Porosidad de Retención.

Tabla 4 .Media de la porosidad de retención del cultivo de pasto en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	CP=Pr(%)=PT-PA
10cm	63,93
20cm	61,86
30cm	71,40

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 6. Variación de las medias de porosidad de retención del suelo en la finca Sierra Maestra de cultivo de pasto en 5 puntos correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se demostró que la concentración más alta recae en la media ubicada a los 30 cm con una porosidad de 71,40% y el mínimo se encuentra en el punto de 20 cm con una valor de 61,86%. Determinando que en el punto ubicado a los 30 cm de profundidad

la capacidad de retención del agua es mayor ya que existe la presencia de una mayor cantidad de micro poros los que ayudan a la retención del agua según (Arranz *et al.*, 2004).

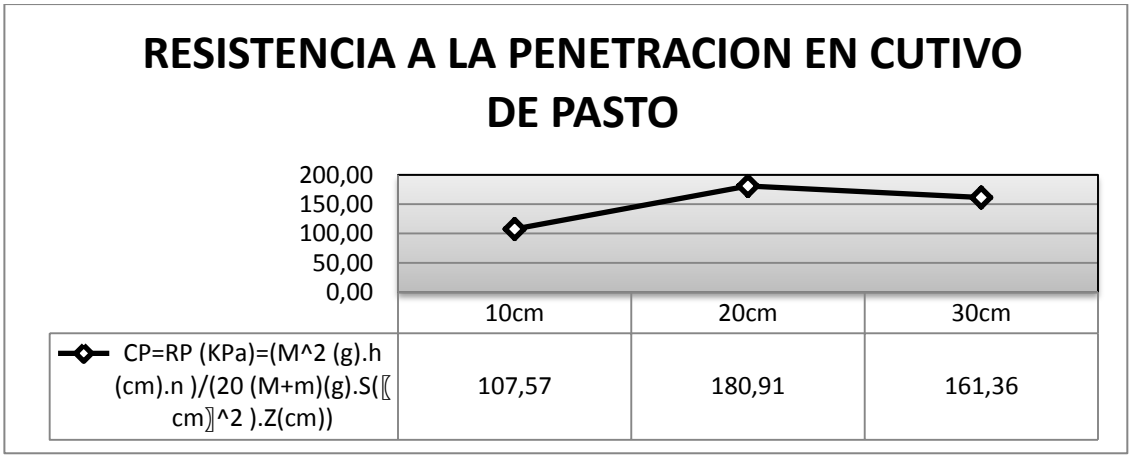
4.1.5. Resistencia a la penetración.

Tabla 5. Media de la resistencia a la penetración en un cultivo de pasto de la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**Media de la resistencia a la penetración**
10cm	107,57
20cm	180,91
30cm	161,36

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 7. Variación de las medias de la resistencia a la penetración del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se comprobó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 20 cm con un valor de 180,91 Kpa y el mínimo se encuentra en el punto de 10 cm con un valor de 107,57 Kpa. Determinando que en el punto ubicado a los 20 cm de profundidad existe mayor compactación ya que según (Pla, 2010). Es un problema generado por la mala práctica ganadera y el mal manejo de los suelos aumentando la resistencia a la penetración.

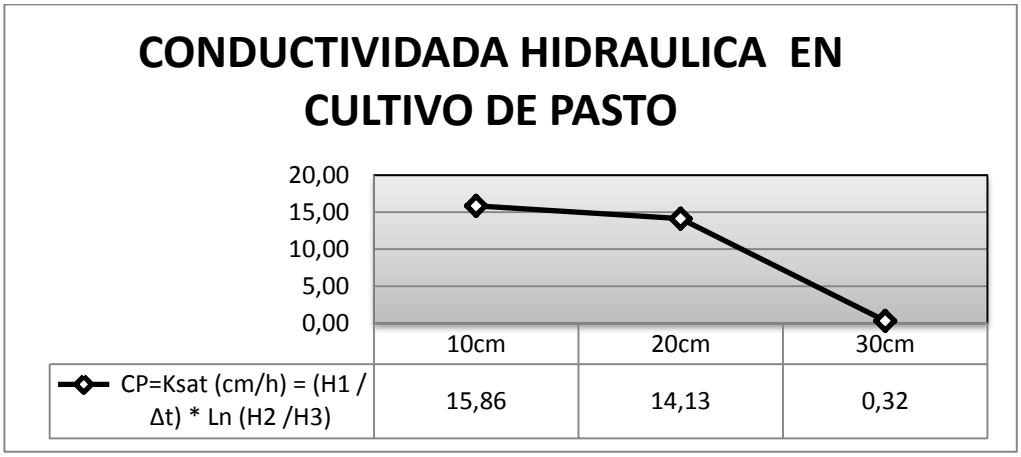
4.1.6. Conductividad hidráulica.

Tabla 6. Media de la conductividad hidráulica en cultivo de pasto de la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**CP=Ksat (cm/h) = (H1 / Δt) * Ln (H2 /H3)**
10cm	15,86
20cm	14,13
30cm	0,32

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 8. Variación de las medias de la conductividad hidráulica del suelo en la finca Sierra Maestra en el cultivo de pasto en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se comprobó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con un valor de 15,86 cm/h y el mínimo se encuentra en el punto de 30 cm con una valor de 0,32 cm/h según (Filgueira *et al.*, 2006). Esto se debe al tamaño de los poros que tiene el suelo a distintas profundidades.

4.2.Bosque Primario

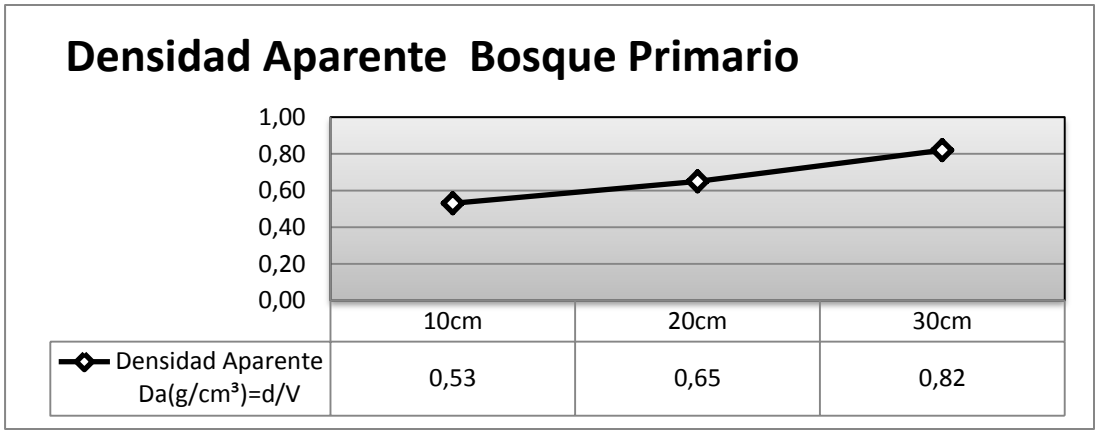
4.2.1. Densidad aparente

Tabla 7. Media de la densidad aparente en los 5 puntos de muestreo en bosque primario en la finca Sierra Maestra.

Profundidad	Densidad Aparente Da(g/cm³)=d/V
10cm	0,53
20cm	0,65
30cm	0,82

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 9. Variación de las medias de la densidad aparente a lo largo de los 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente. Se comprobó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 30 cm con una densidad de 0,83 g/cm3 y el mínimo se encuentra en el punto de los 10 cm con una valor de 0.53 g/cm.3 .Determinando que en el punto a los 30cm la densidad obtenida posee un valor más alto producto de la compactación que sufre el suelo en dicha profundidad concuerda con (Grijalva *et al*., 2004).

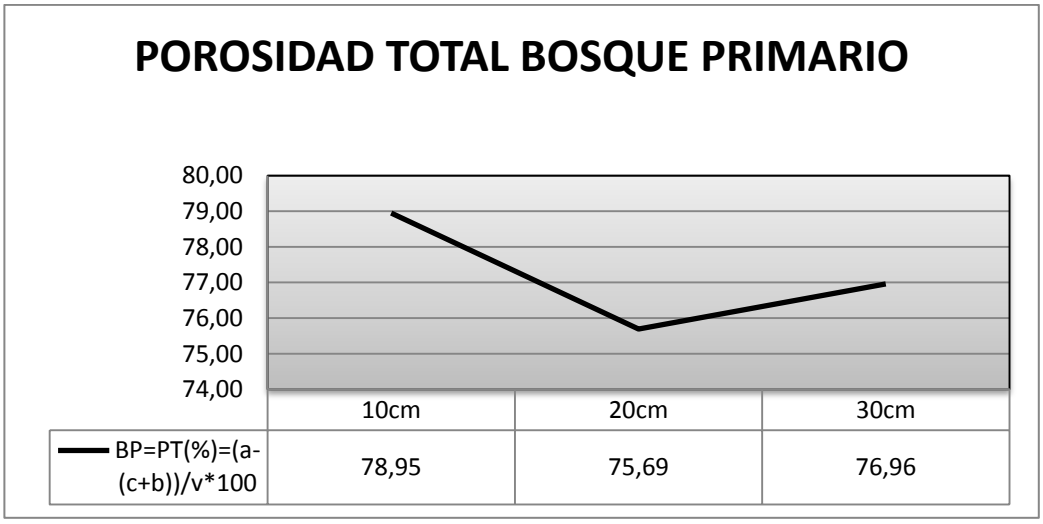
4.2.2. Porosidad Total

Tabla 8. Media de la porosidad total del bosque primario en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**Media de Porosidad PT(%)=(a-(c+b))/v*100**
10cm	78,95
20cm	75,69
30cm	76,96

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 9. Variación de las medias de la porosidad del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se determinó la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con una porosidad de 78,95% y el mínimo se encuentra en el punto de 20 cm con un valor de 75,69%. Determinando que en el punto ubicado a los 20 cm de profundidad existe una pequeña disminución de su porosidad generada por la compactación sufrida en el suelo según manifiesta (Constanza *et al.*, 2014).

