

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS:

Proyecto de Tesis previa la obtención del Grado Académico de Ingeniera Ambiental

TEMA:

“Determinación de parámetros físicos de dos tipos de suelo en parcelas silvícolas industriales del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA)”

CARRERA:

Ingeniería Ambiental

AUTOR:

Lesslye Katherinne Silva Jaramillo

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. PEDRO RÍOS GUAYASAMÍN MS.c

Pastaza-Ecuador

2015

PRESENTACION DEL TEMA

“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE DOS TIPOS DE SUELO
EN PARCELAS SILVÍCOLAS INDUSTRIALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y CONSERVACIÓN AMAZÓNICA (CIPCA)”

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Leo Rodriguez B

MS.c Leo Rodriguez

Edison Suntasig

MS.c Edison Suntasig

Simon Lieb

MS.c Simon Lieb

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme la fortaleza y sabiduría que me dio para terminar mis estudios y seguir adelante. A mis Padres agradezco por haberme apoyado en cada etapa de mi vida estudiantil por su constante apoyo, amor y cariño para que la meta más anhelada de mi vida se cumpla.

A mis hermanos por brindarme su apoyo constante y confianza. A mis sobrinos por brindarme su amor y ánimos de seguir adelante.

A La Universidad Estatal Amazónica.

Al Ing. Pedro Ríos agradezco por su asesoramiento y colaboración en la dirección de la tesis.

A mi compañero Jairo Agurto por la colaboración en la recolección de muestras.

Al PhD Carlos Bravo por el asesoramiento en cuanto a materia de suelos.

A mi familia y a todas aquellas personas que brindaron su apoyo para la culminación del presente trabajo.



DEDICATORIA

*Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a **DIOS**, que me dio la oportunidad de vivir, por regalarme una familia maravillosa y por estar conmigo a cada paso que doy guiándome y dándome fortaleza para continuar.*

*Con mucho amor a mis padres **EDISON SILVA** y **GLORIA JARAMILLO** que han estado conmigo en todo momento quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo constante, depositante su confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento, gracias papis por enseñarme que para tener éxito se debe luchar con todo el corazón sin perder los valores morales y éticos.*

*A mis hermanos **RICHARD, ADRIÁN, JOSELYN, SELENA, DAYLYN** y sobrinos **EDISON Y DYLAN** por brindarme su apoyo y amor incondicional para seguir adelante y de no decaer.*

*A mi Director de Tesis Ing. **PEDRO RIOS MS.c** por brindarme sus conocimientos, su orientación y sobre todo por su paciencia que tuvo para la culminación de esta investigación.*

*A mi Hija **DULCE CATTLEYA** por ser mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante.*

A mi familia y a todas esas personas que de alguna u otra manera están conmigo.

Lesslye Silva Jaramillo.

RESPONSABILIDAD

Yo Lesslye Katherinne Silva Jaramillo, declaro que soy la única autora de la presente Tesis y el contenido es de mi responsabilidad exclusiva.

Lesslye Katherinne Silva Jaramillo

CONTENIDO

RESUMEN	- 11 -
SUMMARY	- 12 -
I.INTRODUCCIÓN	- 13 -
1.1 Objetivos	- 15 -
1.2 Objetivo general	- 15 -
1.3 Objetivos específicos	- 15 -
1.4 Hipótesis general	- 15 -
1.5 Hipótesis específicas	- 15 -
II.REVISIÓN DE LITERATURA	- 16 -
2.1 Cambio climático y Pérdida del suelo	- 16 -
2.2. Deforestación Mundial	- 18 -
2.3 Deforestación en el Ecuador	- 20 -
2.4 Parámetros físicos del Suelo	- 20 -
2.5 Variables Estudiadas	- 22 -
2.5.1 Densidad Aparente	- 22 -
2.5.2 Conductividad Hidráulica	- 23 -
2.5.3 Porosidad Total	- 24 -
III. MATERIALES Y MÉTODOS	- 26 -
3.1 Localización	- 26 -
3.2 Condiciones meteorológicas	- 27 -
3.3 Materiales y equipos	- 27 -
3.4 Factores de estudio	- 29 -
3.5 Diseño experimental	- 29 -
3.6 Mediciones experimentales	- 32 -
3.7 Manejo del experimento	- 34 -
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 38 -

4.1 Análisis de parámetros físicos en los diferentes tratamientos de las parcelas silvícolas	- 38 -
4.2 Análisis de parámetros físicos de suelo por rangos de profundidad en parcelas silvícolas.....	- 51 -
4.3 Análisis de suelo realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Estatal Amazónica.....	- 63 -
V. CONCLUSIONES	- 65 -
VI. RECOMENDACIONES	- 67 -
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 68 -
ANEXOS.....	- 73 -

Lista de Imágenes

Imagen 1. Parcelas del proyecto SSIEV, CIPCA, UEA	- 26 -
Imagen 2. Parcela Alta de experimentación establecida dentro del Jardín Botánico en el CIPCA.....	- 30 -
Imagen 3. Parcela Baja de experimentación establecida dentro del Jardín Botánico en el CIPCA.....	- 31 -

Lista de tablas

Tabla 1. Densidad aparente valores de referencia.....	- 23 -
Tabla 2. Conductividad hidráulica valores de referencia	- 24 -
Tabla 3. Porosidad Total valores de referencia	- 25 -
Tabla 4. Tratamientos de las parcelas alta y baja	- 29 -
Tabla 5. Análisis de suelo realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).....	- 63 -
Tabla 6. Análisis de suelo realizado en la Universidad Estatal Amazónica ..	- 64 -

Lista de Figuras

Figura 2: Densidad aparente como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos - 39 -

Figura 2. Conductividad Hidráulica como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos - 42 -

Figura 3. Porosidad Total como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) –Tratamientos..... - 44 -

Figura 4. Porosidad de Aireación como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos - 46 -

Figura 5: Porosidad de Retención como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos - 48 -

Figura 6. Capacidad de Campo como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) –Tratamientos - 49 -

Figura 7. Densidad Aparente como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 51 -

Figura 8. Conductividad Hidráulica como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 53 -

Figura 9. Porosidad Total como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 55 -

Figura 10. Porosidad de aireación como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 57 -

Figura 11. Porosidad de retención como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 59 -

Figura 12. Capacidad de campo como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm) - 61 -

Anexos

Anexo1: Recolección de muestras de suelo con el Barreno - 73 -

Anexo 2: Identificación de las muestras de suelo envueltas para el laboratorio. -
73 -

Anexo 3: Preparación de las muestras de suelo en el laboratorio UEA - 74 -

Anexo 4: Pesado y Colocación de las muestras de suelo a Saturar por 24 horas
..... - 74 -

Anexo 5: Determinación de Conductividad Hidráulica..... - 75 -

Anexo 6: Determinación de Porosidad del suelo..... - 75 -

Anexo 7: Determinación de Densidad Aparente..... - 76 -

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) analizando parámetros físicos del suelo (densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad total) en dos tipos de suelo con dos especies en plantaciones silvícolas *Myroxylon balsamum* (bálsamo) y *Ocotea quixos* (ishpingo); estableciendo 3 tratamientos: T1 (*Ocotea quixos ishpingo*), T2 (*Myroxylon balsamum*), T3 (Asocio de *M. balsamum* y *O. quixos* 50%50%) en bloques al azar. Las profundidades de medición se establecieron en un rango de 0cm a 60cm para realizar un levantamiento de línea base del estado del recurso suelo referente a los parámetros establecidos. Los resultados globales en un análisis de 0 a 60 cm en cuanto a densidad aparente obtenidos en la parcela alta dieron un promedio de 0,45 g/cm³ y en la parcela baja un promedio 0,72 g/cm³, la conductividad hidráulica en la parcela alta tuvo un promedio de 13,68 cm.h⁻¹ y en la parcela baja un promedio de 21,23 cm.h⁻¹ y la porosidad total en la parcela alta un promedio de 65,06% y en la parcela baja un promedio de 68,98%; el tipo de suelo en estudio correspondió a una clase estructural franco arenosa. En los resultados por estratos, la densidad aparente presentó valores menores a 1 g/cm³ con promedios de 0,45 g/cm³ y en la parcela baja un promedio 0,72 g/cm³. En la conductividad hidráulica se tiene valores muy limitados en el estrato de 20-30 cm, en la parcela alta un promedio de 13,68 cm.h⁻¹ y en la parcela baja un promedio de 21,23 cm.h⁻¹. La porosidad total no muestra problemas visibles, con un promedio de 65,06% para la parcela alta y de 68,98% para la parcela baja. En la Porosidad de aireación muestra un descenso importante en el estrato de 20-30cm. Se presentó en la parcela alta un promedio de 12,22% y en la parcela baja de 13,35 %. La Capacidad de campo sobrepasa los 100% en los estratos 0-10, y no es menor que 60% en los estratos hasta 60 cm; se presentaron valores promedios de 156,76 en la parcela alta y en la parcela baja de 81,22%.

SUMMARY

This research was conducted at the Center for Research, Graduate and Amazon Conservation (CIPCA). It analyzes soil physical parameters (density, hydraulic conductivity, total porosity) in two soil types (parcela alta; PA and parcela baja; PB). These parameters were analyzed in two non-timber forest products' plantations of: *Myroxylon balsamum* (balm) and *Ocotea quixos* (ishpingo). The statistical arrangement was done in 3 sets of treatments: T1 (ishpingo), T2 (balm), T3 (association of 50%50% of ishpingo and balm). The treatments were randomized in 3 blocks. The depths were assessed in compartments that range from 0cm to 60cm. The research was done for a baseline of soil parameters needed for the non-timber forest product's plantations. The overall results of an analysis from 0-60 cm in terms of density showed at PA an average of 0.45 g/cm^3 and PB averages 0.72 g/cm^3 , the mean hydraulic conductivity in the PA was 13.68 cm.h^{-1} and 21.23 cm.h^{-1} for PB. Total porosity showed an average of 65.06% at PA and 68.98% in PB. The soil type corresponded to a sandy loam structural class. In the results by compartment, bulk density presented values that lowered 1 g/cm^3 averaging 0.45 g/cm^3 for PA and 0.72 g/cm^3 for PB. The hydraulic conductivity had very limited value in the 20-30 cm layer with an average of 13.68 cm.h^{-1} for PA and 21.23 cm.h^{-1} for PB. The porosity shows no visible problems, with an average of 65.06% for PA and 68.98% for PB. Air-filled porosity shows a significant decline in the 20-30cm layer, with an average of 12.22% on PA and 13.35% on PB. Field capacity exceeds 100% in 0-10 layers, and is not less than 60% in the layers below, an average of 156.76 was calculated for PA and 81.22% for PB.

I.INTRODUCCIÓN

Dentro del proyecto de los Sistemas silvícolas industriales nativos como una alternativa multifuncional para la economía verde en la producción amazónica se ha visto necesario mostrar que los sistemas sostenibles tienen un potencial para crear nuevas industrias en relación directa con los recursos naturales disponibles en la Amazonia; en el proyecto como un objetivo se ha establecido en las parcelas de campo en el 2013 (dos parcelas experimentales en 1 hectárea aproximadamente con tres bloques en cada uno y tres tratamientos dentro de cada bloque de: monocultivo de *Myroxylon balsamum*, el monocultivo de *Ocotea quixos*, y una mezcla de estas dos especies), uno de los objetivos del estudio es la determinación de las propiedades del suelo donde se ha cuantificado los parámetros físicos, químicos y biológicos de las dos parcelas (establecidas en lugares diferentes). Hay que tomar en cuenta que las descripciones de los ciclos biogeoquímicos incluidos en estos sistemas son de gran importancia ya que nos ayudan a comprender el papel que desempeña el suelo y la composición de la biomasa por encima del suelo, al hacer estas descripciones podemos asegurar la producción forestal no maderable de larga duración, lo que en su lugar se cuenta como un servicio ambiental, que podría obtener un valor económico por las instituciones locales e internacionales interesadas sobre el estado del medio ambiente.

En este estudio se ha previsto investigar las propiedades físicas del suelo, estableciendo como indicadores: la densidad aparente, conductividad hidráulica y porosidad total, dichos indicadores se obtendrán del suelo de profundidades que van desde 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-60 cm, las parcelas

(Alta y Baja) están conformadas por bloques (1, 2 y 3) y tratamientos (T1=*Ocotea quixos ishpingo*, T2=*Myroxylon balsamum*, T3=Asocio de *M. balsamum* y *O. quixos* 50%50%) en dos tipos de suelo; a fin de caracterizar los sustratos de suelo en los cuales se implantaron las parcelas del proyecto los sistemas silvícolas-industriales como un aporte multifuncional a la economía verde en la producción amazónica (SSIEV); en las parcelas de estudio se identificara el perfil del suelo como un referente adicional en cada bloque y tratamiento establecido, es por ello que esta investigación de tesis complementa la información necesaria para estimar una línea base del estado del recurso suelo.

1.1 Objetivos

1.2 Objetivo general

- Determinar los parámetros físicos de dos tipos de suelos en parcelas del proyecto sistemas silvícolas industriales (SSIEV) del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, ubicado en la Provincia Napo.

1.3 Objetivos específicos

- Analizar la densidad aparente en dos tipos de suelo en parcelas del proyecto sistemas silvícolas industriales (SSIEV).
- Analizar la conductividad hidráulica en dos tipos de suelo en parcelas del proyecto sistemas silvícolas industriales (SSIEV).
- Analizar la porosidad total en dos tipos de suelo en parcelas del proyecto sistemas silvícolas industriales (SSIEV).

1.4 Hipótesis general

- La determinación de parámetros físicos permitirá reconocer las características de los suelos en estudio y delimitar su potencial para la adaptabilidad de especies en plantaciones silvícolas industriales.

1.5 Hipótesis específicas

- La densidad aparente dependerá del peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos.
- La conductividad hidráulica permitirá describir la movilidad del agua sub superficial o subterránea en el suelo.
- La porosidad total nos permitirá conocer el movimiento del agua en el suelo a fin de evaluar el desarrollo futuro de las plantas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cambio climático y Pérdida del suelo

El cambio climático es atribuido al cambio de clima ya sea directa o indirectamente a las actividades realizadas por el humano que perturba la composición de la atmósfera mundial y se extiende a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (CIIFEN, 2015).

El cambio climático es producto del aumento de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de diferentes procedencias ya sean naturales o antropogénicas. Sin embargo existe una diferencia entre variabilidad climática y cambio climático. La variabilidad climática se muestra cuando a menudo un fenómeno genera un comportamiento anormal del clima, pero es considerado un fenómeno temporal y transitorio. Por otra lado, el cambio climático indica un proceso que no es temporal y que puede verificarse a través del tiempo revisando datos climáticos (ej. la temperatura) (CIIFEN, 2015).

