



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO  
DE UN SISTEMA DE PASTOREO Y BOSQUE NATIVO DE LA  
RESERVA HUAYRAPALTE, CANTÓN SUSCAL, PROVINCIA DE  
CAÑAR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL.**

**VÍCTOR MANUEL MOROCHO LEMA**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2017**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

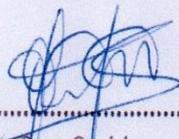
EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el trabajo de titulación denominado EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO DE UN SISTEMA DE PASTOREO Y BOSQUE NATIVO DE LA RESERVA HUAYRAPALTE, CANTÓN SUSCAL, PROVINCIA DE CAÑAR., de responsabilidad del señor Víctor Manuel Morocho Lema revisado quedando autorizada su presentación.

### TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Sonia Rosero  
**DIRECTOR**

08-03-2017



Ing. Oscar Guadalupe  
**ASESOR**

08-03-2017

Riobamba – Ecuador

2017

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Víctor Manuel Morocho Lema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 19 de Abril del 2017



**Víctor Manuel Morocho Lema**

030242501-2

## **DEDICATORIA**

Este trabajo quiero primeramente dedicarle a Dios, por bendecirme y guiarme para cumplir con las metas que me he propuesto. A todos quienes han creído en mí en especial a mis padres, hermanos, que sin el apoyo de ellos no hubiese logrado la culminación de mi carrera.

**EL AUTOR**

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres Transito y Manuel, por el amor, la confianza y apoyo incondicional que me han brindado durante mi formación.

A mis hermanos: Mauricio, Transito, Johana quienes me han fortalecido con sus consejos.

Todos mis amigos, Belén, Fernanda, Gladys, Marshury. Carlos, Juan. Pedro, Rocendo, Luis, por compartir los buenos y malos momentos en las aulas de clases.

Al tribunal de mi trabajo de titulación Ing. Sonia Rosero e Ing. Oscar Guadalupe, por compartirme sus enseñanzas y experiencias.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, por ser un templo de conocimiento, en especial a su personal docente.

**EL AUTOR**

## TABLA DE CONTENIDO

I. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO DE UN SISTEMA DE PASTOREO Y BOSQUE NATIVO DE LA RESERVA HUAYRAPALTE, CANTÓN SUSCAL, PROVINCIA DE CAÑAR.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	1
A. JUSTIFICACIÓN.....	2
B. OBJETIVOS.....	3
1. Objetivo general.....	3
2. Objetivos Específicos.....	3
C. HIPÓTESIS.....	3
1. Hipótesis nula.....	3
2. Hipótesis alternante.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
A. FIJACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO.....	4
1. Captura de carbono en suelos.....	4
2. Secuestro del carbono en suelos.....	5
3. Ciclo del carbono.....	6
4. Carbono orgánico en el suelo (COS).....	7
5. La materia orgánica en el suelo.....	8
6. Descomposición del carbono.....	8
7. Programas de captura de carbono.....	9
B. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO (COS).....	9
1. Método de pérdida de carbono por ignición.....	9
2. Calcinación.....	9
1. Método de Walkley y Black.....	10
C. SUELOS.....	12
1. El perfil del suelo y sus horizontes.....	13
2. Características físicas del Suelo.....	14
3. Características químicas del suelo.....	16
D. BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DE CORDILLERA OCCIDENTAL DE LOS ANDES (BsMn03).....	17
1. Ecosistema Pastizal.....	18
a. Captura de carbono en pastizales.....	19
b. El pastoreo y sus efectos generales.....	20
c. El pastoreo y la materia orgánica del suelo (MOS).....	20

E.	GEOREFENCIACIÓN .....	22
1.	Geodesia.....	22
2.	Sistemas de referencia terrestre internacional WGS84 .....	23
3.	Fuentes de error en las estimaciones del Gps.....	24
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	25
A.	CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DEL ESTUDIO .....	25
1.	Localización. ....	25
2.	Ubicación geográfica .....	25
3.	Características climáticas .....	25
4.	Ubicación ecológica .....	26
B.	MATERIALES .....	27
1.	Materiales de campo .....	27
2.	Materiales de oficina .....	27
C.	METODOLOGÍA.....	27
a.	Tipo de diseño experimental .....	27
b.	Análisis estadístico.....	27
A.	MUESTREO .....	29
1.	Diseño de muestreo .....	29
2.	Mediciones y observaciones en las parcelas .....	30
3.	Observaciones de la muestra del suelo.....	30
4.	Determinación del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) por el método de pérdida por Lost -Ignición .....	34
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	35
A.	DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOS-QUÍMICAS DEL SUELO.....	35
B.	CONTENIDO DE CARBONO EN LOS ECOSISTEMAS BOSQUE NATIVO Y SISTEMA DE PASTOREO .....	36
1.	Puntos de muestreo para Bosque Nativo.....	36
2.	Parcelas georeferenciadas en el Sistema de Pastoreo.....	37
3.	Contenido carbono .....	38
VI.	CONCLUSIONES.....	44
VII.	RECOMENDACIONES. ....	45
VIII.	RESUMEN.....	46
IX.	SUMMARY .....	47
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	48
XI.	ANEXOS .....	55