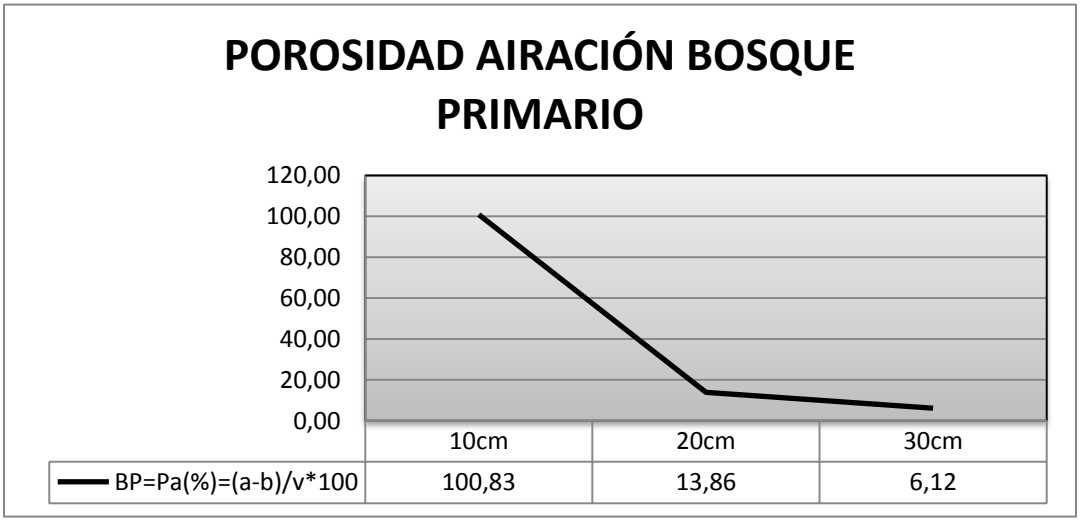
4.2.3. Porosidad de Aireación.

Tabla 9. Media de la porosidad de aireación del bosque primario en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**BP=Pa(%)=(a-b)/v*100**
10cm	100,83
20cm	13,86
30cm	6,12

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 10. Variación de las medias de la porosidad de aireación del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se comprobó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con una porosidad de aireación de 100.83% y el mínimo se encuentra en el punto de 30 cm con una valor de 6,12%. Determinando que en el punto ubicado a los 30 cm de profundidad, existe la presencia de una mayor cantidad de macroporos los que ayudan a la aireación del suelo.

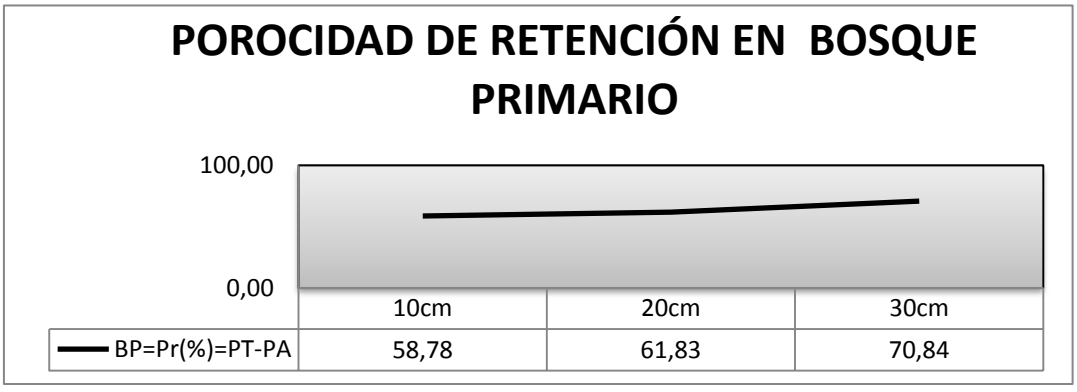
4.2.4. Porosidad de retención.

Tabla 10. Media de la porosidad de retención del bosque primario de la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	BP=Pr(%)=PT-PA
10cm	58,78
20cm	61,83
30cm	70,84

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 11. Variación de las medias de la porosidad de retención del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Los resultados más altos corresponde a la media ubicada a los 30 cm con una porosidad de 70,84% y el mínimo se encuentra en el punto de 10 cm con una valor de 58,78%. Determinando que en el punto ubicado a los 30 cm de profundidad la capacidad de retención del agua es mayor ya que existe la presencia de una mayor cantidad de micro poros los que ayudan a la retención del agua según manifiesta (Arranza *et al*., 2004).

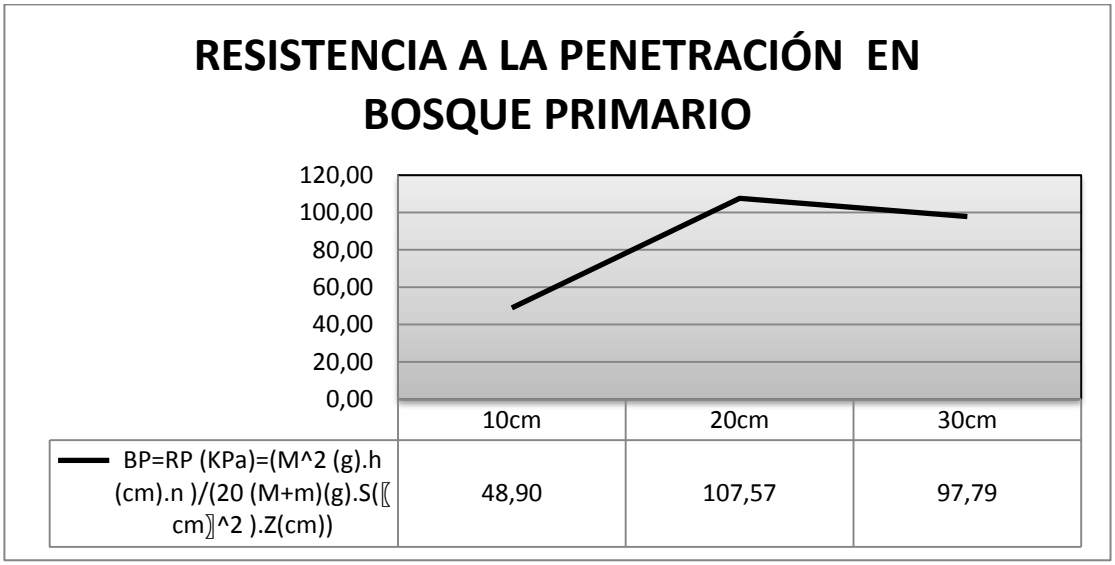
4.2.5. Resistencia a la penetración.

Tabla 11. Media de la resistencia a la penetración del bosque primario en la finca Sierra Maestra en los 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**Media de la resistencia a la penetración RP (KPa)=(M^2 (g).h (cm).n)/(20 (M+m)(g).S((cm)^2).Z(cm))**
10cm	48,90
20cm	107,57
30cm	97,79

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 12. Variación de las medias de la resistencia a la penetración del suelo en la finca Sierra Maestra en el bosque primario en 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades 10cm, 20cm y 30cm respectivamente**.**

Se comprobó que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 20 cm con un valor de 107,57 Kpa y el mínimo se encuentra en el punto de 10 cm con un valor de 48,90 Kpa. Determinando que en el punto ubicado a los 20 cm de profundidad existe mayor compactación según (Pla, 2010).

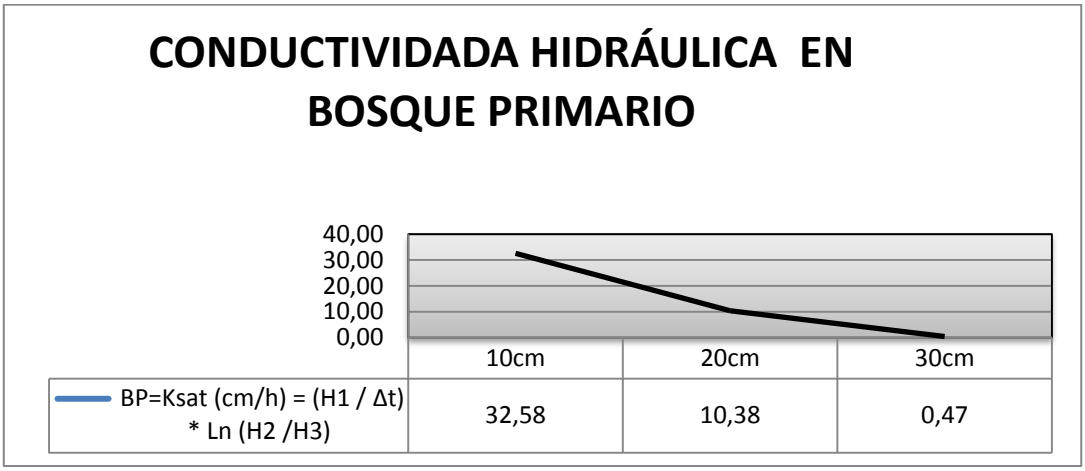
4.2.6. Conductividad hidráulica.