Los bosques mantienen en gran parte el equilibrio ecológico y la biodiversidad, limitan la erosión en las cuencas hidrográficas e influyen en las variaciones del tiempo y en el clima. De la misma manera, suministran a las comunidades rurales de distintos productos, como la madera, alimentos, combustible, etc. o fertilizantes orgánicos. Una de las mayores amenazas conocidas para la vida del hombre en la Tierra es la deforestación. La deforestación conlleva a un incremento del dióxido de carbono (CO_2) en el aire debido a que los árboles vivos acumulan dicho compuesto químico en sus fibras, pero cuando son cortados, el carbono es liberado de nuevo hacia la atmósfera. El dióxido de

Carbono es uno de los principales gases de efecto "invernadero", por lo que el corte de árboles contribuye al peligro del cambio climático. (CIIFEN, 2015)

El ambiente se encuentra sometido a cambios constantes, los cuales se están produciendo a distintas y diferentes escalas espaciales y temporales. La disminución de los bosques y el cambio de uso del suelo juegan un papel clave e importante en el control del calentamiento global, ya que secuestran las emisiones de carbono desde la atmósfera y a la vez son un reservorio de éste a largo plazo; el empobrecimiento de los suelos, producto de la erosión, también se relaciona a la pérdida de cobertura forestal, principalmente porque la ausencia del bosque aumenta la escorrentía superficial del agua (Altamirano & Lara, 2010).

El Recurso suelo soporta la producción primaria en los ecosistemas terrestres, es decir la producción de alimentos y fibras para la humanidad. A escalas de tiempo humana y ecológica, el recurso suelo es considerado no renovable, por lo que su conservación es un elemento crítico para garantizar la demanda creciente de alimentos en el mundo. Los suelos pueden ser fuente y sumidero de carbono (C). Por lo tanto, contribuyen a la regulación del ciclo del carbono y sus consecuencias en el cambio climático. El cambio de usos del suelo es la potencia motriz que determina el papel fuente o sumidero de Carbono del suelo. La roturación o utilización de tierras ha supuesto una pérdida de carbono orgánico y el aumento inmediato de las emisiones de carbono, mientras que la reforestación de tierras cultivadas tiene a comportar un aumento en el secuestro de carbono. Sin embargo, el secuestro de Carbono por forestación u otros cambios a usos no agrícolas, recupera muy lentamente el carbono

orgánico perdido por el cultivo. Las propiedades de los suelos son sensibles al cambio climático en general (Vallejo., *et al* 2013).

2.2. Deforestación Mundial

La deforestación es un proceso que tiene sus causas principales, entre ellas se puede mencionar: el cambio del uso del suelo para actividades tales como ganaderas y agrícolas, los incendios y enfermedades forestales o la tala indiscriminada de árboles, entre otros. En la actualidad, la deforestación de los bosques tropicales constituye una amenaza. Si se analiza anualmente se pierde 13 millones de hectáreas de bosque nativo en el mundo. Esta tasa de deforestación puede contribuir a apresurar algunos procesos de degradación de la tierra generando mayor escorrentía y erosión afectando los procesos hidrológicos del suelo y sus efectos sobre la degradación de la tierra; o aumentar los efectos del cambio climático global (Pla Sentís, 2009). Se puede deducir que, en los últimos años, este proceso ha resultado mucho más acelerado en las zonas secas y semiáridas, especialmente en las montañas (CIIFEN, 2015).

Esto es comprensible, dado que en las áreas de mayor altitud o más secas resultan las más adecuadas para la ganadería ya que estos suelos en general, son más ricos y fácilmente cultivables que los suelos viejos de las llanuras tropicales, habitualmente lavados de todo tipo de nutrientes. Además de las restricciones agronómicas que existen, hay que tener en consideración la limitación que supone para la colonización de las tierras (CIIFEN, 2015).

En estudios elaborados en América Latina y el Caribe se indica que las zonas rurales sufren las consecuencias del cambio climático debido al cambio de uso del suelo y la deforestación; pero se ha destacado los efectos positivos que pueden tener los sistemas agroforestales/sistemas silvopastoriles (SAF/SSP) por la biodiversidad que generan (Milera, 2011). Dentro de la deforestación los impactos ambientales que se tiene son considerados mayores, ya que se va dejando un remanente de cobertura boscosa con un suceso negativo en la biodiversidad; los datos más relevantes sobre deforestación en la Amazonia se los puede observar en Brasil donde los niveles de pérdida de bosques más bajos se registraron en 1991 con poco más de 11.000 kilómetros cuadrados, y los más altos en el año 1995, alcanzando los 29.059 kilómetros cuadrados. En el último período de medición (agosto 2005–agosto 2006) se deforestaron 13.100 kilómetros cuadrados; esto se debe prácticamente a factores de presión como: los incendios, la apertura de caminos y carreteras que es el comienzo de nuevos factores (Martino, 2007).

2.3 Deforestación en el Ecuador

En nuestro país se ha estimado que se pierde 198000 ha de bosque nativo al año, sin embargo, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) muestra una tasa de deforestación equivalente a 77600 ha por año para el periodo 2000-2008 (MAE, 2012), una cantidad elevada si se considera que el PIB forestal contribuyó tan solo el 2.3% al PIB del país en el 2010 (Viteri, 2010). Una de las principales causas de deforestación en Ecuador es la expansión continua de la frontera agrícola, seguida de la tala ilegal, explotación de petróleo y subsecuente colonización especialmente en la Amazonía. Se considera una preocupación nacional, dado que el sector forestal ocupó en el 2001 el 8% de la población económicamente activa, es necesario manifestar mecanismos como estrategias adecuadas para el combate al cambio climático (Viteri, 2010).

2.4 Parámetros físicos del Suelo

En la calidad del suelo tener un mantenimiento es indispensable para lograr un ambiente sostenible, por lo que es preciso una correcta selección de indicadores de calidad que ofrezcan una rápida respuesta al cambio, es por ello que los indicadores físicos del suelo se han tomado en cuenta en estudios de evaluaciones de la calidad del suelo como un mecanismo que refleja las propiedades que tiene el suelo para aceptar, retener y suministrar agua a las plantas. Del mismo modo dependiendo de sus condiciones pueden limitar el crecimiento de las raíces, la emergencia de plántulas, la infiltración y el movimiento del agua dentro del perfil (Navarrete., *et al* 2011).

La evaluación de la calidad del suelo es un proceso de aprendizaje de la dinámica que muestran las propiedades edáficas que existen en los suelos. Se

debe escoger indicadores que proporcionen información útil para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre la funcionalidad del suelo durante un período de tiempo (Navarrete., *et al* 2011). Se ha indicado, además; que dependiendo del tipo de funcionalidad de las propiedades escogidas para medir la calidad del suelo pueden variar, por eso se ha reunido en cuatro grupos los atributos que pueden ser utilizados como indicadores de calidad de suelo en indicadores: físicos, químicos, biológicos y cualitativos (Nortcliff., 2002; Etchevers., *et al* 2009).

Los indicadores que se utilizan comúnmente son las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, de acuerdo con ello; los indicadores de calidad del suelo deben cumplir con las siguientes condiciones (Etchevers., *et al* 2009):

- Factibles de medir.
- Que midan los cambios en las funciones del suelo.
- Que abarquen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Sean accesibles a los evaluadores y aplicables en condiciones de campo.
- Que sean sensibles a las variaciones climáticas y de manejo.

Asimismo, los indicadores de calidad del suelo deben permitir examinar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa, identificando los puntos críticos respecto de su sustentabilidad y prever los impactos de una intervención y minimizarlos (Etchevers., *et al* 2009).

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de los diferentes usos a los que el hombre los sujeta. El estado

físico de un suelo, determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la aireación, la disposición para la penetración de las raíces, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Es necesario para las personas implicadas en el manejo del suelo, conocer las propiedades físicas del suelo para saber o entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y entender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks., *et al* 2004).

2.5 Variables Estudiadas

2.5.1 Densidad Aparente

La densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal y como se encuentra en su empalzamamiento natural, incluido el espacio poroso.

La densidad aparente es una propiedad dinámica, que varía dependiendo las condiciones estructurales del suelo. Dicho grado de estructuración del suelo puede cambiar por situaciones de manejo, como el paso de maquinaria u otras labores agrícolas, también sirve como un indicador del grado de compactación que tiene el suelo, y su restricción relativa al desarrollo de las raíces de las plantas. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según

la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate (Andrade., *et al* 2013).

Los valores de referencia de densidad aparente son los siguientes:

Tabla 1. Densidad aparente valores de referencia

DENSIDAD APARENTE	
Clases estructurales	Da (g/cm³)
Franco arenosa	1.55-1.60
Franco arenosa gruesa y fina	1.50-1.60
Franco arenosa muy fina	1.45-1.55
Franco arcillosa	1.40-1.50
Limo	1.40-1.50
Arcilla Limosa	1.40-1.50

Fuente: (Schargel & Delgado, 1990), modificado por Lesslye Silva, 2015

2.5.2 Conductividad Hidráulica

La conductividad hidráulica (K) describe la facilidad con la cual los poros del suelo permiten el flujo de agua. Cuando el suelo se satura, todos los poros pueden dirigir el agua y la conductibilidad está en su máxima expresión y es representada como K_s , mientras que en condiciones insaturadas o no saturadas es representada como $K(q)$. Esto depende del tamaño, número, orientación, distribución y continuidad de los poros especialmente los de retención, el tamaño de las partículas, tipo de fluido, cantidad relativa de fluido presente en la matriz del suelo. Es por ello que existe una relación cuantitativa entre la conductividad hidráulica y volumen de agua en un suelo que cuente con un alto porcentaje de partículas grandes (arenas), las cuales permitan el paso del agua rápidamente, y suelos que presentan un alto porcentaje de

partículas pequeñas (arcillas) las cuales hacen que el paso del agua sea más lento (Gabriels., *et al* 2014).

Se presentan valores de conductividad hidráulica saturada para diferentes texturas.

Tabla 2. Conductividad hidráulica valores de referencia

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA	
Clases estructurales	Ks (cm.h⁻¹)
Arenosa	62.5
Franco arenosa	12.5
Franco limosa	2.5
Franca	2.5
Franco arcilloso arenosa	2.3
Arcilla arenosa	0.8
Arcilla Limosa	0.4

Fuente: (Clapp & Homberger, 1978), modificado por Lesslye Silva, 2015

2.5.3 Porosidad Total

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen de un suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2015).

La porosidad del tope de suelo típicamente decrece con el aumento de la granulometría. Esto corresponde a la formación de agregados de suelo en suelo más finamente de superficies texturadas cuando son sujetos de los

procesos biológicos de suelo. La agregación incluye la adhesión de partículas, y la más alta resistencia a la compactación. Es por ello que para la porosidad del suelo se debe considerar la densidad aparente. Una densidad aparente de un suelo arenoso está entre 1,5- 1,7 g/cm³. Esto calcula su porosidad entre 0,43-0,36. Una densidad aparente de un suelo arcilloso es de 1,1- 1,3 g/cm³, dando una porosidad de 0,58-0,51. Así se puede ir entendiendo por qué los suelos arcillosos son más pesados, implicando menor porosidad.

Valores de referencia según la clase estructural del suelo:

Tabla 3. Porosidad Total valores de referencia

POROSIDAD	
Clases estructurales	%
Arena	43.7
Arena franca	43.7
Franco arenosa	45.3
Franca	46.3
Franco limosa	50.1
Franco arcillo arenosa	39.8
Arcillo Limosa	47.9
Arcillo arenosa	43
Arcilla	47.9

Fuente: (Rawls, *et al* 1992) modificado por Lesslye Silva, 2015.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente estudio se realizó en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) ubicado, en la Provincia de Napo, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Parroquia Carlos Julio Arosemena Tola, en el kilómetro 44 de la vía Puyo – Tena; su altitud es de 580 a 1120 m.s.n.m. (CIPCA, 2012).

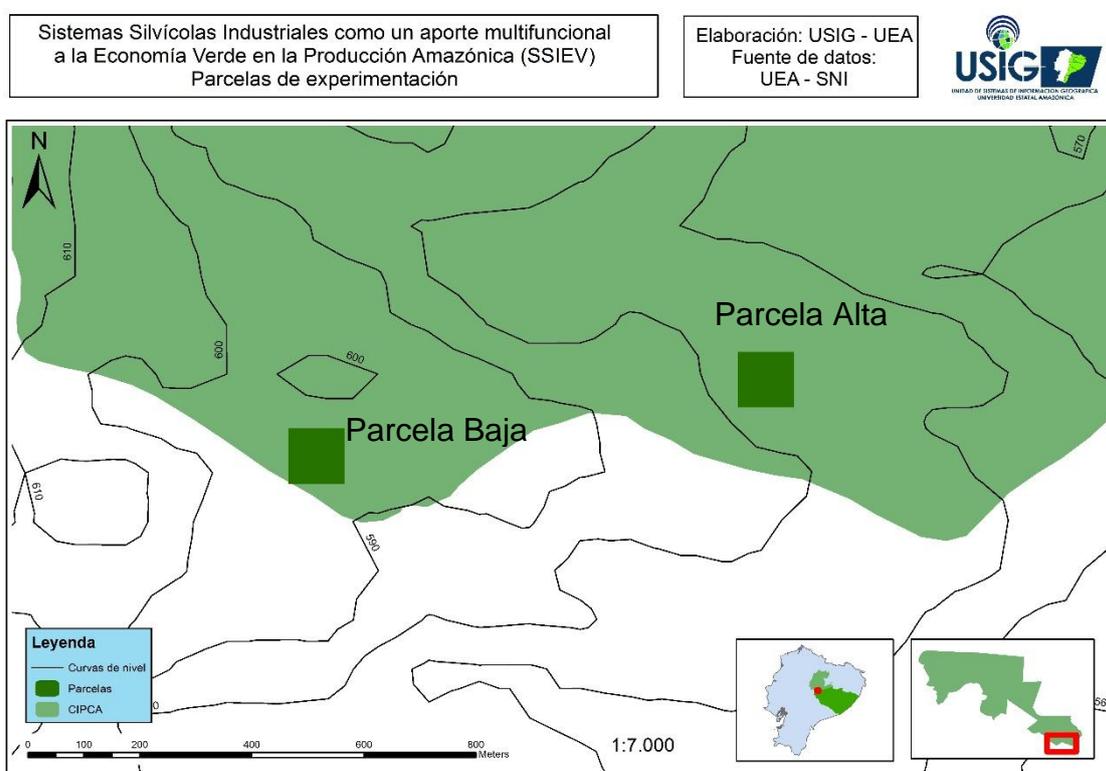


Imagen 1. Parcelas del proyecto SSIEV, CIPCA, UEA

Fuente: Modificado de Ríos, P., 2014. Elaborado USIG-UEA

3.1.1 Duración del experimento

El análisis de datos de los parámetros físicos establecidos como variables tuvo una duración dentro del proyecto SSIEV de 1 año, dentro de los cuales esta considerado el trabajo de campo y análisis en el laboratorio.