Tabla 12. Media de la conductividad hidráulica del bosque primario en la finca Sierra Maestra en 5 puntos de muestreo a 3 profundidades.

Profundidad	**BP=Ksat (cm/h) = (H1 / Δt) * Ln (H2 /H3)**
10cm	32,58
20cm	10,38
30cm	0,47

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 13. Variación de las medias de la conductividad hidráulica del suelo en la finca Sierra Maestra y bosque primario a 5 puntos de muestreo correspondiente a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente**.**

Se demostró que la concentración más alta corresponde a la media ubicada a los 10 cm con un valor de 32,58 cm/h y el mínimo se encuentra en el punto de 30 cm con un valor de 0,47 cm/h.

4.3.Comparación de las unidades de estudio

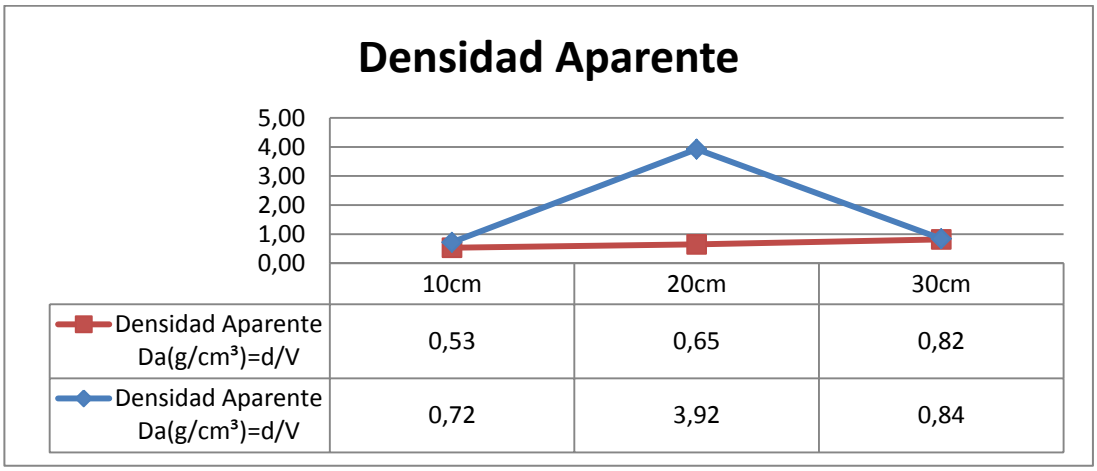
4.3.1. Densidad aparente

Tabla 13. Medias de la densidad aparente entre cultivo de pasto y bosque primario.

Profundidad	Da Cultivo de Pasto	Da Bosque Primario	Diferencia Da=Cp-Bp
10cm	0,72	0,53	0,19
20cm	3,92	0,65	3,27
30cm	0,84	0,82	0,02

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 14. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro densidad aparente del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se comprobó que con respecto a las profundidades de 0 a 10cm, y de 20 a 30 cm la variación de la densidad aparente es mínima dándonos un aumento de 0,19 y 0,02 g/cm3 respectivamente, mientras que en la profundidad de 10 a 20 cm el valor se incrementa en 3,27 g/cm3 dándonos como resultado un incremento de la compactación ya que según (Blanco, 2009), si se incrementa el valor de la Da se incrementa la compactación del suelo producto del sobrepastoreo existente en el área.

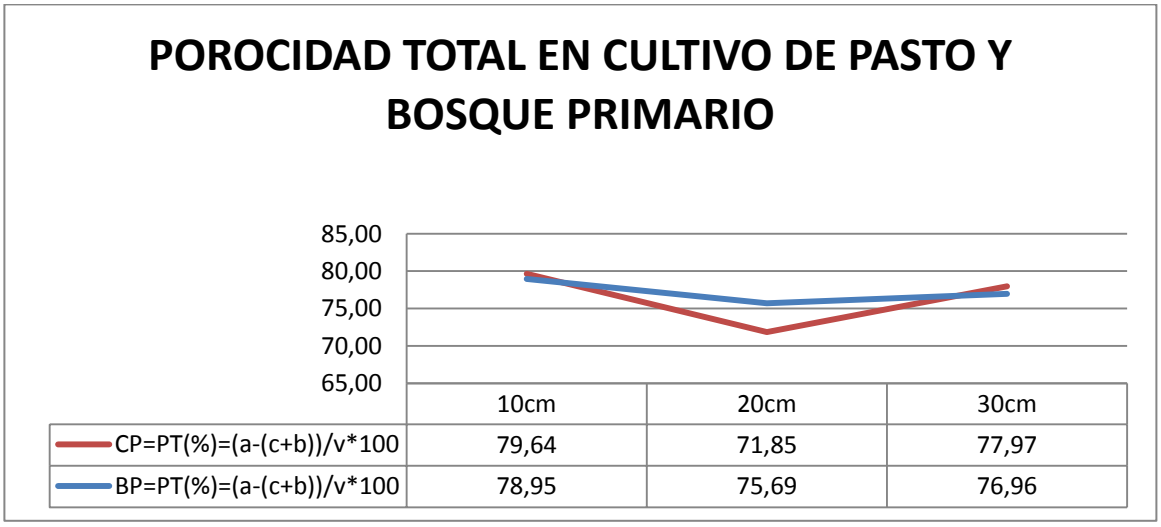
4.3.2. Porosidad Total del suelo

Tabla 14. Medias de la porosidad total del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario.

Profundidad	PT Cultivo de pasto %	PT Bosque Primario %	Diferencia Da=Cp-Bp %
10cm	79,64	78,95	0,69
20cm	71,85	75,69	-3,84
30cm	77,97	76,96	1,01

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 15. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad total de cultivo de pasto y bosque primario a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se determinó que con respecto a las profundidades de 0 a 10cm, y de 20 a 30 cm la variación de la porosidad total del suelo del cultivo de Pasto con respecto al bosque primario es mínimo dándonos un aumento de 0,69 y 1,01 % respectivamente, mientras que en la profundidad de 10 a 20 cm el valor disminuye en 3,84 %, este fenómeno es producto de las actividades ganaderas que compactan el suelo y deja menos espacio poroso y presentan una mayor permeabilidad, según manifiesta(Constanza *et al.*, 2014).

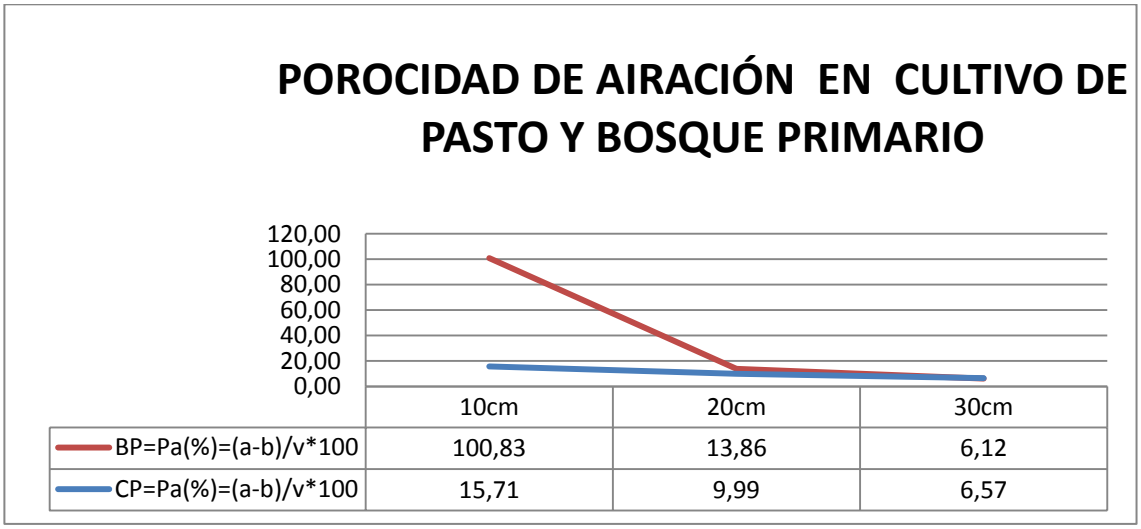
4.3.3. Porosidad de aireación del suelo

Tabla 15. Medias de la porosidad de aireación del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario**.**

Profundidad	CP=Pa(%)=(a-b)/v*100	BP=Pa(%)=(a-b)/v*100	Diferencia Pa=Cp-Bp %
10cm	15,71	100,83	-85,12
20cm	9,99	13,86	-3,87
30cm	6,57	6,12	0,45

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 16. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad de aireación del cultivo de pasto y bosque primario a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se estableció que con respecto a las profundidades de 0 a 10cm, de 10 a 20cm y de 20 a 30 cm la variación de la porosidad de aireación del suelo del cultivo de pasto con respecto al bosque primario disminuye 85,12: 3,87 y 0,45 % respectivamente, como se puede observar la profundidad más afectada en este parámetro es la ubicada a los 10cm, según (Arranz *et al*., 2004) la disminución en la aireación que posee el suelo disminuyendo la cantidad de macroporos existente.