3.2 Condiciones meteorológicas

De acuerdo a los datos encontrados del Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Parroquia Carlos Julio Arosemena Tola se encuentra a una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación anual media anual que varía de 1000 a 4000 mm, con una humedad relativa del 77%. De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge corresponde al clima sub tropical lluvioso; mientras que el mapa de clasificación bioclimática y ecológica de Ecuador, de Cañadas lo describe como una formación de selva pluvial amazónica, formada por un bosque Pluvial Pre Montano (López, 2012; AME, 2012).

3.3 Materiales y equipos

Materiales

- 200 Cilindros de 5cm de diámetro y 5 cm de altura
- 1 Barreno tipo Uhland
- 1 Barreno Profiler
- 1 Machete
- 4 cajas de papel aluminio
- 3 Marcadores permanentes
- 3 fundas plásticas
- 1 Espátula
- 5 Bandejas
- Mesa de Tensión (4 baldes de 3 litros)
- 1 Manguera de goma de 0,5 cm de diámetro y 100 cm de alto
- 2 Vaso de precipitación de 100ml
- 90 banditas de goma

- 1 Cuaderno
- 2 Lápiz
- 1 Pala
- 3 Lt Agua destilada
- 5 Lt Agua
- 90 recortes de malla de liencillo
- 10 embudos
- 1 fiola
- Pera de succión y Pipeta
- 90 recortes de boyas de bicicleta para unir las extensiones del cilindro

Equipos

- 1 Balanza analítica
- 1 Estufa
- 1 Plato de Porcelana

3.4 Factores de estudio

En el presente estudio tuvo como:

Variables dependientes	<ul style="list-style-type: none">• Densidad aparente• Porosidad total• Conductividad hidráulica
Variables independientes	<ul style="list-style-type: none">• Clima• Ubicación (La parcela alta está ubicada a unos 150 m en línea recta del río Piatua y la Parcela baja a unos 10 m del río Piatua; haciendo que el tipo de suelo parezca diferente a simple vista)• Profundidad (de 0 a 60 cm) en las parcelas alta y baja

3.5 Diseño experimental

En la investigación del trabajo de campo se establecieron 2 parcelas (Alta y Baja) de 500 m² en el cual se hizo bloques completos al azar donde se implementaron 2 especies de plantas silvícolas *Myroxylon balsamum* (bálsamo) y *Ocotea quixos* (ishpingo); estableciendo 3 tratamientos (tabla 1), con sus 3 respectivos bloques como se muestran en los siguientes gráficos (Rios, 2014):

T1	T2	T3
(<i>Ocotea quixos</i>)	(<i>Myroxylon balsamum</i>)	(Asocio de <i>M. balsamum</i> y <i>O. quixos</i> 50%50%)

Tabla 4. Tratamientos de las parcelas alta y baja

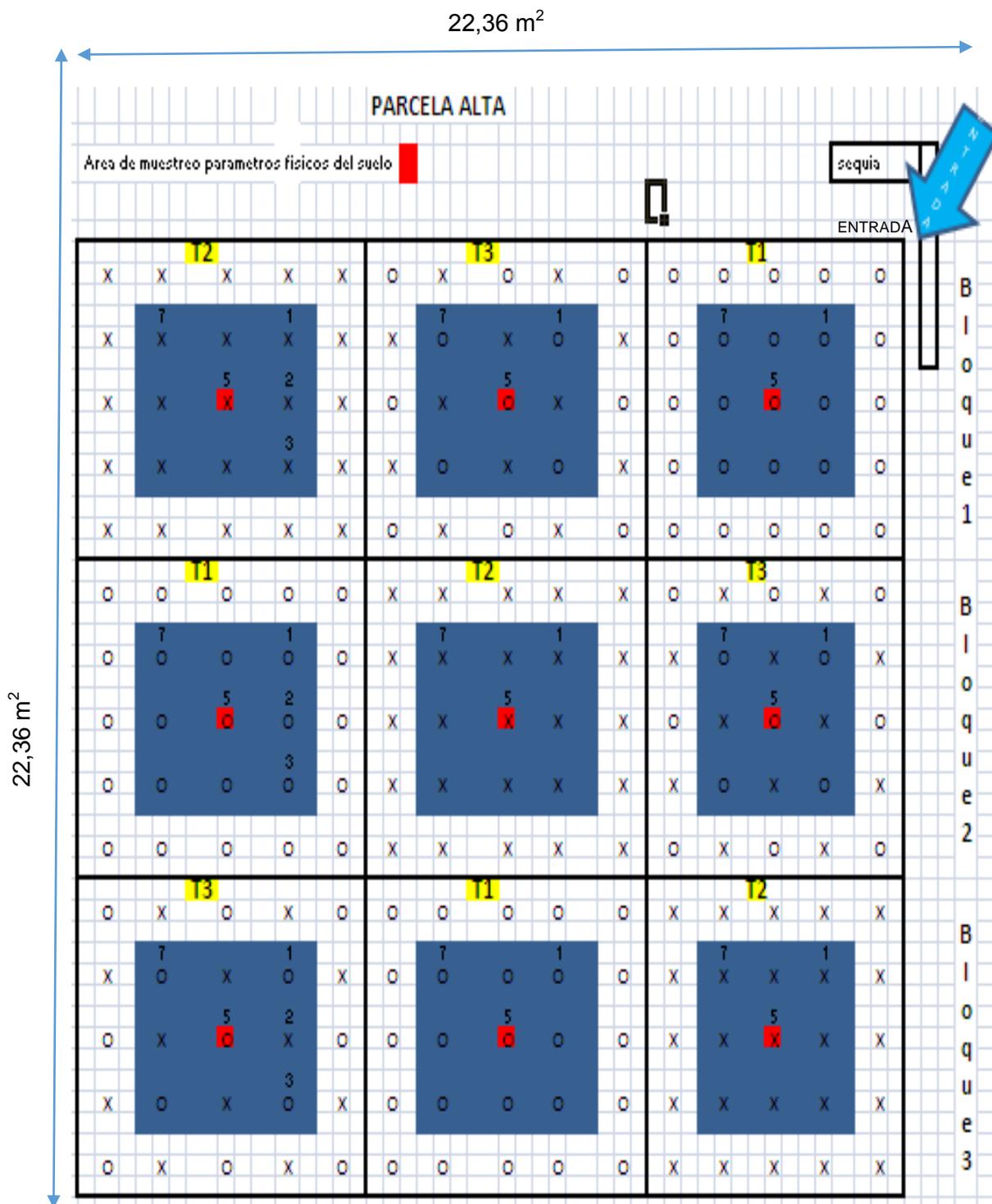


Imagen 2. Parcela Alta de experimentación establecida dentro del Jardín Botánico en el CIPCA. X = *Myroxylon balsamum*; O = *Ocotea quixos*; ■ = área de muestreo de parámetros físicos del Suelo, T1= plantas de *Ocotea quixos*, T2= plantas de *Myroxylon balsamum*, T3= Asocio de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum*.

Fuente: Modificado de Rios, 2014

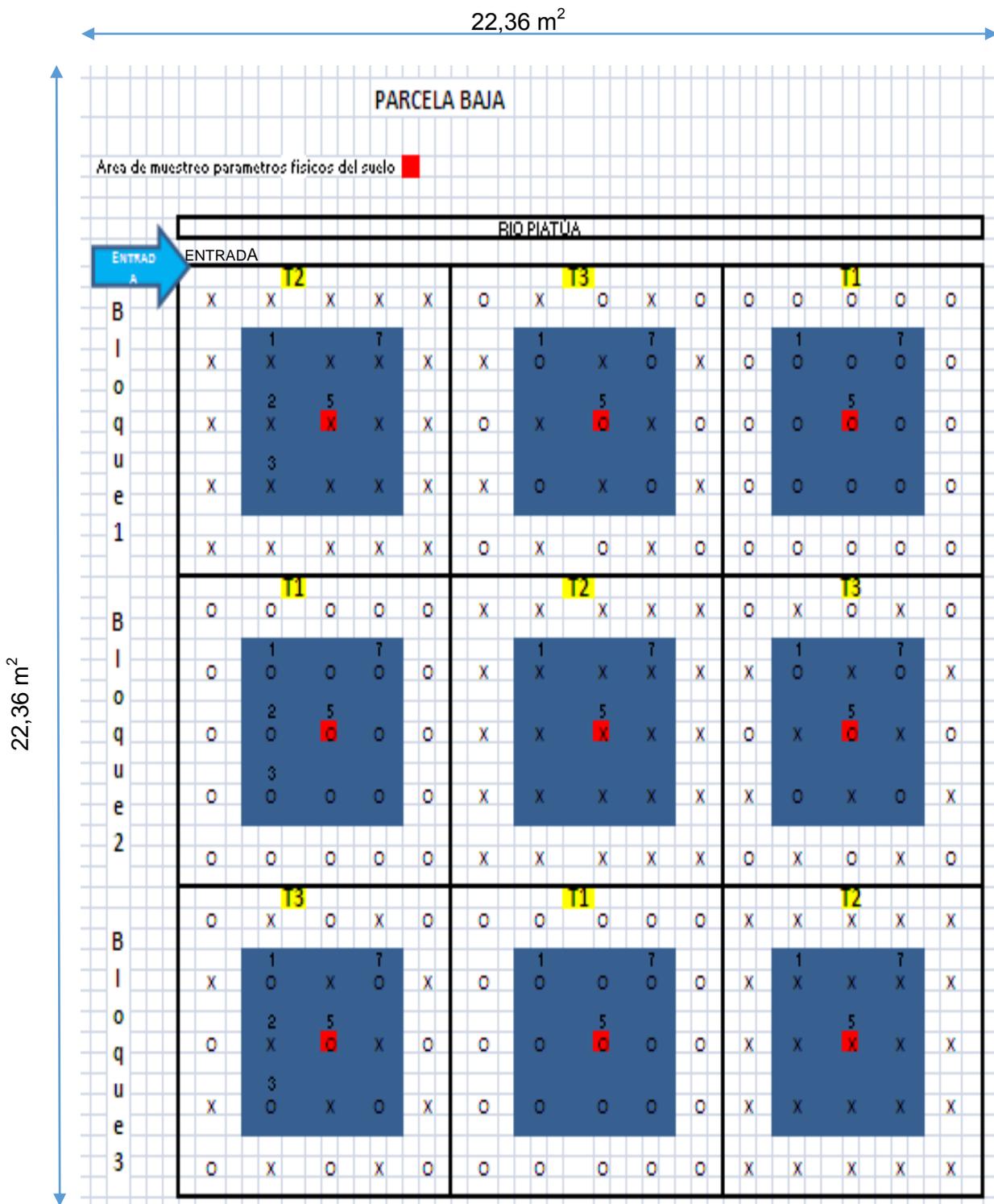


Imagen 3. Parcela Baja de experimentación establecida dentro del Jardín Botánico en el CIPCA. X = *Myroxylon balsamum*; O = *Ocotea quixos*; ■ = área de muestreo de parámetros físicos del Suelo, T1= plantas de *Ocotea quixos*, T2= plantas de *Myroxylon balsamum*, T3= Asocio de *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum*.

Fuente: Modificado de Rios, 2014

3.6 Mediciones experimentales

Durante el estudio se midió las siguientes variables:

La conductividad hidráulica saturada que es un parámetro físico del suelo que interviene en todos aquellos procesos relacionados con el movimiento de agua y solutos a través del mismo. Su unidad de medida es $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$.

La densidad de volumen o densidad aparente que se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, el espacio poroso. Su unidad de medida es g/cm^3 .

La porosidad se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Su unidad de medida es en porcentaje (%).

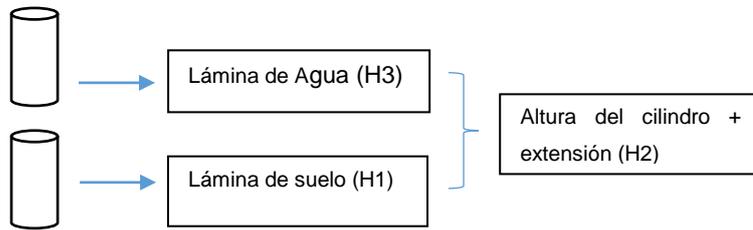
Porosidad de aireación es cuando el agua gravitacional es drenada, la macroporosidad es totalmente llenada de aire. Su unidad de medida es en porcentaje (%).

Porosidad de retención es cuando el agua gravitacional se ha drenado, la microporosidad permanece con agua, que sólo puede ser eliminado del suelo por evaporación o por las plantas. Su unidad de medida es en porcentaje (%).

Capacidad de campo es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice. Su unidad de medida es en porcentaje (%).

3.6.1 Fórmulas

Conductividad Hidráulica



$$K_{sa} (\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}) = (H1 / \Delta t) * \text{Ln} (H2/H3)$$

$$A = \text{Pi} * r^2 \quad r = \text{la mitad del diámetro del cilindro} \quad V = (\text{Pi} * r^2) * h$$

$$H3 = V \text{ recogido} / A \text{ del suelo} \quad \Delta t = 24 \text{ h}$$

Densidad Aparente

$$D_n (\text{g/cm}^3) = \text{Masa del suelo seco (peso seco)} / V$$

$$V = (\text{Pi} * r^2) * h$$

Porosidad Total

$$PT (\%) = ((c+d) / V) * 100$$

c= peso aluminio + peso lienzo + cilindro

d= peso seco

Porosidad de aireación

$$Pa = (a-b/V) * 100$$

a= peso 4 horas

b=48 horas

V= volumen del suelo en el cilindro

Porosidad de retención

$$Pr = PT - Pa$$

PT= Porosidad total

Pa= Porosidad de aireación

Capacidad De Campo

$$CC (\%) = ((\text{Peso suelo Húmedo} - \text{Peso Suelo Seco}) / \text{Peso Suelo Seco}) * 100$$

$$b = 48 h - c$$

3.7 Manejo del experimento

Para cumplir con los objetivos específicos el muestreo del suelo se lo realizó *in situ* en medio de los tratamientos que tuvo como variables las profundidades (estratos) donde se tomaron las muestras de suelo 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, con el barreno tipo Uhland y de 30-60 cm se utilizó el barreno Profiler en las 2 parcelas alta y baja.

La toma de muestra se lo realizó una única vez en las parcelas que contienen plantas de *Myroxylon balsamum* (bálsamo) y *Ocotea quixos* (ishpingo).

La preparación de muestras en los 2 tipos de suelo (parcela alta y baja) se realizó de la siguiente manera:

- En el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) se tomaron las muestras con el Barreno Tipo Uhland y con el Barreno Tipo Profiler. (Anexo 1)

- Una vez que se obtuvo los cilindros de suelo en el campo, estos fueron trasladados al laboratorio para su preparación. (Anexo 2)
- En el laboratorio, con una espátula se les retiro el suelo en exceso para ajustarlas al tamaño del cilindro, teniendo cuidado de no sellar las superficies. (Anexo 3)
- En el extremo inferior se colocó a cada cilindro una cubierta de liencillo amarrada con una bandita de goma. (Anexo 4)
- Los cilindros así preparados se pusieron a saturar por capilaridad en una bandeja, sobre un soporte o anillo de manera que se selle el fondo del cilindro. El agua en la bandeja debe alcanzar 1 cm por encima del fondo del cilindro.(Anexo 4)
- Una vez que los cilindros de suelo se saturaron con agua (lo cual se comprueba por el aspecto brillante de la superficie superior), los cilindros se utilizaron para la medición de la conductividad hidráulica.
- Para la prueba de conductividad hidráulica (k_{sat}) por carga variable se les coloco a los cilindros una extensión de 5 cm de altura en la parte superior ajustada con una goma. Para este proceso se les coloco un cilindro sobre un soporte o malla para evitar el contacto del borde inferior con el fondo de la bandeja. (Anexo 5)
- Los cilindros con la extensión se colocó sobre una fiola que contenga un embudo y se le agrego agua hasta llenar la extensión.
- Una vez que comenzó a salir agua por la parte inferior del cilindro, se comenzó a contar el tiempo que se tarda en filtrar toda el agua contenida en la extensión. Se anotó el tiempo exacto requerido para ello.

- La prueba se puede prolongar hasta las 24 h; después de transcurrido este periodo si no hay infiltración toda el agua contenida en la extensión se mide el volumen recogido hasta ese momento dando por terminada la determinación.
- Luego de la prueba se retiró el exceso de agua a los cilindros con una pera de succión, se colocó en un plato de porcelana previamente saturado a través de una manguera conectada a un frasco nivelador colocado unos 10 cm por encima de la superficie del plato. (Anexo 6)
- Se hizo una presión para establecer un íntimo contacto entre el suelo, la malla de liencillo y el plato de porcelana. Se debe lograr que la humedad dentro del cilindro se equilibre nuevamente a punto de saturación, lo cual se logra en 3 a 4 horas.
- Luego de este periodo se pesó los cilindros saturados(a) y se volvió a colocar de la misma forma sobre el plato de porcelana y estos se colocaron en la mesa de tensión. Luego se bajó el frasco nivelador a una altura que el nivel de agua en el frasco se mantenga 100 cm por debajo del nivel del plato, lo que provoca una succión de 10 kPa en el suelo que se encuentre en la parte central de los cilindros, al mismo tiempo mantiene saturada la zona por debajo del plato y se colocó una funda para tapar la mesa de tensión dejando siempre una entrada de aire para mantener la presión atmosférica.
- Pasadas las 48 horas se alcanzó el equilibrio y se procedió a pesar nuevamente los cilindros hasta obtener peso constante (b) generalmente es necesario realizar varias pesadas.

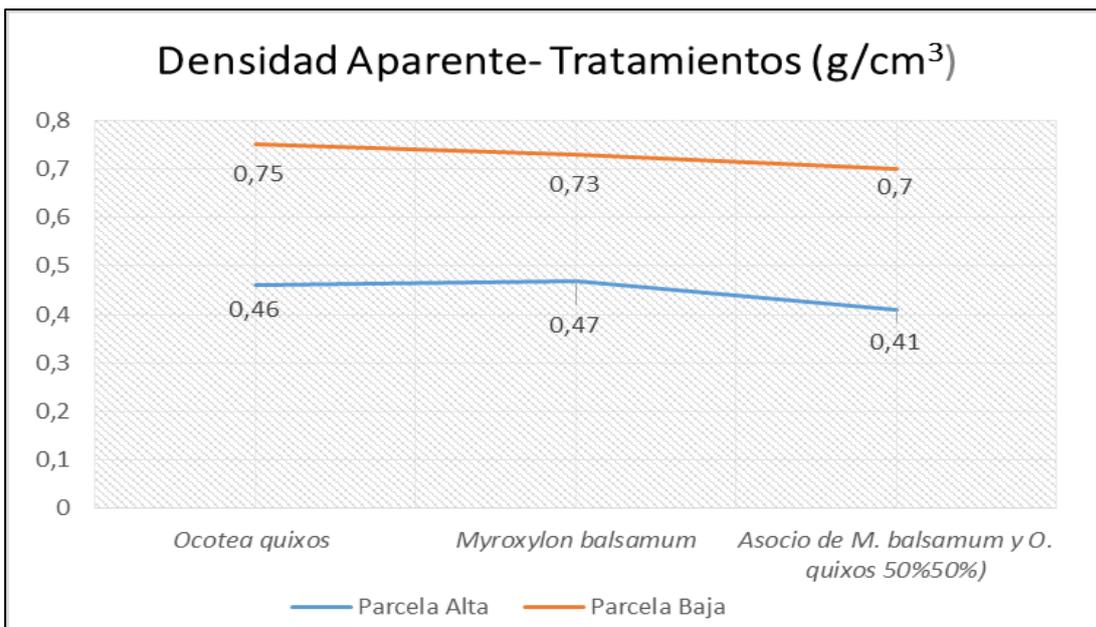
- Alcanzado este peso se removió el liencillo, la banda de goma y el cilindro de metal (c), esto último presionándolo por la parte superior con un envase plástico de diámetro ligeramente inferior al interno del cilindro de metal. (Anexo 7)
- Los cilindros de suelo sin su cubierta se colocaron en una bandeja pequeña hecha de papel aluminio (previamente pesada) y se secaron en la estufa a 105°C por 24 horas y se tomó el peso seco (d).
- Se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey para determinar el impacto que tiene los parámetros físicos en los tratamientos y los diferentes estratos (profundidades) sobre las propiedades de los suelos evaluados usando el programa Infostat (versión1.1). Los sistemas de manejo fueron comparados entre sí para cada profundidad de manera independiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de parámetros físicos en los diferentes tratamientos de las parcelas silvícolas

Los análisis se hicieron por separado para los diferentes tipos de suelo, a fin de tener claras las diferencias existentes, debido a que no se pueden combinar los resultados a causa de su naturaleza.

Los tratamientos (tabla1) se evaluaron en un solo conglomerado con datos que van de 0-60cm para evaluar la eficacia de los bloques. Posteriormente se tendrá una sección en la cual se evalúa los valores por cada profundidad analizada.



	MEDIAS				MEDIAS		
TRATAMIENTO	Parcela Alta			TRATAMIENTO	Parcela Baja		
T1=Ocotea quixos	0,46		b	T1=Ocotea quixos	0,75		
T2=Myroxylon balsamum	0,47		b	T2=Myroxylon balsamum	0,73		
T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	0,41	a		T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	0,7		
Promedio	0,45			Promedio	0,72		
EE=	0,009			EE=	0,04		
Sig.	0,0003	**		Sig.	0,5618		N.S

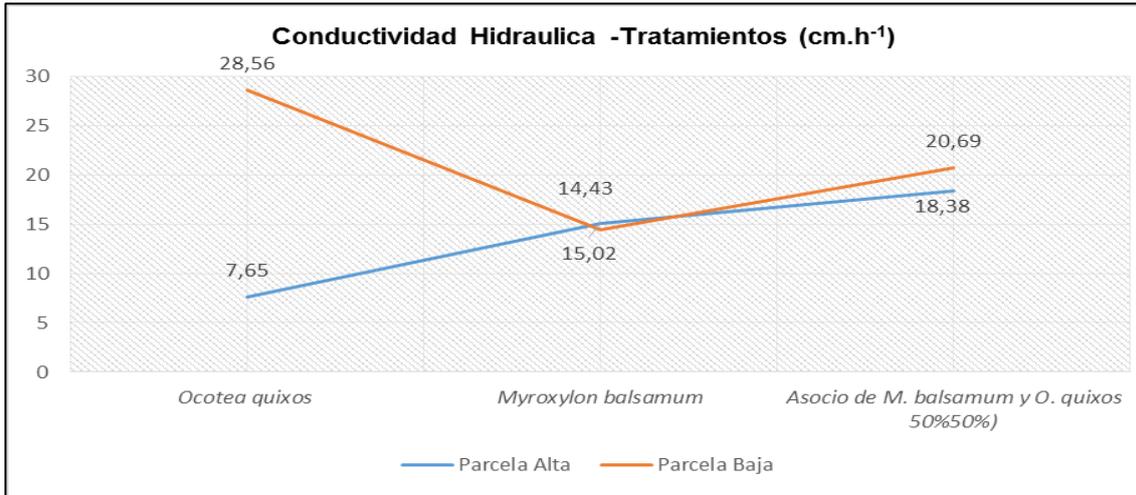
Figura 1: Densidad aparente como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos

**; Significación al 1% *; Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de densidad aparente en la parcela alta, el tratamiento T3 es el que posee menor densidad de 0,41 g/cm³ y en la parcela baja el de menor densidad es el tratamiento T3 con 0,70 g/cm³. En la figura 1 se puede apreciar que existen 2 grupos de medias indicando diferencias significativas al 1% que existe entre los tratamientos. En la parcela alta se observa un promedio de 0,45 g/cm³; y en la parcela baja el promedio es de 0,72 g/cm³ que no muestra diferencias significativas. Los suelos estudiados presentan diferentes valores de densidad aparente; en la parcela alta se obtuvo en todos

los tratamientos (Tabla 1) un promedio de $0,45 \text{ g/cm}^3$, en la parcela baja se obtuvo un promedio de $0,72 \text{ g/cm}^3$ (Figura 1); de acuerdo a los estudios realizados en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) se refleja que los tipos de suelo en estudio corresponden a un suelo franco arenoso es por ello que los datos de densidad aparente no sobrepasan el valor de referencia para suelos franco arenosos de $1.55\text{-}1.60 \text{ g/cm}^3$ (Schargel & Delgado, 1990), al comparar con estudios realizados en tres suelos franco arenosos de ultisoles del Estado de Monagas, Venezuela utilizando el barreno tipo Uhland se obtuvo un promedio de densidad aparente de $1,59 \text{ g/cm}^3$ estos resultados se debieron a la influencia de factores como la humedad y la textura de los suelos (Hossme & Cedeño, 2012). En otro estudio en varios suelos de selva perennifolia en estado natural en México, se encontró a una profundidad de (0-10) un valor de $1.02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; estos valores, se asume que tienen un aporte significativo de materia orgánica considerando que este suelo orgánico es arcilloso donde se tiene un valor de referencia de $1,35\text{-}1,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Schargel & Delgado, 1990). Por otro lado se indica que todos los suelos de la selva cambian su densidad aparente debido a la utilización o mecanización que se les da; también, las superficies de suelos tropicales que estén bajo vegetación natural conservan densidades óptimas; determinándose que al no pasar el valor de referencia (Schargel & Delgado, 1990) de densidad aparente para suelos de este tipo no se alteran los cambios en la capacidad de contracción del suelo ni cambios en la porosidad y de conducir agua; obteniendo una excelente calidad de suelo para cultivos dependiendo del uso que se le dé (Sánchez., *et al* 2003). En el estudio, se ha determinado una diferencia notable en la densidad aparente entre la parcela alta de la baja para todos los

tratamientos en estudio al tener valores inferiores a 1 esto se puede deber al contenido de materia orgánica que tiene el suelo en la parcela alta de 12,33 % (Tabla 5). Según datos realizados en la estación Santa Catalina del INIAP.



	MEDIAS			MEDIAS		
TRATAMIENTO	Parcela Alta		TRATAMIENTO	Parcela Baja		
T1=Ocotea quixos	7,65		T1=Ocotea quixos	28,56		
T2=Myroxylon balsamum	15,02		T2=Myroxylon balsamum	14,43		
T3=Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	18,38		T3=Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	20,69		
Promedio	13,68		Promedio	21,22		
EE=	5,33		EE=	1,37		
Sig	0,3593	N.S	Sig	0,583	N.S	

Figura 2. Conductividad Hidráulica como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos

**; Significación al 1% *; Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de conductividad hidráulica en la parcela alta el de menor valor corresponde a 7.65 cm.h⁻¹ en el tratamiento T1 y en la parcela baja el de menor valor corresponde al T2, equivalente a 14,43 cm.h⁻¹. En la figura 2 se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. En la parcela alta se observa un promedio de 13,68 cm.h⁻¹ inferior a la parcela baja donde se observó un promedio de 21,22 cm.h⁻¹. En la conductividad hidráulica, la parcela alta obtuvo un promedio de 13,68 cm.h⁻¹, y un promedio de 21,23 cm.h⁻¹ para la parcela baja (Figura 2); esto refleja que pasan el valor de referencia para suelos franco arenosos de 12.5 cm.h⁻¹ (Clapp & Homberger,

1978). Al comparar los datos con estudios realizados en monolitos de suelo de clase estructural franco arenosos (sección vertical extraída del suelo en un bloque) de Chile central se tuvo una conductividad hidráulica de $9,11 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ debido a que se tuvo una refracción en el flujo de agua (Casanova., *et al* 2009). En otros estudios realizados en Venezuela en suelo arcilloso bajo bosque natural se obtuvieron valores $0,65 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ y $0,34 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ en profundidades de (0-10) y (10-20); estos valores obtenidos se debieron a las propiedades naturales del suelo; además los suelos de sistemas de producción estudiados en Venezuela (ají dulce) tuvieron valores de conductividad hidráulica $0,71$ y $0,28 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ debido a que se incorporó materia orgánica con gallinaza (Jaurixje., *et al* 2013). Al mirar los resultados del estudio la conductividad hidráulica tiene un valor promedio de $13,68 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ y un promedio de $21,23 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$, los suelos estudiados presentan grandes cantidades de limo y contenido de materia orgánica de $10,43\%$; debido a que los valores sobrepasan al valor de referencia ($12,5 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$) del suelo se entiende que la conductividad hidráulica en los suelos es de manera correcta, teniendo una infiltración de agua adecuada permitiendo que las raíces de las plantas se desarrollen de mejor manera.