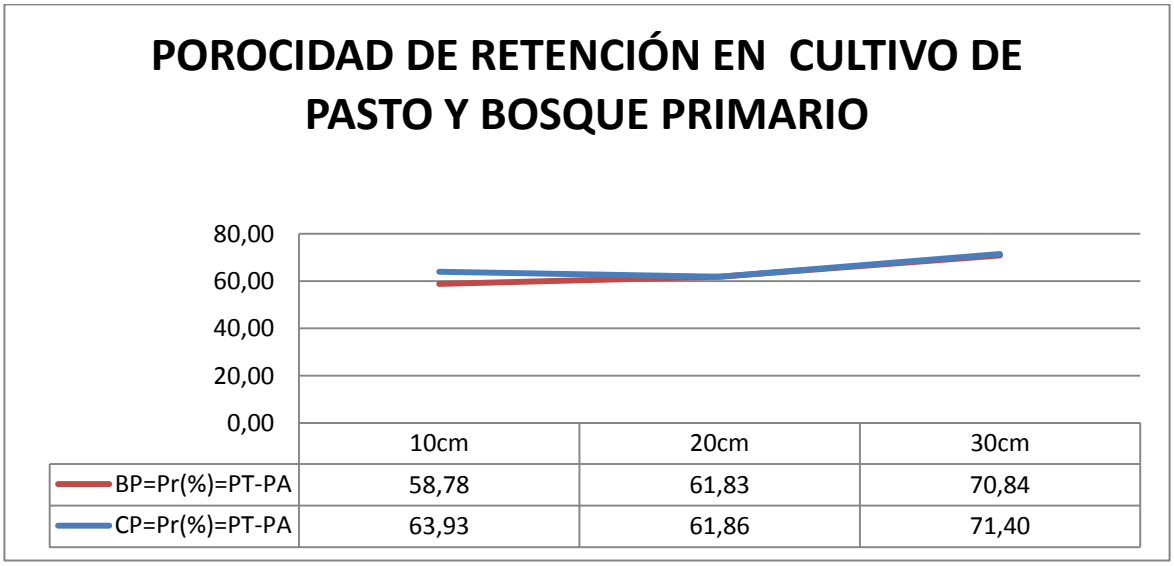
4.3.4. Porosidad de retención del suelo

Tabla 16. Medias de la porosidad de retención del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario.

Profundidad	CP=Pr(%)=PT-PA	BP=Pr(%)=PT-PA	Diferencia Pr=Cp-Bp %
10cm	63,93	58,78	5,15
20cm	61,86	61,83	0,03
30cm	71,40	70,84	0,56

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 17. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro porosidad de retención en bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades : 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Se determinó que con respecto a las profundidades de 0 a 10cm, de 10 a 20cm y de 20 a 30 cm la variación de la porosidad de retención del cultivo de pasto con respecto al bosque primario disminuye en 5,15 ; 0,03 y 0,56 % respectivamente, como se puede observar la profundidad más afectada en este parámetro es la ubicada a los 10cm, según (Arranz *et al*., 2004). La disminución en la capacidad de retención de agua para las raíces de las plantas que crecen hasta dicha profundidad.

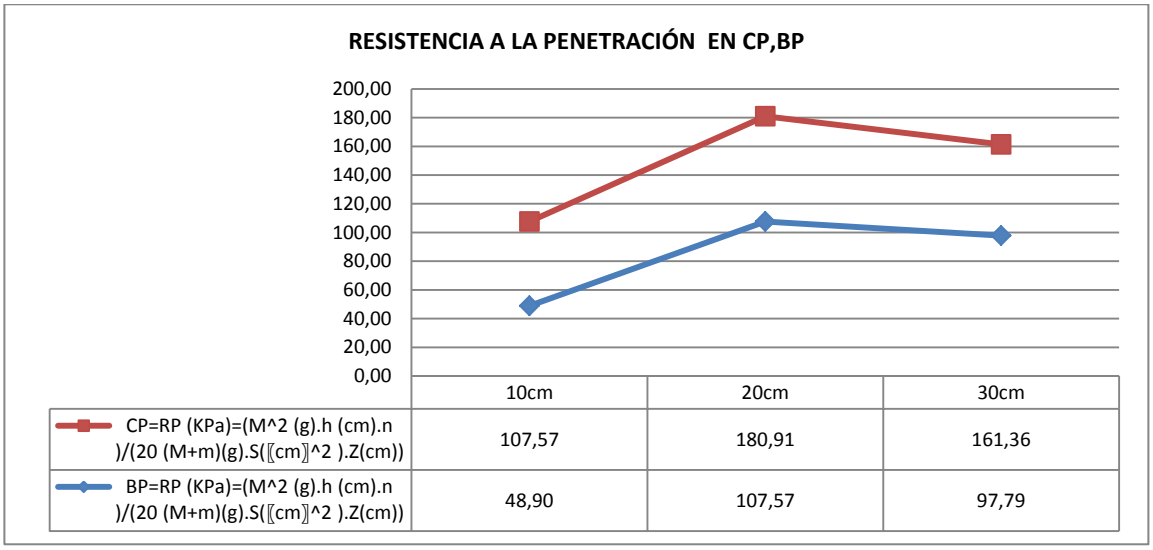
4.3.5. Resistencia a la penetración

Tabla 17. Comparación de las medias de la resistencia a la penetración del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario en las profundidades de 10, 20 y 30cm.

Profundidad	RP Cultivo de Pasto	RP en Bosque Primario	Aumento de la RP
10cm	107,57	48,90	58,67
20cm	180,91	107,57	73,34
30cm	161,36	97,79	63,57

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 18. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro resistencia a la penetración del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Al realizar el análisis de las medias del parámetro resistencia a la penetración se puede evidenciar que existe un aumento en el valor del cultivo de pasto con relación al bosque primario en las tres profundidades, sin embargo en la profundidad de 10 a 20 cm la resistencia a la penetración se ve afectada en mayor magnitud ya que su valor aumenta en 73,34 Kpa, según (Pla, 2010). Producto de la compactación de los suelos es producida por la carga inducida en la superficie, por el pisoteo de animales personas y la inadecuada utilización de equipos y maquinaria en las actividades agrícolas.

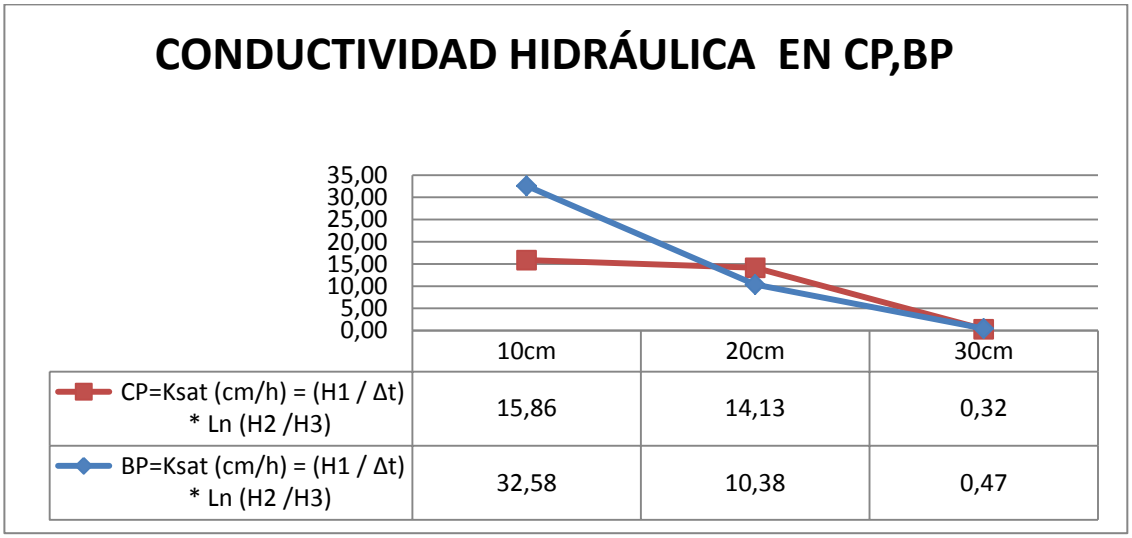
4.3.6. Conductividad hidráulica saturada

Tabla 18. Comparación de las medias de la Ksat del suelo entre cultivo de pasto y bosque primario.

Profundidad	Ksat Bosque Primario	Ksat Cultivo de Pasto (cm/h)	Diferencia Ksat=Bp-Cp
10cm	32,58	15,86	16,72
20cm	10,38	14,13	-3,75
30cm	0,47	0,32	0,15

Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.



Fuente: Datos de campo

Elaborado por: Autor.

Gráfico 19. Comparación de las medias de los datos obtenidos entre el parámetro conductividad hidráulica del bosque primario y cultivo de pasto a 3 profundidades: 10cm, 20cm y 30cm respectivamente.

Al realizar el análisis de las medias de la conductividad hidráulica se puede evidencia que en las unidades de muestreo seleccionadas para el estudio de conductividad hidráulica disminuye en función de la profundidad determinando el comportamiento del flujo del agua o fluidos a través del suelo hacia las aguas subterráneas (Rojas *et al.*, 2008). Además se puede observar que la conductividad hidráulica saturada correspondiente a la profundidad de 10 a 20 cm aumenta en el pasto, esto se puede explicar según manifiesta (Filgueira *et al.*, 2006). Porque la conductividad hidráulica aparte de depender del tamaño que poseen los poros también depende del tipo de estructura que posea el suelo.

4.4.**TEMA:** PROPUESTA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA FINCA SIERRA MAESTRA (S. M.)

4.4.1Antecedentes

Los sistemas silvopastoriles son de gran importancia en América Latina, donde la urgente necesidad por pastos ejerce una enorme presión sobre los bosques remanentes tropicales (Machado & Seguí, 1987).

Solo en la Amazonia existen cerca de 20 millones de hectáreas degradadas, cada año donde se pierde grandes bosque debido a que la gente los tala para reemplazar sus cercas podridas, o para leña, carbón, madera de construcción (Calle *et al.*, 2014).

La expansión de la frontera agrícola y ganadera para producir alimentos se debe a la creciente población humana, que ocasiona presión sobre los recursos naturales y provoca el desequilibrio del hábitat de los animales y las plantas (Carvajal, 2005).

Las cercas vivas comúnmente son plantaciones en línea de especies leñosas que interactúan con la ganadería, y constituyen una opción silvopastoril que delimitan los potreros y bosques. Además contribuyen a los siguientes beneficios: recurso accesible al campesino, diversifica la producción, favorece en áreas rurales la estabilidad de la familia, ayudan a controlar vientos, refugio de fauna silvestre, contribuyen a la conservación del suelo y agua, favorece un microclima más sano y la biodiversidad, fijan carbono mitigando el efecto de invernadero y disminuyen la presión sobre las selvas (Carvajal, 2005).

Para que una especie arbórea o arbustiva forrajera forme parte de los sistemas silvopastoriles, debe ser plantable, rica en nutrientes (proteínas, minerales) y fácilmente digeribles, debe tener una buena producción de biomasa (hojas y ramas) y capacidad para regenerar su follaje. Los bovinos pueden comer directamente el follaje de los árboles y arbustos en las praderas, en estos casos, se debe podar los brotes terminales para que las hojas y frutos estén al alcance de la boca de los animales; también pueden estar fuera de los potreros y las ramas transportadas al establo (Lombo, 2012).

Objetivo General

Implementar un sistema silvopastoril con las especies leñosas, arbustivas y gramíneas para el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo de la finca Sierra Maestra.

4.4.2 Metodología de la propuesta

Para la incorporación de árboles multiuso en la finca Sierra Maestra

Teca (*Tectona grandis* Linn F.) es una especie introducida en el Ecuador a fines de 1960 y es de gran importancia económica a nivel mundial, ya que posee gran demanda por la calidad sobresaliente de su madera. Su manejo técnico como cultivo no está muy difundido en Ecuador, lo cual le resta competitividad en el mercado Internacional (Proaño, 2011).

Los árboles de teca (*Tectona grandis* Linn F.) son de fuste recto y elevado. En los bosques del área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25 y 30 m de altura y de 55 cm. a 80 cm. de diámetro; pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fustes limpios de ramas hasta una altura de 30 m y perímetros comprendidos entre 4,5 y 6 m (Proaño, 2011).

Temperatura

La teca (*Tectona grandis* Linn F.) puede desarrollarse en lugares donde las temperaturas mínimas bajen hasta 1,5 0C y en la que las máximas alcancen 46°C (Proaño, 2011).

Precipitación

La precipitación requerida es de 1300 a 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses .La cantidad de lluvia necesaria para su óptimo desarrollo es de 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como

de 5100 mm por año. La teca (*Tectona grandis* Linn F.) soporta áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía extrema (Proaño, 2011).

Usos de la Teca (*Tectona grandis* Linn F.)**.**

Produce unas de las maderas más valiosas y apreciadas del mundo, a causa de sus excelentes cualidades y múltiples aplicaciones.

Se emplea en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocería, puentes y toda clase de obras que requieren de madera de excelente calidad (Proaño, 2011).

Siembra.

En términos generales, la preparación del sitio es la que normalmente se lleva a cabo para efectuar plantaciones y abarca: desbroce de la maleza; aradura total en franjas, o en curvas de nivel, en terrenos ondulados (Proaño, 2011).

La preparación del lugar de plantación se debe realizar en la estación seca, a fin de que el terreno esté listo al iniciar la estación lluviosa (Proaño, 2011).

Se recomienda asociar la teca (*Tectona grandis* Linn F.) con leguminosas fijadoras de nitrógeno, los espaciamientos utilizados en esta especie varían desde 2 a 4 metros a la redonda (Proaño, 2011).

Podas.

Según Proaño (2011). Para realizar una correcta poda se deben tener en cuenta:

•Se podan solamente los árboles prometedores y no aquellos de mala forma ni los que tengan una altura inferior a los 2/3 de la altura de los árboles mayores de la población, los cuales han de considerarse como suprimidos.

•El largo de la copa no debe exceder a la mitad de la altura total del árbol.

•No se corta más del 1/3 del ramaje a la vez.

•Se podan únicamente las ramas que el árbol no puede eliminar por sí mismo.

La cosecha

Por lo general se realiza la cosecha o corte de la plantación de los 20 años en adelante, este periodo está influenciado por: las condiciones del sitio de la plantación y la calidad que se quiere obtener de la madera, ya que con el pasar del tiempo la teca (*Tectona grandis* Linn F.) gana en calidad de madera (Proaño, 2011).

Para la implementación de Leguminosas arbustivas en la finca Sierra Maestra

Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) es una Leguminosas arbustivas que alcanza alturas hasta de cinco metros. Posee grandes flores amarillas con fuerte olor a miel, con hojas simples y alternas de tres a cinco lóbulos, el central más grande que los otros. De alto valor nutricional y rápida recuperación luego del ramoneo, produce gran cantidad de forraje y tolera la sequía. No tolera niveles freáticos altos ni encharcamiento. Puede asociarse con pastos y leguminosas rastreras de trópico bajo, medio y alto (Uribe *et al.*, 2011).

Rango altitudinal

De adaptación	0 – 2500 m.s.n.m.
Precipitación	800 – 5000 mm/año
Rango temperatura	14 – 30 °C
pH del suelo	4,5 – 8,0
Fertilidad del suelo	Baja, alta

La siembra puede ser asexual (por estacas)

Utilice estacas que no tengan más de 12 horas de cortadas

Corte de las estacas: Haciendo el corte en bisel descarte el tercio inferior leñoso y el superior blando y delgado de la rama. Obtenga estacas de 40 cm hasta un metro de longitud (Uribe *et al.*, 2011).

Profundidad de siembra: Enterradas a dos centímetros de profundidad. En suelos muy húmedos se debe construir un surco y sembrar las estacas de 20 a 30 cm de longitud,

en ángulo de 45° con el corte en bisel hacia el suelo a una distancia de 3 m entre surcos y 50 cm entre plantas (Uribe *et al.*, 2011).

Distancia de siembra: En la asociación con maderables se siembran cinco franjas de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y uno de maderables, con una distancia entre surcos de tres metros. El botón de oro (*Tithonia diversifolia*) se siembra en hileras (Uribe *et al*., 2011).
Realizar uno a dos controles antes de la siembra de los pastos.

Fertilización: Con el fin de estimular el desarrollo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*), aplique a las estacas prendidas cuando tengan hojas, luego de un mes de sembradas, abono foliar que puede preparar en la finca utilizando estiércol (Uribe *et al*., 2011).

Podas del botón de oro (*Tithonia diversifolia*): Realice la primera poda de formación antes del primer pastoreo, entre 0,40 y 1,0 metros de altura, dependiendo del estado de los pastos y del botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Utilice machetes bien afilados haciendo cortes en forma de bisel siempre de abajo hacia arriba. No pode en verano prolongado. La frecuencia y la altura de las podas dependen de la presión de pastoreo y el comportamiento de los pastos.
Después de varias podas se debe hacer una de rejuvenecimiento por debajo de la altura de corte acostumbrada, a fin de eliminar la zona improductiva que se va formando con el tiempo (Uribe *et al*., 2011).