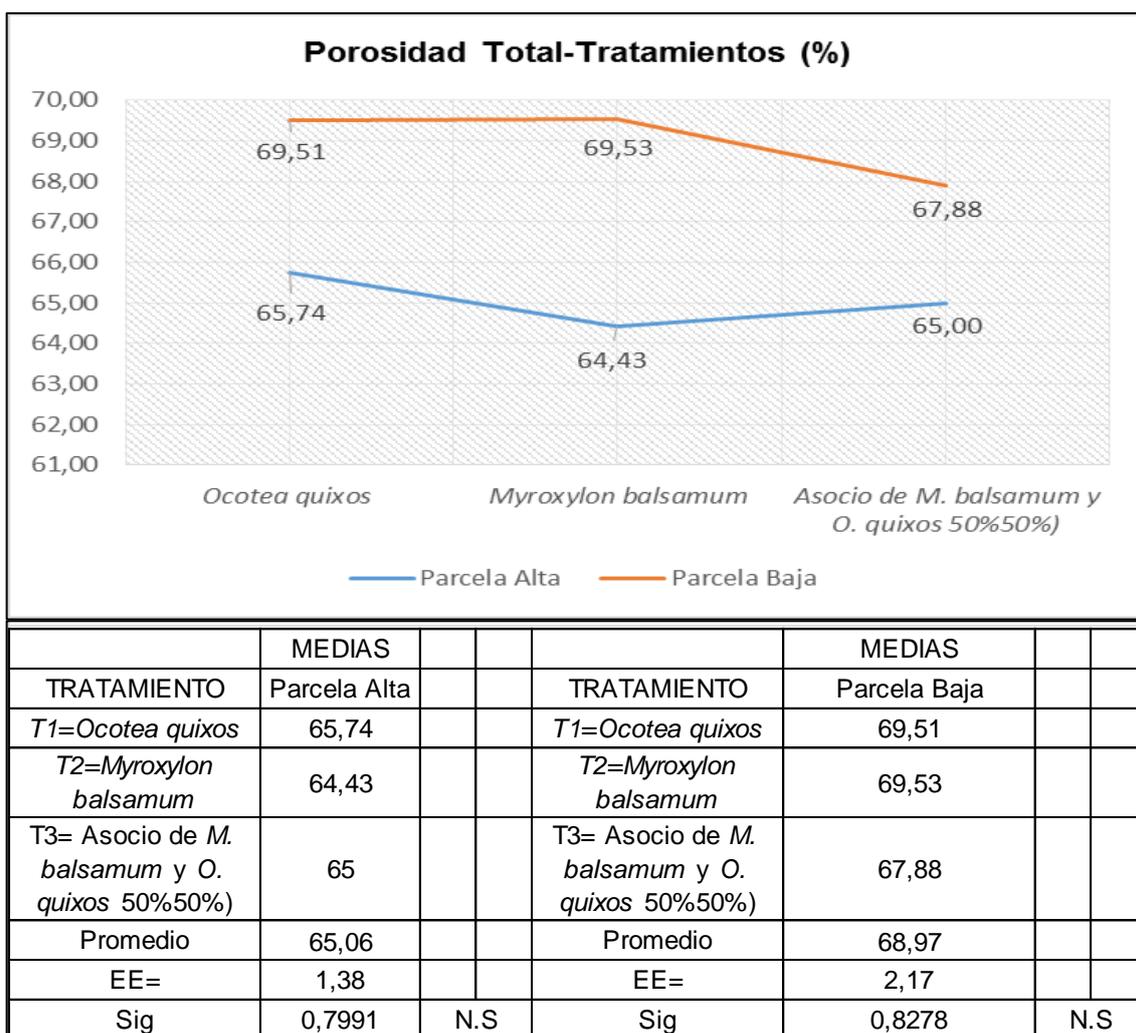
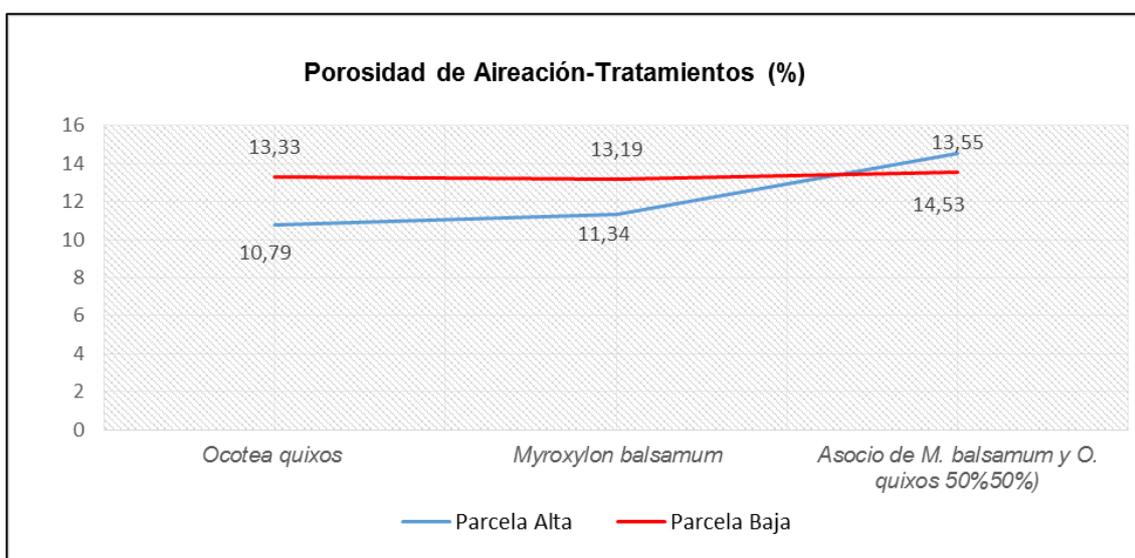


Figura 3. Porosidad Total como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) –Tratamientos

**; Significación al 1% *; Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de porosidad total en la parcela alta el que posee menor valor de porosidad total es el tratamiento T2 con 64,43% y en la parcela baja el que posee un valor menor es el tratamiento T1 con 69,51% mayor que en la anterior. En la figura 3 se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, en la parcela alta se observa un promedio de 65,06% y en la en la parcela baja se observa un promedio de 68,97%. En la porosidad total, para la parcela alta obtuvimos en los tratamientos un promedio de 65,06% y en la parcela baja un promedio de 68,98% (Figura 3); en la cual

se puede sentir al tacto mucha arena, las mismas que sobrepasan el valor de referencia para porosidad total que es de 45,3% (Rucks., *et al* 2004), estos resultados fueron mayores que los obtenidos en los lomeríos del Departamento de Caquetá en el centro de Investigaciones Amazónicas en Colombia: aquí, para un sistema agroforestal y suelos con cobertura de regeneración natural respectivamente se establecieron promedios de 57,67% y 60,24% respectivamente; esto se debió a que se colocó hojarascas en los sistemas agroforestales y en suelos con cobertura de regeneración natural se añadió materia orgánica (Rosas., *et al* 2012). En otro estudio realizado en el antiplano de Pasto, Colombia en un suelo franco con 7 siete sistemas productivos; se presento una porosidad total de 64,62% este resultado se atribuyó al efecto benéfico que tienen las raíces de los árboles que presentaron los diferentes tratamientos siendo de gran importancia mencionar que la cobertura incrementa la capacidad de infiltración y el almacenamiento del agua de lluvia ayudando a mejorar la porosidad y estructura del suelo por causa de la raíces y la materia orgánica (Aguirre., *et al* 2010). Según Quiroga & Bono (2012) se ha demostrado que pequeños cambios en la materia orgánica alteran significativamente el funcionamiento del sistema poroso y por ende las características propias del suelo. Al ver los resultados del estudio se demuestra que la porosidad total tuvo valores mas altos en las parcelas, el contenido de materia orgánica que presentan las dos parcelas dio un promedio de 10,43%(Tabla5) que no alteró dicho parámetro; los valores sobrepasaron el valor de referencia demostrando que la porosidad total en el suelo es adecuada beneficiando el ingreso de agua y la retención de humedad.



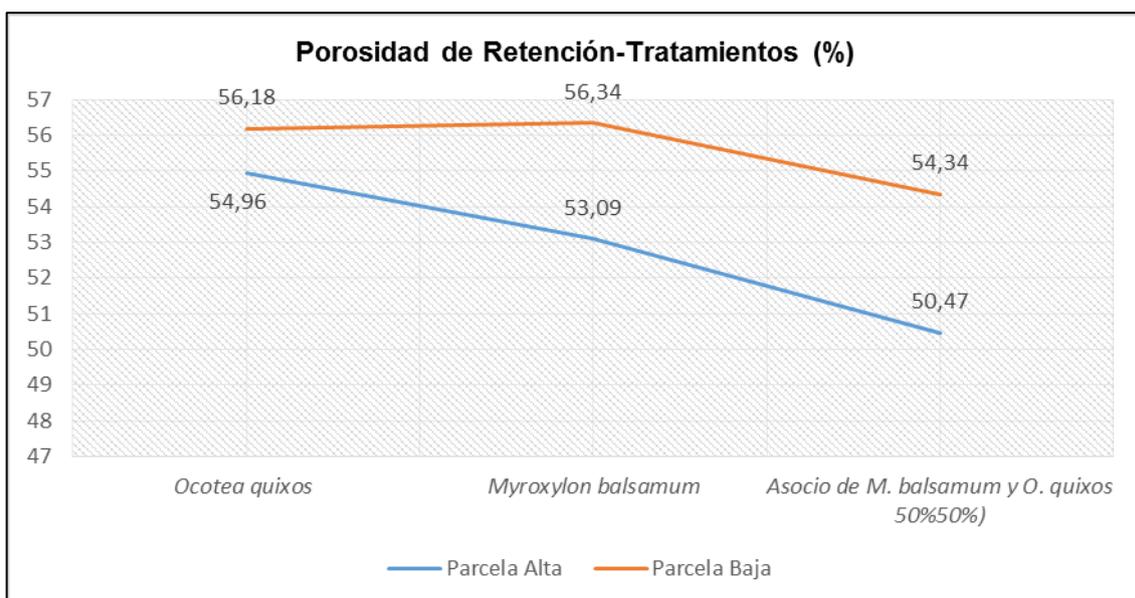
	MEDIAS				MEDIAS		
TRATAMIENTO	Parcela Alta			TRATAMIENTO	Parcela Baja		
T1=Ocotea quixos	10,79	a		T1=Ocotea quixos	13,33		
T2=Myroxylon balsamum	11,34	a	b	T2=Myroxylon balsamum	13,19		
T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	14,53		b	T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	13,55		
Promedio	12,22			Promedio	13,35		
EE=	0,96			EE=	1,1		
Sig	0,0211		*	Sig	0,9731		N.S

Figura 4. Porosidad de Aireación como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de porosidad aireación en la parcela alta el que posee una menor porosidad es el tratamiento T1 con 10,79%, mientras que en la parcela baja el de menor valor es el tratamiento T2 con 13,19% mayor que en la anterior. En la figura 4 se puede apreciar 2 grupos de medias indicando las diferencias significativas al 1% entre los tratamientos, se observa un promedio de 12,22%; y en la parcela baja un promedio de 13,35%. En porosidad de aireación en la parcela alta se obtuvo en los tratamientos un promedio de 12,22% mientras en la parcela baja se observa un promedio de 13,35% (Figura

4). Los valores obtenidos aquí fueron menores que los estudios obtenidos en Mexico, en un sistema agroforestal de la llanura; donde se registraron datos de porosidad de aireación para el 2010 de 22,1% debiéndose a un incremento en la materia orgánica a través de los años que duró el estudio, mismo que en el 2005 poseía una porosidad de aireación de 20,8 % (Murray., *et al*/2011). Al ver los resultados del estudio se obtuvieron promedios de 12,22% y 13,35% en donde se demuestra que se obtuvieron valores relativamente bajos de porosidad de aireación, a pesar de que el contenido es alto de materia orgánica (10,43%) se tiene una porosidad de aireación adecuada, manteniendo el agua y el aire en el suelo permitiendo que se tenga un buen suministro de oxígeno y agua a los cultivos de plantaciones silvícolas. Se determinó una diferencia significativa en la parcela alta esto puede deberse a que en la parcela alta existe materia orgánica de 12,33% (Tabla5) en abundancia lo que da como consecuencia un aumento de la porosidad de aireación.

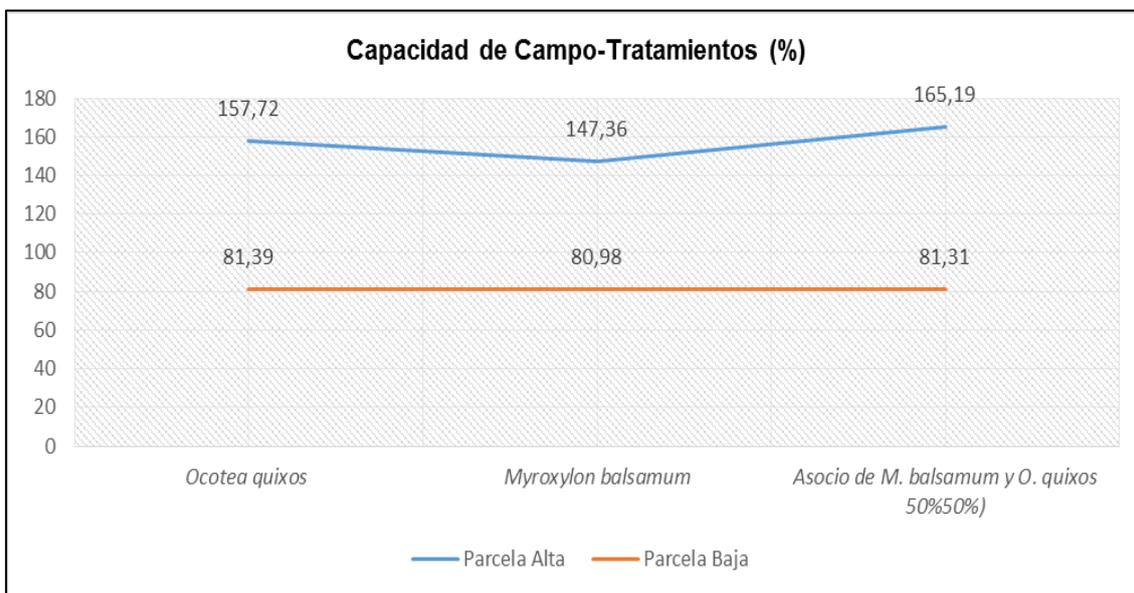


	MEDIAS			MEDIAS	
TRATAMIENTO	Parcela Alta		TRATAMIENTO	Parcela Baja	
T1=Ocotea quixos	54,96		T1=Ocotea quixos	56,18	
T2=Myroxylon balsamum	53,09		T2=Myroxylon balsamum	56,34	
T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	50,47		T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	54,34	
Promedio	52,84		Promedio	55,62	
EE=	1,94		EE=	2,1	
Sig	0,2758	*	Sig	0,7568	N.S

Figura 5: Porosidad de Retención como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) -Tratamientos

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de porosidad de retención en la parcela alta se observó que el tratamiento T3 con 54,34% el que posee menor porosidad de retención, mientras que en la parcela baja el de menor valor de porosidad de retención es el tratamiento T3 con 50,47%. En la figura 5 se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, en la parcela alta se observa un promedio de 52,84%; y en la parcela baja el promedio es de 55,62%. Se puede apreciar que los resultados son debido a que en la parcela baja y alta presentan condiciones ligeras, propias de un de suelo orgánico (alto contenido de materia orgánica) (Julca., et al 2006).



	MEDIAS			MEDIAS	
TRATAMIENTO	Parcela Alta		TRATAMIENTO	Parcela Baja	
T1=Ocotea quixos	157,72	a	T1=Ocotea quixos	81,39	
T2=Myroxylon balsamum	147,36	a	T2=Myroxylon balsamum	80,98	
T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	165,19	b	T3= Asocio de M. balsamum y O. quixos 50%50%)	81,31	
Promedio	156,75		Promedio	81,22	
EE=	4,3		EE=	6,33	
Sig	0,0229	*	Sig	0,9989	N.S

Figura 6. Capacidad de Campo como promedio de todos los estratos analizados (de 0 a 60 cm) –Tratamientos

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de capacidad de campo en la parcela alta se observó que el tratamiento T2 con 147,36% es el que posee menor capacidad de campo, mientras que en la parcela baja que de menor valor es el tratamiento T2 con 80,98%. En la figura 6 existen 2 grupos de medias indicando las diferencias significativas al 5% en los tratamientos, se observa un promedio de 12,22%; y en la parcela baja el promedio es de 81,22%. En la capacidad de campo en la

parcela alta se obtuvo en los tratamientos un promedio de 156,76% y en la parcela baja un promedio de 81,22% (Figura 6). Al comparar estos datos con los estudios realizados en suelos de la subcuenta del río Torjá en Guatemala se obtuvo una capacidad de campo de 67,31 % esto es debido a que el área es una zona semiárida (de poca precipitación y alta evapotranspiración), donde predominan suelos con granulometría de media a gruesa con una cobertura vegetal no frondosa y una dinámica de reciclaje de materia orgánica muy baja (Chicas., *et al* 2014). Al observar la porosidad de aireación se tiene datos bajos demostrando que no afecto la capacidad de campo lo que refleja una buena retención de agua y aire en las parcelas, estos valores relativamente altos pueden atribuirse al contenido de materia orgánica (10,43%) de las parcelas. Se ha determinado una diferencia notable de capacidad de campo entre la parcela alta de la baja; esto se debe a que en la parcela alta hay un contenido mayor de materia orgánica de (12,33%) según los resultados proporcionados por el INIAP (Tabla5). Además alrededor existe mayoritariamente bosque secundario que podría favorecer la formación de materia orgánica, lo cual haría que la capacidad de campo sea mayor en la parcela dando como resultado que se retenga mas cantidad de agua luego de las precipitaciones.

4.2 Análisis de parámetros físicos de suelo por rangos de profundidad en parcelas silvícolas.

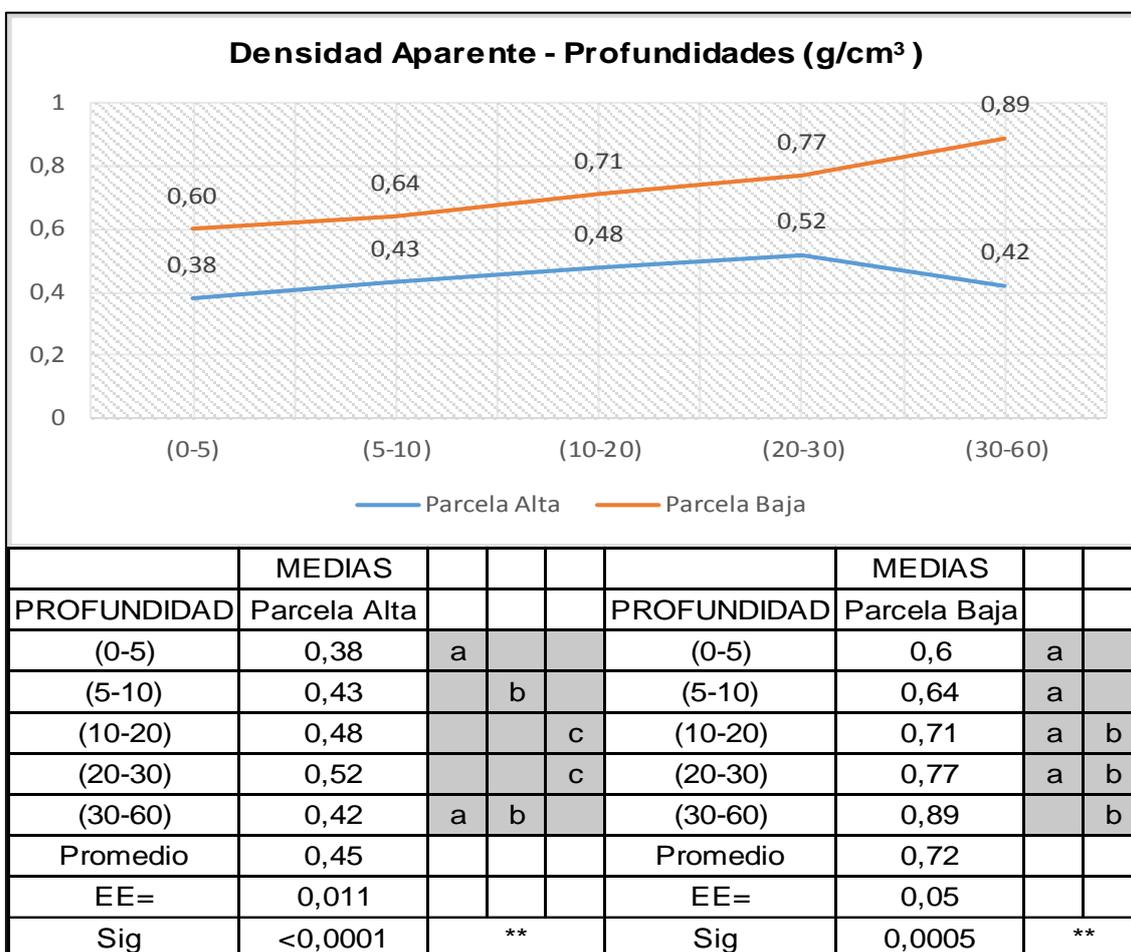
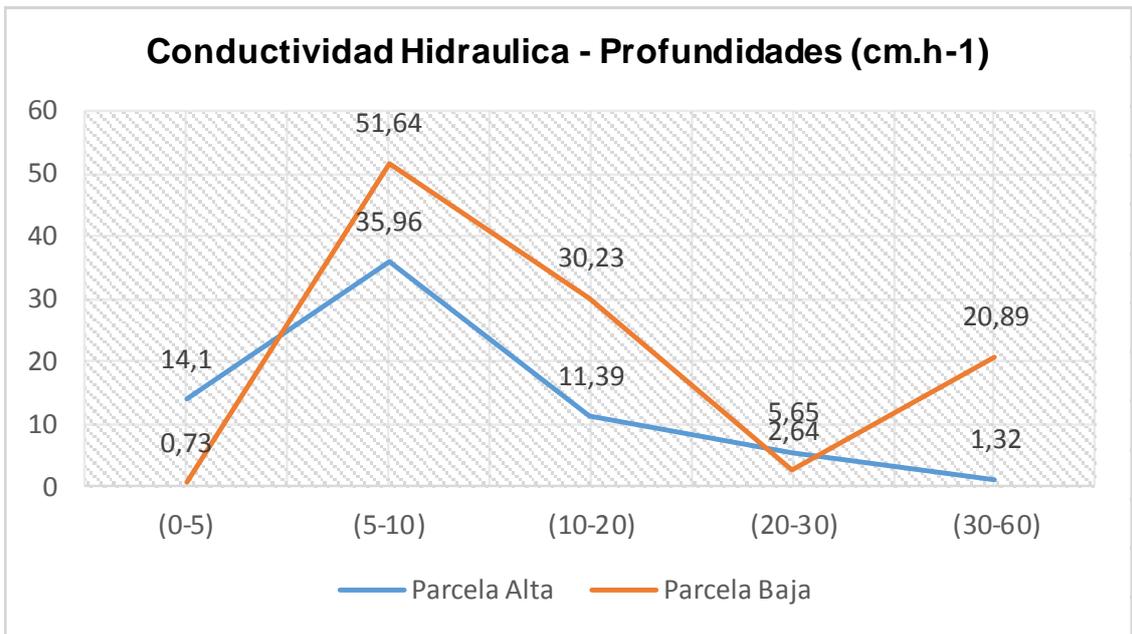


Figura 7. Densidad Aparente como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios de densidad aparente en la parcela alta se observó el que posee menor densidad aparente es la profundidad (0-5) con 0,38 g/cm³ mientras que en la parcela baja se observa que para todas sus profundidades se obtuvo valores de mayor densidad aparente siendo la profundidad (0-5) la de menor valor con de 0,60 g/cm³. En la figura 7 en la parcela alta existen 3 grupos de medias indicando las diferencias significativas al 1% en las distintas profundidades, y en la donde la parcela baja existen 2

grupos de medias indicando una diferencia significativa al 1%, se observa un promedio de $0,45 \text{ g/cm}^3$ para la parcela alta y un promedio de $0,72 \text{ g/cm}^3$ para la parcela baja. En la parcela alta se realizó un análisis general de 0 a 60 cm en cuanto a densidad aparente obtuvimos datos de: (0-5cm) $0,38 \text{ g/cm}^3$, (5-10cm) $0,43 \text{ g/cm}^3$, (10-20cm) $0,48 \text{ g/cm}^3$, (20-30cm) $0,52 \text{ g/cm}^3$, (30-60cm) $0,42 \text{ g/cm}^3$; dando un promedio de (0 a 30cm) $0,45 \text{ g/cm}^3$ para la parcela alta y para la parcela baja (0-5cm) $0,60 \text{ g/cm}^3$, (5-10cm) $0,64 \text{ g/cm}^3$, (10-20cm) $0,71 \text{ g/cm}^3$, (20-30cm) $0,77 \text{ g/cm}^3$, (30-60cm) $0,89 \text{ g/cm}^3$ con un promedio de (0 a 30cm) $0,72 \text{ g/cm}^3$ (Figura 7). Con respecto, a los estudios realizados en la estación Santa Catalina del INIAP; se refleja que los tipos de suelo en estudio corresponden a un suelo franco arenoso, por ello los datos promedio de densidad aparente no sobrepasan su valor de referencia de $1.55\text{-}1.60 \text{ g/cm}^3$ (Schargel & Delgado, 1990), al observar estos datos con datos del centro de investigaciones del Macagual en el piedemonte amazónico correspondiente a un bosque tropical lluvioso, se observa que en profundidades de (0-30 cm) se obtuvo un promedio de densidad aparente de 0.95 g/cm^3 , debido al pisoteo de los animales que trae como consecuencia una disminución en el movimiento del agua, una disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo, agua y aire afectando el desarrollo de las raíces (Pinzón & Amézquita, 2012); este valor es alto con referencia a nuestro estudio, donde la densidad aparente es baja a pesar que los suelos en estudio fueron utilizados para cultivos de pastos y por ende existió el maltrato del suelo por el pisoteo de las vacas haciendo que se vaya degradando, pese a esto; no alteró la densidad aparente por lo tanto el suelo no sufrió cambios drásticos y permitirá tener un suelo adecuado para el desarrollo de las plantas.



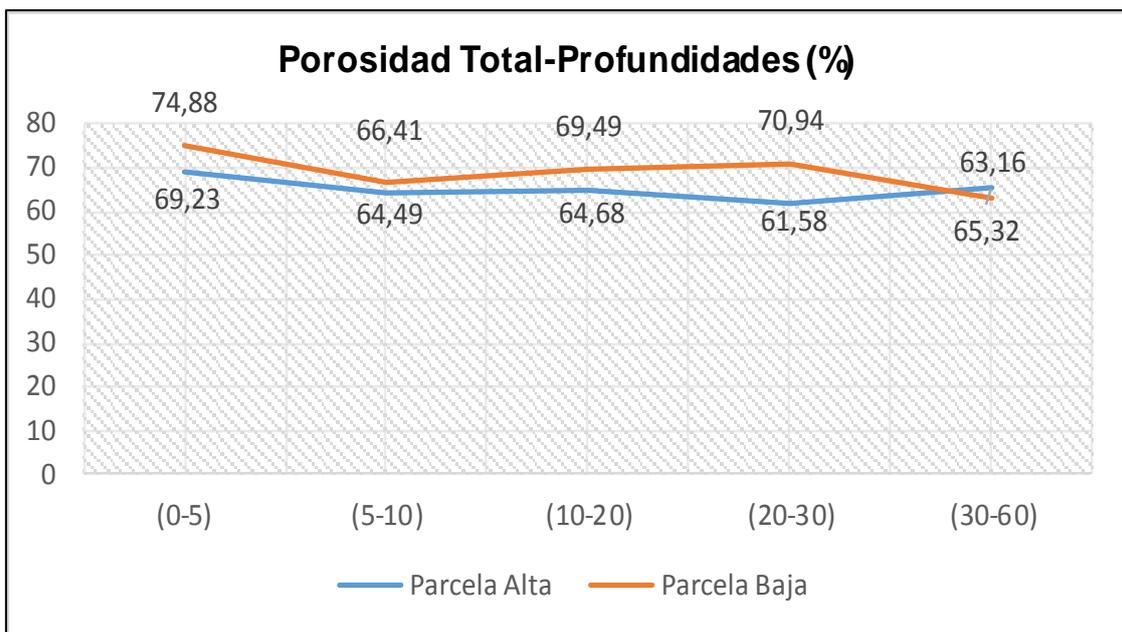
	MEDIAS				MEDIAS		
PROFUNDIDAD	Parcela Alta			PROFUNDIDAD	Parcela Baja		
(0-5)	14,1	a	b	(0-5)	0,73	a	
(5-10)	35,96		b	(5-10)	51,64		b
(10-20)	11,39	a	b	(10-20)	30,23	a	b
(20-30)	5,65	a		(20-30)	2,64	a	b
(30-60)	1,32	a		(30-60)	20,89	a	b
Promedio	13,68			Promedio	21,23		
EE=	6,87			EE=	1,76		
Sig	0,0136		*	Sig			*

Figura 8. Conductividad Hidráulica como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios de conductividad hidráulica en la parcela alta se observó que el que posee menor conductividad hidráulica es la profundidad (30-60) con 1,32 cm.h^{-1} , mientras que en la parcela baja se observa una menor conductividad hidráulica en la profundidad (0-5) con 0,73 cm.h^{-1} . En la figura 8 de conductividad hidráulica en la parcela alta existen indicando las diferencias significativas al 5% y en la parcela baja existen 2

grupos de medias con diferencias significativas al 5%, se observa un promedio de 13,68 cm.h^{-1} en la parcela alta y en la parcela baja un promedio de 21,23 cm.h^{-1} . Para la conductividad hidráulica se obtuvo datos de: (0-5cm) 14,10 cm.h^{-1} , (5-10cm) 35,96 cm.h^{-1} , (10-20cm) 11,39 cm.h^{-1} , (20-30cm) 5,65 cm.h^{-1} , (30-60cm) 1,32 cm.h^{-1} , se obtuvo un promedio de (0 a 30 cm) 13,68 cm.h^{-1} para la parcela alta. En la parcela baja (0-5cm) 0,73 cm.h^{-1} , (5-10cm) 51,64 cm.h^{-1} , (10-20cm) 30,23 cm.h^{-1} , (20-30cm) 2,64 cm.h^{-1} , (30-60cm) 20,89 cm.h^{-1} con un promedio de (0 a 30 cm) 21,23 cm.h^{-1} (Figura 8); lo cual refleja que los valores promedios obtenidos en el estudio sobrepasan el valor de referencia para suelos franco arenosos de 12,5 cm.h^{-1} (Clapp & Homberger, 1978), al comparar los resultados del estudio con valores del piedemonte amazónico correspondiente a un bosque tropical lluvioso donde en profundidades de 0-30 cm se posee una conductividad hidráulica de 7 cm.h^{-1} , consecuencia de pisoteo de animales que compactan el suelo disminuyendo la humedad del suelo y la capacidad de infiltración (Pinzón & Amézquita, 2012); al mirar los valores de 0 a 30 cm se puede mencionar que los resultados son relativamente altos demostrando que se tiene una capacidad de infiltración de agua adecuada pese a que se evidenció pisoteo por los animales, permitiendo deducir que en las dos parcelas se tienen una infiltración rápida para un mejor desarrollo de los cultivos silvícolas, siendo la parcela baja (por su condición de cercanía al río) en la que el agua fluye con mayor rapidez, con hasta el triple de velocidad que en los suelos de piedemonte; a diferencia de la parcela alta donde observamos valores promedios menores, esto también se podría deber al contenido de limos existentes de (38,66) en la superficie del suelo teniendo una menor infiltración de agua.