Para la implementación de gramíneas en la finca Sierra Maestra
Marandú (*Brachiaria Brizanta*) es un pasto permanente y amacollado, con tallos vigorosos que alcanzan alturas de 1,5 a 2 metros. El valor nutritivo se considera entre moderado y bueno, si se compara con otras especies de Brachiarias, en relación con su palatabilidad, consumo, digestibilidad y composición química.

La preparación del terreno empieza por la eliminación de la vegetación. El objetivo de la labranza es mejorar las condiciones físicas del suelo, con el fin de obtener las condiciones adecuadas para facilitar el contacto de la semilla con el suelo y ayudar a un mejor desarrollo de la raíz (FAO, 2012).

Por lo general, se debe realizar antes del inicio de la siembra, para controlar la vegetación existente. En aquellos lugares donde exista exceso de humedad o encharcamiento, se debe nivelar el terreno o construir drenajes antes de la siembra (FAO, 2012).

El establecimiento del pasto mejorado *Brachiaria brizanta* se realiza mediante la siembra de semillas. Un aspecto de suma importancia para obtener una buena pastura, en principio, es conseguir una semilla certificada con una germinación de un 80% y pureza de 60%, conociendo su fecha de vencimiento, origen y variedad (FAO, 2012).

Otro de los factores a tener en cuenta es el modo de establecimiento; en experiencias realizadas se comprobó que la mejor forma de siembra es sobre un suelo bien preparado, que asegure una buena cama de siembra. La efectuada por cubrimiento de la semilla permitió obtener una mayor densidad de plantas que la efectuada al voleo, obteniendo una mayor producción de pasto al contrario del boleo (FAO, 2012).

El método que se utilizará para la siembra será el cultivo en callejones es un sistema silvopastoril, en el cual se establecen bandas o hileras de leñosas perennes, preferentemente leguminosas de rápido crecimiento, con siembra de pastos en los callejones (FAO, 2012).

4.4.3Propuesta

En la finca Sierra Maestra después de haber determinado las condiciones meteorológicas y climáticas, las especies que se adaptan a dichas condiciones son las especificadas anteriormente. Para la implementación de un sistema silvopastoril se utilizará las cercas vivas con la especie leñosa maderable teca (*Tectona grandis* Linn F.) en hilera a una distancia de 2 metros, que se adapta al clima, es de rápido desarrollo y sirve como barrera entre el bosque primario y la zona agrícola o pastizal además contribuye a la mitigación de ruidos de los autos pues la finca se encuentra a un costado de la carretera Arajuno Puyo en el km 45, además de los factores ambientales que brinda esta especie aportara económicamente puesto que en el mercado la teca (*Tectona grandis* Linn F.) es una especie muy cotizada. Se emplea en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocería, puentes y toda clase de obras que requieren de madera de excelente calidad.

Para la incorporación de leguminosas arbustivas se debe implementar el botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Por su fácil desarrollo y adición de nutrientes al suelo principalmente el fosforo además de eso aporta en la dieta del animal, ayudando a la producción de carne. La siembra se realizará asexualmente con cuatro hileras a una distancia de 2 metros dentro del cerco vivo.

El pasto a incluirse en este sistema será el *Brachiaria brizanta* (marandú), es un pasto adaptable al clima, con tallos vigorosos que alcanzan alturas de 1,5 a 2 metros. El valor nutritivo se considera entre moderado y bueno el pasto será sembrado entre las hileras de las leguminosas arbustivas (*Tithonia diversifolia*) como se está representado en la imagen además de la implementación de leguminosa rastrera *(Arachis pintoi)* o maní forrajero entre la gramínea que ayuda en la aportación de alimento para el animal y fijación de nitrógeno al suelo.

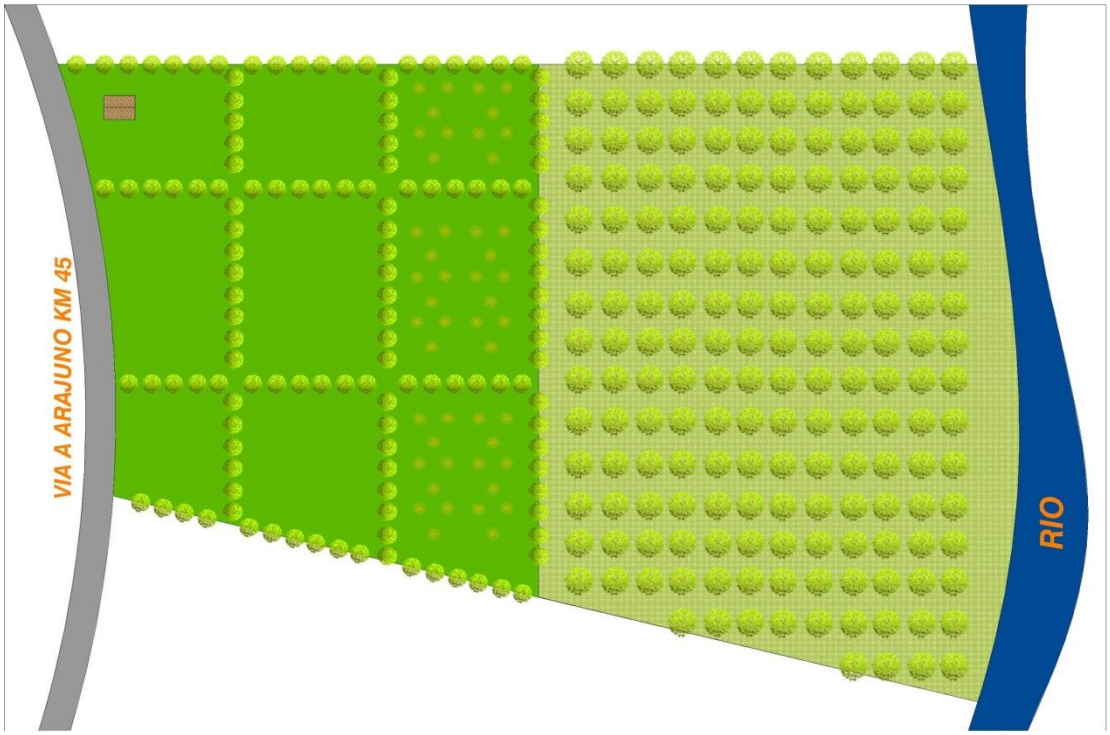


Gráfico 20. Diseño de un sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra**.**

Fuente: AutoCAD

Elaborado por: Autor

Fuente: AutoCAD

Elaborado por: Autor.

Gráfico 21. Diseño del sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra.

Tabla 19. Cuadro de costos en la implementación de un sistema silvopastoril en la finca Sierra Maestra.

Actividades	**Responsables**	**Tiempo de ejecución (Meses)**	**Costo de la propuesta Ha ($)**
Preparación suelo	Sr. Raúl Quinteros, familia y trabajadores	Promedio de 7 meses, este valor puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas y disponibilidad de personal.	1000
Compra de planta			1000
Siembra			500
Manejo			1000
Insumos			200
Mano de obra			4800
Varios el 10%			850
Total			**$ 9350,$^{\underline{00}}$**

Fuente: Ing. Samaniego

Adaptado por: Autor

5. Conclusiones

Las propiedades físicas del suelo se ven afectadas por el cambio de uso, es decir al cambiar la forma de utilización del bosque primario, a un cultivo de pasto, provoca un incremento en la compactación y por ende una disminución en la calidad del suelo.

La variación que existe en los parámetros medidos de la calidad de suelo en el rango de 10-20 cm de profundidad existe un deterioro de las condiciones óptimas del suelo debido al tipo de pasto que se ha implementado en la finca Sierra Maestra.

El sistema de producción intensivo tiene un efecto directo sobre la calidad del suelo puesto que incrementa la compactación estándar que posee, afectando así sus características físicas.

6. Recomendaciones

Debido a la alta capacidad de fijación que posee el maní forrajero (*Arachis pintoy*) es una de las opciones más recomendables para una mezcla forrajera con gramíneas, creando las condiciones para la recuperación del suelo.

Una alternativa óptima para la recuperación y conservación de las características físicas del suelo es implementar un sistema silvopastoril, con la siembra de Gramínea leguminosa rastrera, leguminosa arbustiva y arboles multiusos mejorando el ciclo de nutrientes dentro de la finca Sierra Maestra.

Continuar con investigaciones sobre la calidad física del suelo en la aplicación del sistema propuesto, para contribuir a mejorar las características físicas de los suelo de la provincia de Pastaza y con ello generar un aumento significativo en la producción ganadera.

7. RESUMEN

El suelo es un sistema vivo donde se desarrolla la vida no obstante, las actividades antrópicas que se generan en la tierra han creado un desequilibrio en los ecosistemas siendo la degradación del suelo y agua las más afectadas.Uno de los recursos básicos para la vida en el mundo es el suelo, que constituye la base primordial para la explotación ganadera, sin un adecuado manejo puede ocasionar alteraciones en el equilibrio del ecosistema. Es por ello que he basado mi investigación en la afectación que produce las actividades ganaderas sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad total conductividad hidráulica y resistencia a la penetración) producto del cambio de uso que posee es decir al cambiar la forma de utilización del bosque primario, a un cultivo de pasto las propiedades iniciales del suelo van a cambiar, generando un incremento en la compactación y por ende una disminución en la calidad del suelo, en base a ello se pretende determinar la variación que experimentan los parámetros del suelo, para poderlos regular con un adecuado manejo de técnicas de cultivo. Una alternativa óptima para la recuperación y conservación de las características físicas del suelo es implementar un sistema silvopastoril, con la siembra de árboles multiusos, leguminosas arbóreas leguminosas rastreras y gramíneas mejorando el ciclo de nutrientes dentro de la finca Sierra Maestra. En la finca Sierra Maestra después de haber determinado las condiciones meteorológicas y climáticas, se pretende implementar las siguientes especies; para las cercas vivas la especie leñosa maderable teca (Tectona grandis Linn) en hilera a una distancia de 2 metros, para la incorporación de leguminosas arbustivas se debe implementara el botón de oro (Tithonia diversifolia) por su fácil desarrollo y adición de nutrientes al suelo principalmente el fósforo a una distancia de 2 metros dentro del cerco vivo. El pasto a incluirse en este sistema será el Brachiaria brizanta (marandú), es un pasto adaptable al clima, además de estas especies se puede adicionar una leguminosa rastrera entre la más recomendable estaría el maní forrajero (Arachis pintoi) ubicada entre la gramínea que ayudará a la aportación de alimento para el animal y fijación de nitrógeno al suelo.

8. SUMMARY

The soil is a living system where life unfolds however, human activities generated in the earth have created an imbalance in the ecosystem being land degradation and water the most affected. One of the basic resources for life in the world is the floor, which is the primary basis for cattle raising, without adequate management can cause changes in the balance of the ecosystem. That is why I based my research on the effects that produces livestock activities on soil physical properties (bulk density, porosity total hydraulic conductivity and penetration resistance) due to the change of use that has that is to change the way use of primary forest, culture grazing initial soil properties will change, generating an increase in compaction and hence a decrease in soil quality, on that basis is to determine the variation experienced by parameters soil, so that they can regulate proper management of cultivation techniques. Optimal alternative for the recovery and conservation of the physical characteristics of the soil is to implement a silvopastoral system, with the planting of multipurpose trees, creeping leguminous trees and grasses legumes improve nutrient cycling in the Sierra Maestra farm. On the farm Sierra Maestra after determining the weather and climate conditions, it is to implement the following species; for hedges the timber woody species Teak (Tectona grandis Linn) in a row at a distance of two meters, for the incorporation of shrub legumes should implement the buttercup (Tithonia diversifolia) for easy development and adding nutrients to the soil mainly phosphorus at a distance of 2 meters within the living fence. The grass to be included in this system will be the Brachiaria brizanta (Marandú) is an adaptable pasture climate, besides these species can add a creeping legume among the most recommended would be the perennial peanut (Arachis pintoi) located between the grass will help providing to the animal feed and nitrogen fixation to the ground.

ABREVIATURAS

CP=Cultivo de pasto

BP= Bosque primario

SM=Sierra maestra

Ksat = Conductividad hidráulica saturada

DA = Densidad aparente

PT = Porosidad total

RP=Resistencia a la penetración

9. Referencia Bibliográfica

Achim Ellies Sch. (1999).Cambios estructurales y distribución de tensiones en suelos sujetos al tránsito de maquinaria. Bosque 20(1): 37-45.

Arranz, C., J. Galantini, J. Iglesias, H. Krüger & S. Venanzi. (2004). Sistemas de Labranza: Efecto del pastoreo animal sobre la distribución del tamaño de poros. In full text in CD). Proc. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Argentina (pp. 22-25).

Astier, M., M. Maass-Moreno & J. Etchevers-Barra. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia 36:605-620.

Blanco Sepúlveda, Rafael. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. Agrociencia, 43(3), 231-239. Recuperado en 26 de marzo de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000300002&lng=es&tlng=es.

Blanes, J., Navarro, R. M., Drehwald, U., Bustamante, T., Moscoso, A., Muñoz, F., & Torres. (2003). A. Las zonas de amortiguamiento: un instrumento para el manejo de la biodiversidad. *El caso de Ecuador, Perú y Bolivia*. (1ra ed.). Quito.

Bravo, C. & Z. Lozano, (2014). Evaluación de calidad de los suelos y salud de los cultivos. Universidad Estatal Amazónica de Posgrado y Educación continua. Puyo, Pastaza 94 pág.

Bravo, C., Z. Lozano, R. M. Hernández-Hernández, H. Cánchica & I. González. (2008). Siembra directa como alternativa agroecológica para la transición hacia la sostenibilidad de las sabanas. Acta Biológica. 28(1):7-26

Calle, A., Calle, Z., Garen, E., and A. Del Cid-Liccardi, eds. (2014). *Simposio sobre Restauración Ecológica y Agropaisajes Sostenibles*. Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental. New Haven, CT: Universidad de Yale; Ciudad de Panamá: Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

Carabias, J. L., (1988): Deterioro Ambiental en México. CIENCIAS. 13-19.

Carmona, J. C., D. M. Bolívar & L. A. Giraldo. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Rev Col Cienc Pec Vol. 18:1, 49-63.

Carvajal J. (2004). Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development. Vol. 17, Art. #22*. Retrieved May 20, 2015, from http://www.lrrd.org/lrrd17/2/carv17022.htm

Carvajal, J. (2005). Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development. Vol. 17, Art. #22*. Retrieved June 14, 2015, from http://www.lrrd.org/lrrd17/2/carv17022.htm

Constanza, M., Hernández, F., & Triana, F. (2014) Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz-Colombia/Effect of land use on water holding capacity in the Sumapaz paramo-Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 67, núm. 1 (2014); 7189-7200 2248-7026 0304-2847.

De Noni G. & G. Trujillo. (1986). Degradación del suelo en el Ecuador: Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. Quito. Revista del Banco Central del Ecuador Vol. VIII Número 24 a pág. 383-394

Demuner, G., M. Cadena & S. Campos. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. Rev Cie Téc Agr, San José de las Lajas, 2015. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500012&lng=es&nrm=iso>. accedido en 04 marzo 2015.

FAO. (2012). Establecimiento y Manejo de Pasturas Mejoradas: la *Briachiaria brizanta.* Disponible en http://teca.fao.org/read/7544

Filgueira, R., Cg. Soracco, G. Sarli & Ll. Fournier. (2006). Estimación de propiedades hidráulicas de suelos por mediciones a campo y el uso de modelos de flujo estacionario y transitorio. Cienc. suelo, Buenos Aires.

Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672006000100005&lng=es&nrm=iso>. accedido en 04 marzo 2015.

Gabriels, D., Lobo, D., & Pulido, M. (2011). Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. *Venesuelos*, *14*(1), 7-22.

GADPPZ. (2012). Cantón Arajuno. Disponible en: http://www.pastaza.gob.ec/pastaza/arajuno

Garcia, Y., Ramirez, W. Sanchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes, Matanzas, v. 35, n. 2, jun. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&nrm=iso>. accedido en 01 abr. 2015.

GEO-México. (2004). El suelo; Estado del Medio Ambiente. www2.ine.gob.mx/ publicaciones/libros/448/9 25/feb/2013.

Grijalva, J., P. Llangari, F. Jara & M. Cuasapaz. (2004). Experimentación campesina y alternativas silvopastoriles en zonas de montaña Construyendo caminos hacia el desarrollo sostenible de los andes ecuatorianos .Boletín técnico No.116 INIAP.Quito. Ecuador.Pag.41

Henríquez Pantaleón, C. I. (2007). Mejora de terrenos potencialmente licuables con inyeccciones de compactación (*Tesis doctoral inédita*). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid

INAMHI. (2005). Anuario Meteorológico Nro.45.Quito-Ecuador.

Lombo, F. (2012). Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua [Tesis de Maestría en Agroforestería]. *Turriabla (Costa Rica): CATIE*.

López R. (2002). Degradación del suelo: Causas, procesos evaluación e investigación. Venezuela.

López, M. (2001). Degradación de suelos en Sonora. Región y Sociedad. 13 (22), 74-97.

Machado, R., & Seguí, E. (1997). Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*, *20*(1).

McBratney, A.B.; M.L. Mendonca-Santos, B. Minasny. (2003). On digital soil mapping. Geoderma.

Nacci, S., Pla Sentis, I. (1992). Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. Agronomía Trop. 42:1-2, 115-132.

Pla, (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos: Dificultades y errores más frecuentes. Y propiedades mecánicas. Revista suelos ecuatoriales 40(2) 75-93

Pla, I. (1983). Metodologías para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Rev. Fac. Agron. (Maracay- Venezuela), Alcance 32. 91 p

Pla, I. (2002). Problemas de degradación de suelos en el mundo: Causas y consecuencias. En X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Ecuador

Proaño García, M. (2011). Comparación dasométrica y económica de dos intensidades de raleo en un cultivo de teca (*Tectona grandis* Linn F.) en la zona de Pedro Carbo provincia del Guayas.

Ramírez, M., E. Limas, P. R. Ortiz & A. R. Días. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. Papeles de geografía, 53(54), 77-88.