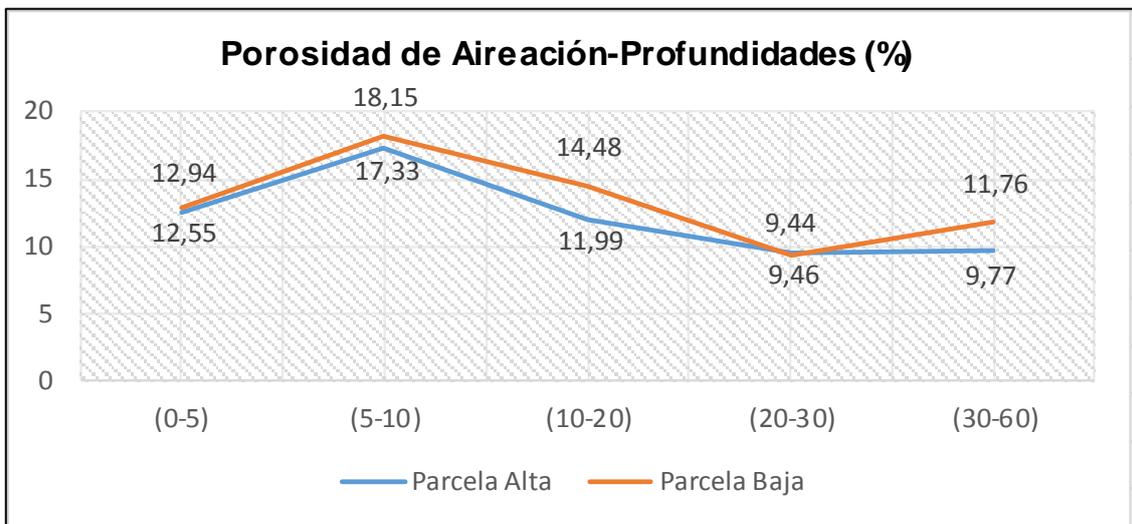
	MEDIAS			MEDIAS			
PROFUNDIDAD	Parcela Alta			PROFUNDIDAD	Parcela Baja		
(0-5)	69,23			(0-5)	74,88		
(5-10)	64,49			(5-10)	66,41		
(10-20)	64,68			(10-20)	69,49		
(20-30)	61,58			(20-30)	70,94		
(30-60)	65,32			(30-60)	63,16		
Promedio	65,06			Promedio	68,98		
EE=	1,78			EE=	2,8		
Sig	0,0773	N.S		Sig	0,0625	N.S	

Figura 9. Porosidad Total como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios porosidad total en la parcela alta se observa que el que posee menor porosidad total es la profundidad (20-30) con 61,58% mientras que en la parcela baja se observa una menor porosidad total en la profundidad (30-60) con 63,16 %. En la figura 9 de porosidad total se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre las diferentes

profundidades de las parcelas; en la parcela alta se observa un promedio de 65,06%, mientras en la parcela baja se observa un promedio de 68,98%. En la porosidad total se obtuvo valores de: (0-5cm) 69,23%, (5-10cm) 64,49%, (10-20cm) 64,68%, (20-30cm) 61,58%, (30-60cm) 65,32%, se obtuvo un promedio de (0 a 20 cm) un promedio de 66,13% para la parcela alta. En la parcela baja se tuvieron valores de: (0-5cm) 74,88%, (5-10cm) 66,41%, (10-20cm) 69,49%, (20-30cm) 70,94%, (30-60cm) 63,16%, con un promedio de 70,26% (Figura 9). Los valores promedios reflejan que sobrepasan los valores de referencia para un suelo franco arenoso de 45,3% (Rucks, *et al* 2004). Al comparar los valores con otros estudios realizados en suelo clasificado como franco, ubicado en la cuenca del río Güey en Venezuela, en profundidades de 0-20cm; se promedió, en un tratamiento sin animales (cerdos) una porosidad total de 55,10%; que está relacionado con el menor contenido de humedad presente en dicho tratamiento (Rodríguez., *et al* 2010) y corresponde a un valor inferior al obtenido, al mirar los resultados del estudio se tuvo valores relativamente altos esto se puede deber al contenido de materia orgánica (10,43%) que presentan las parcelas, además se aprecia que cuando se tiene densidades bajas, los valores de porosidad total se aumentan mejorando el desarrollo de las plantas, evitando un déficit de humedad en el suelo y evitando la erosión del suelo de las parcelas.



	MEDIAS				MEDIAS		
PROFUNDIDAD	Parcela Alta			PROFUNDIDAD	Parcela Baja		
(0-5)	12,55	a	b	(0-5)	12,94	a	b
(5-10)	17,33		b	(5-10)	18,15		b
(10-20)	11,99	a		(10-20)	14,48	a	b
(20-30)	9,46	a		(20-30)	9,44	a	
(30-60)	9,77	a		(30-60)	11,76	a	
Promedio	12,22			Promedio	13,35		
EE=	1,24			EE=	1,42		
Sig	0,0008	**		Sig	0,0027	*	

Figura 10. Porosidad de aireación como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios de porosidad aireación de la parcela alta se observa que el que posee menor porosidad de aireación es la profundidad (20-30) con 9,46%, mientras que en la parcela baja se observa el de menor porosidad de aireación es la profundidad (20-30) con 9,44%. En la figura 10 en la parcela alta se puede apreciar que existen 2 grupos de medias indicando una diferencia significativa al 1% y en la parcela baja existen 2 grupos de medias indicando una diferencia significativa al 5% en las distintas

profundidades, se observa un promedio de 12,22% en la parcela alta y en la parcela baja 13,35%. En cuanto a porosidad de aireación en los estratos de 0 a 60 cm en la parcela alta se obtuvo datos de: (0-5cm) 12,55%, (5-10cm) 17,33%, (10-20cm) 11,99%, (20-30cm) 9,46%, (30-60cm) 9,77%, dando un promedio de (0 a 60 cm) 12,22%. En la parcela baja (0-5cm) 12,94%, (5-10cm) 18,15%, (10-20cm) 14,48%, (20-30cm) 9,44%, (30-60cm) 11,76% con un promedio de (0 a 60 cm) 13,35% (Figura 10). Al mirar nuestros datos se puede apreciar que de 0 a 30 cm se tiene valores altos, pero al llegar de 20 a 30 cm la porosidad de aireación se reduce demostrando que en ese perfil puede existir una capa compactada, pero al pasar de 30 a 60 cm la porosidad de aireación su contenido vuelve a subir. Esto se puede corroborar con la conductividad hidráulica donde pasa lo mismo, demostrando que en la parcela baja se tiene una mayor fluidez de agua. Esto muestra que a medida que tenemos distintas profundidades se dan cambios en las propiedades físicas del suelo como la disminución de la densidad aparente y el aumento de la porosidad total, capacidad de campo, porosidad de aireación y retención (Rosas *et al*, 2012), se demuestra también que la materia orgánica (10,43%) presente en las parcelas influyen en las propiedades; Según Salamanca & Sadeghian (2005) a medida que se aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, va disminuyendo la densidad aparente; y viceversa demostrando que la parcela baja es la que retiene mayor cantidad de agua.

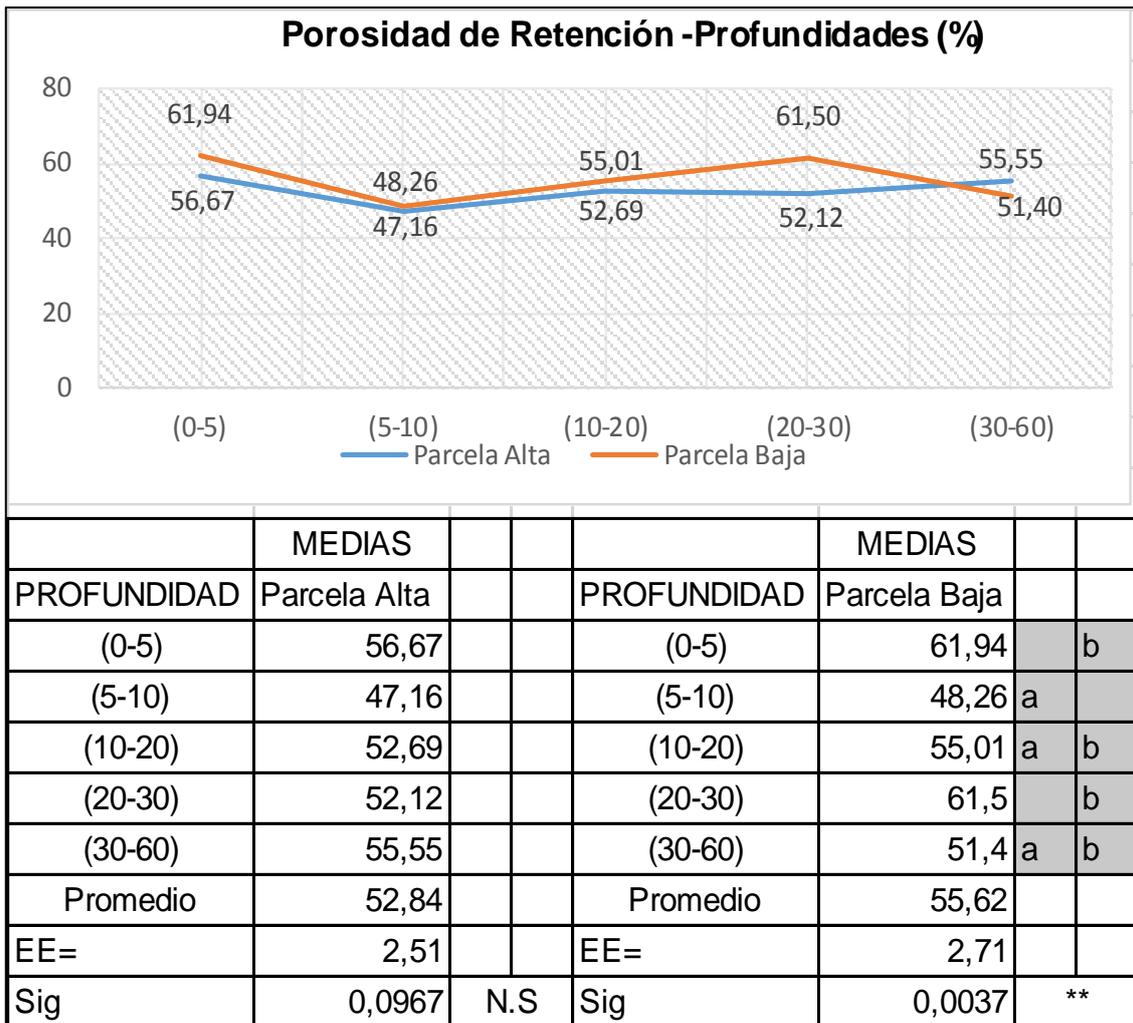
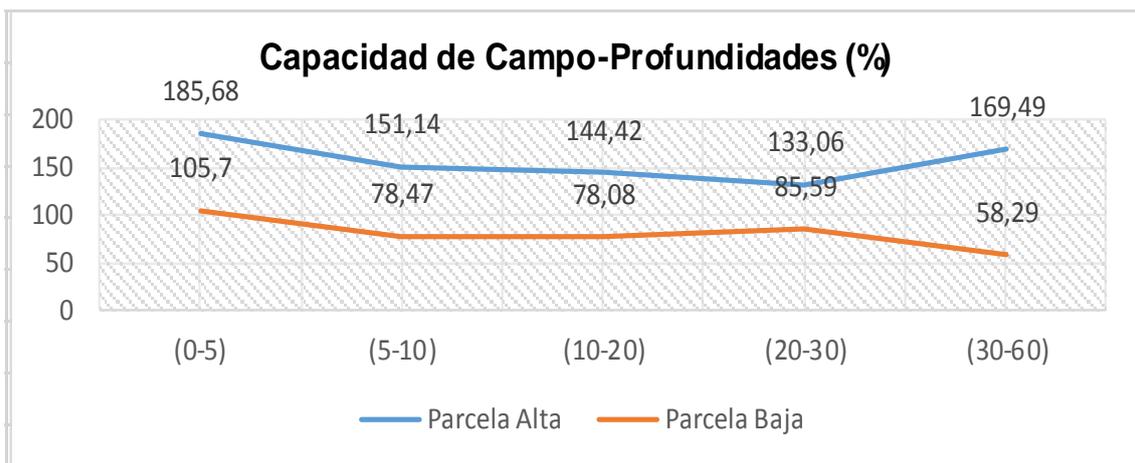


Figura 11. Porosidad de retención como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios de porosidad de retención en la parcela alta se observa que el que posee menor porosidad de retención es la profundidad (5-10cm) con 47,16%; mientras que en la parcela baja se observa que de menor porosidad de retención es la profundidad (5-10cm) con 48,26%. En la figura 11 puede apreciar que no existen diferencias significativas en la parcela alta y en la parcela baja existen 2 grupos de medias indicando una diferencia significativa al 1% en las distintas profundidades. Se observa un promedio de 52,84% en la parcela alta y en la parcela baja un promedio de 55,62%. En la porosidad de retención obtuvimos valores de: (0-5cm) 56,67%,

(5-10cm) 47,17%, (10-20cm) 52,69%, (20-30cm) 52,12%, (30-60cm) 55,55%, dando un promedio de (0 a 60 cm) 52,84%. En la parcela baja (0-5cm) 61,94%, (5-10cm) 48,26%, (10-20cm) 55,01%, (20-30cm) 61,50%, (30-60cm) 51,40% dando un promedio de (0 a 60 cm) de 55,62% (Figura 11). Esto muestra que a medida que tenemos distintas profundidades se dan cambios en las propiedades físicas del suelo como la disminución de la densidad aparente y el aumento de la porosidad total, capacidad de campo, porosidad de aireación y retención (Rosas *et al*, 2012).



	MEDIAS				MEDIAS		
PROFUNDIDAD	Parcela Alta			PROFUNDIDAD	Parcela Baja		
(0-5)	185,68		c	(0-5)	105,7		b
(5-10)	151,14	a	b	(5-10)	78,47	a	b
(10-20)	144,42	a		(10-20)	78,08	a	b
(20-30)	133,06	a		(20-30)	85,59	a	b
(30-60)	169,49		b	(30-60)	58,29	a	
Promedio	156,76%			Promedio	81,22		
EE=	5,55			EE=	8,17		
Sig	<0,0001	**		Sig	0,0073	**	

Figura 12. Capacidad de campo como promedio de todos los estratos analizados en las Profundidades (0-60 cm)

** Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Al realizar el análisis de los promedios de capacidad de campo en la parcela alta se observa que el que posee menor capacidad de campo es la profundidad (20-30cm) con 133,06 %, mientras que en la parcela baja se observa que el de menor capacidad de campo es la profundidad (10-20cm) con 78,08%. En la figura 12 en la parcela alta existen 3 grupos de medias y en la parcela baja existen 2 grupos de medias indicando diferencias significativas al 1% en las distintas profundidades, se observa un promedio de 156,76% y 81,22% respectivamente. En la capacidad de campo se obtuvo en los estratos valores de: (0-5cm) 185,68%, (5-10cm) 151,14%, (10-20cm) 144,42%, (20-30cm)

133,06%, (30-60cm) 169,49% con un promedio de (0 a 60cm) 156,76%. En la parcela baja (0-5cm) 105,70%, (5-10cm) 78,47%, (10-20cm) 78,08%, (20-30cm) 85,59%, (30-60cm) 58,29% con un promedio de (0 a 60cm) 81,22% (Figura 12). Al comparar estos datos con estudios realizados en Mexico en un sistema agroforestal de la llanura a una profundidad de 0 a 20 cm se presentan valores de 24,3% para el 2005 y de 35,9% para el 2010 (Murray, y otros, 2011); se observan valores mucho mas elevados en nuestros análisis, dando un promedio de (0 a 20 cm) 160,41% para la parcela alta y un promedio de (0 a 20 cm) 81,22% en la parcela baja. En otro estudio, en parcelas agroforestales, el incremento de capacidad de campo se debe al aumento de la materia orgánica en los ultimos 5 años, en donde en 2005 se tenia 0,51% y para el 2010 3,85% de materia orgánica, lo que ha provocado cambios en la estructura del suelo (Murray., *et al* 2011). Al mirar los resultados del estudio en los estratos de 0 a 20 cm se tiene valores mas altos, esto se puede deber a la cantidad de materia orgánica (10,43%) que existe en las parcelas demostrando que estos suelos son aptos para cultivos a pesar que la conductividad hidráulica sea alta haciendo que el agua se filtre de manera rapida.

Como un dato adicional se puede decir que al mirar estas diferencias se puede mencionar que la materia orgánica es el factor principal que afecta a los parámetros físicos del suelo. El contenido de materia orgánica es más elevado en general en los primeros centímetros de suelo (primeros 5 cm de profundidad en zonas naturales y unos 10 cm en zonas cultivadas), disminuyendo en profundidad drásticamente y después lentamente hasta casi desaparecer a los 30-60 cm (Garrido, 2010). En nuestro estudio se presentó

materia orgánica de 10,43%, según el método Walkley-Black el cual interpreta que la materia orgánica > 3,6 es muy alta perteneciendo a un suelo orgánico.

4.3 Análisis de suelo realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Estatal Amazónica

Tabla 5. Análisis de suelo realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

ANÁLISIS DE SUELO										
Nº Muestra	Identificación del Lote	pH		M.O. (%)	Humedad (%)	Textura (%)			Clase Textural	CC g H ₂ O/100 g suelo seco
						Arena	Limo	Arcilla		
95362	Parcela Alta	4,8	R	13,00	60,00	54	40	6	Franco-Arenoso	143,2
		5	C	A						
		Ac								
95363	Parcela Alta	4,7	R	13,00	61,40	42	50	8	Franco	
		3	C	A						
		Ac								
95364	Parcela Alta	4,7	R	11,00	60,30	60	34	6	Franco-Arenoso	
		6	C	A						
		Ac								
95365	Parcela Baja	4,8	R	10,70	46,40	60	34	6	Franco-Arenoso	101,9
		4	C	A						
		Ac								
95366	Parcela Baja	4,7	R	8,60	49,20	60	36	4	Franco-Arenoso	
		3	C	A						
		Ac								
95367	Parcela Baja	4,9	R	6,30	45,80	56	38	6	Franco-Arenoso	
		2	C	A						
		Ac								
Interpretación		pH		M.O.						
		AC= Acido		A= Alto						
		RC= Requiere Cal								

De acuerdo a lo suelos enviados al INIAP se obtuvo en la parcela alta una textura (%) en arena un promedio de 52%, en limo un promedio de 41,33% y en arcilla un promedio de 6,66 % dando como clase textural un suelo franco

arenoso; en cuanto a materia orgánica (%) se obtuvo un promedio de 12,33%, en la parcela baja se obtuvo una textura (%) en arena un promedio de 58,66% en limo un promedio de 36% y en arcilla un promedio de 5,33 % dando como clase textural un suelo franco arenoso; también se realizó el análisis de la cantidad de materia orgánica (%) obteniendo un promedio de 8,53%.

Tabla 6. Análisis de suelo realizado en la Universidad Estatal Amazónica

ANÁLISIS DE SUELO UEA					
Determinación directa					
No.	CÓDIGO	TEXTURA (%)			CLASE TEXTURAL
MUESTRA	CAMPO	Arena	Limo	Arcilla	
1	Parcela Alta	75	18	7	Franco Arenoso
2	Parcela Alta	45	41	14	Franco
3	Parcela Alta	75	15	10	Franco Arenoso
4	Parcela Baja	60	28	12	Franco arenoso
5	Parcela Baja	58	28	14	Franco arenoso
6	Parcela Baja	63	25	12	Franco arenoso

De acuerdo a los datos analizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Amazónica se obtuvo en la parcela alta una textura (%) en arena un promedio de 65%, en limo un promedio de 24,66% y en arcilla un promedio de 10,33% dando como clases textural un suelo arenoso franco y en la parcela baja en arena un promedio de 60,33%, en limo un promedio de 27% y en arcilla un promedio de 12,66% dando como clases textural un suelo franco arenoso.

V. CONCLUSIONES

- La densidad aparente en los dos tipos de suelo es óptima para plantaciones silvícolas ya que los valores no sobrepasaron los valores de referencia. El suelo es de clase estructural franco arenoso. Debido al alto contenido de materia orgánica que presentaron los suelos, la densidad aparente presentó valores bajos dando como resultado la buena compactación y facilidad de circulación de agua y aire permitiendo el crecimiento de las raíces de las plantas.
- La conductividad hidráulica en los dos tipos de suelo es alta, determinándose que se tiene una infiltración de agua adecuada lo que es excelente para el suelo ya que permitirá tener una buena calidad de suelo para garantizar el adecuado uso de pastos degradados como parte de las estrategias para implementar este tipo de alternativas productivas; aquí hubo variaciones en los estratos de 0 a 60cm de la parcela alta donde se tuvo una capa compactada; de igual forma se obtuvo de 0 a 20cm en la parcela baja, pese a esto la infiltración de agua no se alteró.
- En la porosidad total en los dos tipos de suelo tuvieron valores altos, permitiendo que se acumule agua y por lo tanto no se tendría un déficit de agua, por lo que las plantaciones silvícolas se desarrollaran de manera correcta. Aquí en los estratos se tuvo problemas en porosidad

de aireación en el estrato de 20 a 30cm donde se tuvo una reducción de infiltración de agua, en la porosidad de retención se obtuvo valores altos lo que significó un adecuado mantenimiento de agua y aire en el suelo y la capacidad de campo reflejó una mayor retención de agua en la parcela alta; esas variaciones no afectaron el promedio en general de los parámetros haciendo que el suelo de las parcelas sea de buena calidad para las especies de plantaciones silvícolas industriales, sirviendo como un servicio ambiental.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de parámetros químicos y biológicos para tener mayor información sobre el estado del recurso suelo.
- Se recomienda hacer un estudio complementario de los parámetros físicos del suelo alrededor de las parcelas para ver si estos resultados tienen similitud con nuestros resultados.
- Se recomienda realizar los análisis de suelo cada año para mantener una base de datos que reflejaría el estado del suelo al pasar los años cuando las plantas se vayan desarrollando.
- Mirar la fracción limo, que podría influir en la capacidad de retención de agua (capacidad de campo).
- Se puede medir la escorrentía superficial para tener datos adicionales sobre el recurso suelo.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D., Ordeñez, Y., & N. J. (2010). Evaluacion de algunas Propiedades Físicas en suelos con diferentes Usos en Sistemas Productivos del Antiplano de Pasto-Departamento de Nariño. *XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*, 1-13.
- Altamirano, A., & Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)* , 53-64.
- AME. (2012). Asociacion de Municipalidades Ecuatorianas.Condiciones Metereologicas Arosemena Tola - NAPO. Obtenido de <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/57-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-napo/201-canton-carlos-julio-arsemena-tola>
- Andrade, R., Guncay, F., & Ibarra, M. (2013). *Slideshare.net*. Determinacion de la densidad aparente por el Metodo del Hoyo. Obtenido de <http://es.slideshare.net/tato762/determinacin-de-la-densidad-aparente>
- Aweto, A. O. (1981). SECONDARY SUCCESSION AND SOIL FERTILITY RESTORATION IN SOUTH-WESTERN NIGERIA. *British Ecological Society* , 609-614.
- Casanova, M., Salazar, O., Seguel, O., & Noguera, V. (2009). CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN MONOLITOS DE SUELO DE CHILE CENTRAL. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 210-221.
- Chicas, R., Vanegas, E., & Nancy, Á. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol 24.
- CIIFEN. (2015). *CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=100&Itemid=133

- CIPCA. (2012). *Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica: <http://cipca.uea.edu.ec/index.php/home/mision-vision/2013-09-24-08-38-45>
- Clapp, R., & Homberger, G. (1978). Empirical equations for some soil hydraulic properties 14: 601. *Water Resources Res*, 14: 601.
- Doran, J. W., & Parkin, T. B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable Environment. *Soil Science Society of America*.
- ENCC. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador*. Recuperado el 15 de ENERO de 2015, de <http://www.redisas.org/pdfs/ENCC.pdf>
- Etchevers, J., Hidalgo, C., Vergara, M., Bautista, M., & Padilla, J. (2009). Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en Mexico. *Colección Geográfica para el siglo XXI*, 196 p.
- FAO. (2015). *Propiedades Físicas del Suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Gabriels, D., Lobo, D., & Pulido, M. (2014). Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada. *Venesuelos* , 7-22.
- Garrido, S. (2010). Interpretación de Análisis de Suelo . Madrid: Rivadeneyra S.A.
- Hayakawa, C., Fujii, K., Funakawa, S., & Kosaki, T. (2011). Biodegradation kinetics of monosaccharides and their contribution to basal respiration in tropical forest soils. *Soil Science and Plant Nutrition* , 663-673.
- Hossme, A., & Cedeño, H. (2012). Comparación de tres métodos para determinar densidad aparente y sólidos en tres suelos franco arenosos de sabana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 861-872.

- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M., & Contreras, J. o. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 47-56.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Segundo, A. (2006). La Materia Organica, Importancia y Experiencias de su Uso en la Agricultura. *IDESIA*, 49-61.
- López, R. (2012). Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica *Universidad Estatal Amazonica*. Recuperado el 21 de Enero de 2014. Obtenido de <http://cipca.uea.edu.ec/index.php/home/mision-vision/2013-09-24-08-38-45>.
- MAE. (2012). *Estrategia nacional de cambio climático del Ecuador ENCC 2012*. Recuperado el 15 de ENERO de 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/?q=node/749>
- Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión. *Revista del Sur* N° 169, 3-22.
- Milera, M. d. (2011). Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol.34.
- Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., . . . Aguirre, J. (2011). Efecto de la Materia Organica sobre las Propiedades Físicas del Suelo en un Sistema Agroforestal de la Llanura Costera Norte de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*, 1-9.
- Navarrete, A., Vela, G., Lopez, J., & Rodriguez, M. d. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Ecosistemas*, 29-37.
- Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 161-168.
- Pinzón, A., & Amézquita, E. (2012). Compatación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*, Vol. 13 No.2.

- Pla Sentís, I. (2009). *Problemas de Degradación del Suelo en el Mundo: Causas y Consecuencias*. España: Departamento de Medio Ambiente i Ciencias del Sol.Universidad de Lleida. Recuperado el 04 de Marzo de 2015, de 2009: <http://www.secsuelo.org/XCongreso/Plenaria/Magistrales/1.-%20Problemas%20de%20Degradacion.pdf>
- Quiroga, A., & Bono, A. (2012). Manual de fertilidad y Evaluacion de Suelos. *Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria* , 1-62.
- Rawls, W., Ahuja, L., & Brakensiek, D. (1992). Estimating soil hydraulic properties from soils data. *Proc. Int Worksh.* , 329-340.
- Rios, P. (2014). *FASE 2, Medición de indicadores biológicos de calidad del suelo –carbono en el suelo, biomasa y diversidad de artrópodos-*. (SSIEV-2). Santa Clara .
- Rodríguez, A. M., Pulido, M. A., Rey, J. C., Lobo, D., Araque, H., & Rivero, C. (2010). EFECTO DEL PISOTEO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CERDOS A CAMPO SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO. *AGRONOMÍA TROPICAL* , Vol. 60.
- Rosas, G., Rodríguez, W., & Muñoz, J. (2012). Caracterización edafológica de lomeríos bajo sistema groforestal y rastrojo en el Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual, Caquetá- Colombia. *Momentos de Ciencia*, 9.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. En U. D.-F. AGRONOMIA. MONTEVIDEO-URUGUAY: Departamento de Suelos y Aguas. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material/fisicas.pdf>
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). La Densidad Aparente y su Relacion con otras Propiedades en Suelos de la Zona Cafetera Colombiana. *Cenicafe*, 381-397.

- Sánchez, G., Obrador, J., Palma, D., & Salgado, S. (2003). DENSIDAD APARENTE EN UN VERTISOL CON DIFERENTES AGROSISTEMAS. *Interciencia*, 347-351.
- Schargel, R., & Delgado, F. (1990). Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. *En Plasse, D., Peña de Borsotti, N., eds. VI Cursillo sobre Bovinos de Carne*, 187-220.
- Vallejo, V. R., Díaz Fierros, F., & de la Rosa, D. (2013). *Impactos del cambio climático en España*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/64302/1/Impactos%20sobre%20los%20recursos%20edaficos.pdf>
- Viteri, A. (2010). *Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo y silvicultura (forestal) en el Ecuador*. UNDP. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de www.undpcc.org/docs/.../Ecuador/Ecuador_IFF%20workplan.pdf

ANEXOS



Anexo1: Recolección de muestras de suelo con el Barreno



Anexo 2: Identificación de las muestras de suelo envueltas para el laboratorio



Anexo 3: Preparación de las muestras de suelo en el laboratorio UEA



Anexo 4: Pesado y Colocación de las muestras de suelo a Saturar por 24 horas



Anexo 5: Determinación de Conductividad Hidráulica



Anexo 6: Determinación de Porosidad del suelo



Anexo 7: Determinación de Densidad Aparente