Rojas D, M. Ludwig, H. Rojas Palacio & J. Menjívar Flórez. (2008). Estimación de la conductividad hidráulica saturada *in* un suelo tratado con vinaza. Acta Agronómica, 57(2), 125-128. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122008000200007&lng=en&tlng=es. Accedido en 04 marzo 2015.

Rucks, L., F. García, A. Kaplán, J. Ponce de León & M. Hill. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. MONTEVIDEO-URUGUAY

Siavosh, S. (2009). Impacto de la ganadería sobre el suelo Alternativas sostenible de manejo. Cenicafé. Colombia.

Taboada, M. (2007). Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa. Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, 71-83.

Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A., Solarte, L., & Soto, R. B. (2011). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible.

Vera, A. & Riera, L. (2002). Informe del Programa silvopastoril de la estación Napo-Payamino de INIAP. Mecanografiado. 8 p

10. Anexos:

10.1. Presupuesto para los objetivos planteados.

"CARACTERIZACIÓN DEL SUELO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERA Y BOSQUE PRIMARIO ADYACENTE EN EL CANTÓN ARAJUNO"		
Nº	PROGRAMA/PLAN	PRESUPUESTO $
1	Movilización a la finca Sierra Maestra	400
2	Alimentación	300
4	Materiales e insumos	200
Total		900

10.2. Cronograma de trabajo

ACTIVIDAD	Objetivo específico que la actividad pretende alcanzar	MESES					
		1	2	3	4	5	6
Revisión Bibliográfica	Revisar y analizar trabajos previos sobre estudios de la calidad Física del suelo.						
Socialización del proyecto	Socialización del proyecto entre participantes						
	Evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos frente a la intervención antrópica en la provincia de Pastaza dentro de las instalaciones de la U.E.A.						
Recopilación de información	Reconocimiento del área de estudio para la identificación de los puntos de muestreo						
	Georeferenciación de los puntos a muestrear en la finca Sierra Maestra.						
c)Toma de datos en el Campo	Recolección de 4 muestras *in situ* de suelo en el bosque primario y en el cultivo de pasto.						
d) Análisis de datos en laboratorio.	Análisis de las muestras recopiladas en el campo para la obtención de los						

	parámetros físicos (porosidad, conductividad hidráulica, resistencia la penetración, densidad aparente).						
e)Tratamiento estadístico	Con los resultados que se obtendrán se aplicará el método estadístico de Tukey a partir de las variables porosidad, conductividad hidráulica resistencia a la penetración y densidad aparente organizando en función de los dos tipos de usos de suelo.						
	Los datos serán representados en herramientas gráficas como histogramas y tablas de datos de frecuencia.						
f)Interpretación de los resultados	Con todos los datos e información recolectada se procederá a realizar el procesamiento, análisis e interpretación de los datos para la obtención de los resultados.						

10.3. Anexo Fotográfico

Foto 1. Identificación de las unidades de observación en Cultivo de Pasto en finca Sierra Maestra (Sr. Raúl Quinteros)

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 2. Bosque primario en la finca Sierra Maestra (Sr. Raúl Quinteros)

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 2. Toma de puntos GPS en la finca Sierra Maestra (Sr. Raúl Quinteros)

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 4. Toma de datos de Resistencia a la Penetración en bosque primario de la finca Sierra Maestra.

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 5. Toma de datos de Resistencia a la Penetración en cultivo de pasto

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 6. Toma de muestras no alteradas con el equipo Uhland en bosque primario.

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 7. Cilindros para la toma de muestras no alteradas en el campo.

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 8 y 9. Toma de datos de conductividad hidráulica.

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 10 y 11. Toma de datos de Porosidad

Fuente: Elaboración propia del autor

Foto 12 y 13 Toma de datos de Densidad

Fuente: Elaboración propia del autor

10.4. Tablas

Análisis de medias a profundidad de 0 a 10 cm en cultivo de pasto y bosque primario.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Da	1,00	5	,7220	,05215	,02332	,6572	,7868	,67	,80
	2,00	5	,5320	,04207	,01881	,4798	,5842	,49	,59
	Total	10	,6270	,10965	,03467	,5486	,7054	,49	,80
Ksat	1,00	5	15,8580	8,65172	3,86917	5,1155	26,6005	8,02	29,91
	2,00	5	32,5860	27,04634	12,09549	-,9965	66,1685	5,44	71,58
	Total	10	24,2220	20,88325	6,60386	9,2830	39,1610	5,44	71,58
Rp	1,00	5	101,7022	25,50155	11,40464	70,0378	133,3666	78,23	136,91
	2,00	5	50,8500	10,71163	4,79039	37,5498	64,1502	39,12	58,67
	Total	10	76,2761	32,53227	10,28761	53,0039	99,5483	39,12	136,91
Pt	1,00	5	79,6380	11,15135	4,98703	65,7918	93,4842	64,33	95,18
	2,00	5	78,9460	9,20625	4,11716	67,5149	90,3771	66,16	89,52
	Total	10	79,2920	9,64727	3,05073	72,3908	86,1932	64,33	95,18
Pa	1,00	5	15,7060	8,93173	3,99439	4,6158	26,7962	10,46	31,55
	2,00	5	20,1660	3,99983	1,78878	15,1996	25,1324	15,02	24,86
	Total	10	17,9360	6,93483	2,19298	12,9751	22,8969	10,46	31,55
Pr	1,00	5	63,9300	6,95214	3,10909	55,2978	72,5622	52,70	71,67
	2,00	5	58,8000	7,35195	3,28789	49,6713	67,9287	49,10	64,66
	Total	10	61,3650	7,26732	2,29813	56,1663	66,5637	49,10	71,67

Análisis de medias a profundidad de 10 a 20 cm en cultivo de pasto y bosque primario.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Da	1,00	5	,7860	,05899	,02638	,7128	,8592	,74	,86
	2,00	5	,6500	,05612	,02510	,5803	,7197	,58	,73
	Total	10	,7180	,08991	,02843	,6537	,7823	,58	,86
Ksat	1,00	5	14,1320	13,63732	6,09879	-2,8010	31,0650	2,01	31,29
	2,00	5	10,3780	20,53209	9,18223	-15,1160	35,8720	,47	47,09
	Total	10	12,2550	16,55094	5,23387	,4152	24,0948	,47	47,09
Rp	1,00	5	187,7592	47,10230	21,06479	129,2740	246,2444	136,91	234,70
	2,00	5	113,4384	32,13799	14,37254	73,5338	153,3430	78,23	136,91
	Total	10	150,5988	54,58414	17,26102	111,5517	189,6459	78,23	234,70
Pt	1,00	5	71,1360	8,19872	3,66658	60,9559	81,3161	61,66	80,96
	2,00	5	75,6880	12,08986	5,40675	60,6765	90,6995	61,19	94,41
	Total	10	73,4120	10,02960	3,17164	66,2373	80,5867	61,19	94,41
Pa	1,00	5	9,9940	3,91226	1,74962	5,1363	14,8517	4,08	13,40
	2,00	5	13,8560	5,63137	2,51842	6,8637	20,8483	7,41	22,83
	Total	10	11,9250	5,00400	1,58240	8,3454	15,5046	4,08	22,83
Pr	1,00	5	61,8560	7,09459	3,17280	53,0469	70,6651	52,83	72,64
	2,00	5	62,0280	17,35722	7,76238	40,4762	83,5798	38,36	86,99
	Total	10	61,9420	12,50111	3,95320	52,9992	70,8848	38,36	86,99

Anexo 8.6. Análisis de medias a profundidad de 20 a 30 cm en cultivo de pasto y bosque primario.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Da	1,00	5	,8400	,14782	,06611	,6565	1,0235	,58	,95
	2,00	5	,8260	,04775	,02135	,7667	,8853	,80	,91
	Total	10	,8330	,10382	,03283	,7587	,9073	,58	,95
Ksat	1,00	5	1,5860	2,94069	1,31511	-2,0653	5,2373	,08	6,84
	2,00	5	,4700	,01000	,00447	,4576	,4824	,46	,48
	Total	10	1,0280	2,04680	,64726	-,4362	2,4922	,08	6,84
Rp	1,00	5	168,1802	38,15889	17,06517	120,7997	215,5607	117,25	195,58
	2,00	5	101,7026	25,50109	11,40443	70,0388	133,3664	58,67	117,35
	Total	10	134,9414	46,51619	14,70971	101,6657	168,2171	58,67	195,58
Pt	1,00	5	77,9660	12,53929	5,60774	62,3964	93,5356	64,99	98,85
	2,00	5	76,9640	4,28613	1,91681	71,6421	82,2859	71,27	83,15
	Total	10	77,4650	8,85017	2,79867	71,1340	83,7960	64,99	98,85
Pa	1,00	5	6,5700	1,73414	,77553	4,4168	8,7232	4,76	9,43
	2,00	5	6,1220	,88503	,39580	5,0231	7,2209	4,91	7,09
	Total	10	6,3460	1,31925	,41718	5,4023	7,2897	4,76	9,43
Pr	1,00	5	71,3980	13,38712	5,98690	54,7757	88,0203	58,43	94,09
	2,00	5	70,8380	4,59585	2,05533	65,1315	76,5445	64,38	77,29
	Total	10	71,1180	9,44064	2,98539	64,3646	77,8714	58,43	94,09