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo según (U.S.D.A) .....	14
Cuadro 2. Grados de estructura del suelo.....	15
Cuadro 3. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo. ....	17
Cuadro 4. Análisis de varianza (ADEVA) .....	27
Cuadro 5. Codificación del área de estudio a 3100 msnm .....	28
Cuadro 6. Codificación del área de estudio a 3200 msnm .....	28
Cuadro 7. Codificación del área de estudio a 3300 msnm .....	29
Cuadro 8. Características físicas del suelo de Bosque Nativo .....	35
Cuadro 9. Características físicas del suelo del sistema de pastoreo.....	35
Cuadro 10. Parcelas georeferenciadas en el Bosque Nativo .....	36
Cuadro 11. Puntos de muestreos en el Sistema de Pastoreo .....	37
Cuadro 12. Análisis de varianza del contenido del carbono del Bosque Nativo.....	38
Cuadro 13. Comparación de medias según Tukey, de tres pisos altitudinales en el bosque nativo .....	39
Cuadro 14. Comparación de medias según Tukey de tres profundidades en el bosque nativo... ..	40
Cuadro 15. Análisis de varianza del contenido de carbono en el sistema de pastoreo.....	42
Cuadro 16. Análisis de varianza de tres profundidades en el sistema de pastoreo .....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Medición de las parcelas.....	30
Gráfico 2. Ubicación de los puntos para la caracterización de los puntos del suelo y ...	31
Gráfico 3. Número de muestras a extraer por profundidad en 24 parcelas (a).....	32
Gráfico 4. Extracción de la muestra de suelo a cada profundidad.....	33
Gráfico 5. Valor de medias de (TmC/ha), de tres pisos altitudinales en el bosque nativo .....	39
Gráfico 6. Valor (TmC/ha) de tres profundidades en el bosque nativo .....	41
Gráfico 7. Valor (TmC/ha) de Carbono en tres profundidades en el pstizal .....	43

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis químico y físico de las muestras del Pastizal.....	55
Anexo 2. Resultados del análisis químico y físico de las muestras del Bosque Nativo .	56
Anexo 3. Resultados del análisis físico de las muestras del Bosque Nativo .....	57
Anexo 4. Resultados del análisis físico de las muestras del pastizal .....	58
Anexo 5. Área del estudio del bosque nativo (A) y pastizal (B) .....	59
Anexo 6. Extracción de las muestras del Bosque Nativo .....	59
Anexo 7. Extracción de las muestras del pastizal .....	59
Anexo 8. Extracción de muestras del bosque nativo (A), (B) pastizal para análisis físico y químico .....	60
Anexo 9. Muestras del bosque nativo (A) y pastizal (B).....	60

# **I. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO DE UN SISTEMA DE PASTOREO Y BOSQUE NATIVO DE LA RESERVA HUAYRAPALTE, CANTÓN SUSCAL, PROVINCIA DE CAÑAR**

## **II. INTRODUCCIÓN**

El aumento de gases de efecto de invernadero en la atmosfera, principalmente el CO<sub>2</sub> ha producido un aumento en la temperatura media del planeta tierra (IPCC, 2001), cambiando el clima de forma drástica, el Ecuador al igual que el resto del mundo ha soportado los efectos del cambio climático, con intensidades y frecuencias inusuales en los registros históricos, principalmente sequias y lluvias prolongadas que han azotado al país. Uno de los ecosistemas que debido al cambio climático se ve afectado gravemente, son los que se encuentra en la región andina, estos poseen una gran biodiversidad, y son considerados frágiles, ya que albergan gran cantidad de especies endémicas con una limitada variabilidad genética razón por la cual son muy proclives a su extinción. El bosque nativo juega un papel muy importante en la absorción del carbono, a través del proceso biológico de fotosíntesis, mismo que se han visto amenazado por el avance de la frontera agrícola y los cambios climáticos antes mencionados que están modificando su ciclo biológico. (IPCC, 2002).

Una de las soluciones para afrontar este problema es mantener intacto los bosques nativos como sumideros de carbono a través de proyectos gubernamentales y privados, debido a la importancia de los bosques en la absorción del CO<sub>2</sub> concentrado en la atmosfera, principalmente cuando estos son de tipo primario. Por su parte los pastizales se distinguen del «bosque» como ecosistemas con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra, donde predomina el carbono subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo, siendo su principal amenaza el pastoreo excesivo, que provocaría diversas alteraciones, una de las más importantes ocurrirían en las entradas de carbono al ecosistema pastizal lo cual modificará los niveles de materia orgánica del suelo. (Álvarez, 2001).

Las tierras de pastoreo degradadas pueden secuestrar carbono si existe una entrada de materia orgánica en el suelo, y al mismo tiempo una reducción en su descomposición esto se promueve a través de prácticas de manejo adecuadas. Estas prácticas adecuadas de manejo incluyen un control de la presión de pastoreo. (FAO, 2002).

El presente estudio pretende obtener información de campo procesada en el laboratorio, sobre la capacidad de fijación de carbono en los diferentes ecosistemas (bosque nativo y pastizal), así mismo, conocer la potencialidad del servicio ambiental de fijación de carbono, como una medida de mitigación contra el cambio climático, salvaguardando el bienestar de las futuras generaciones.

## **A. JUSTIFICACIÓN.**

Los bosques son por excelencia los pulmones naturales del planeta. Sin embargo el bosque nativo de la reserva Huayrapalte es un ecosistema vulnerable debido al cambio progresivo de uso del suelo y por ser unos sistemas ecológicos complejos se encuentran amenazados por la alteración del planeta debido al cambio climático.

Los mayores beneficios de los suelos es la cantidad de dióxido de carbono que retienen. Si el CO<sub>2</sub> y otros gases del suelo se emitieran a la atmósfera, el cambio climático se aceleraría tan rápido que, probablemente, destruiría a la actual civilización.

Por ello se plantea el presente investigación para contar con información sobre la captura y almacenamiento de carbono en el suelo de bosque nativo y de un pastizal de la reserva Huayrapalte, en este sentido, la investigación obtenida puede ser utilizada tanto para reportes locales e internacionales del contenido de carbono existente en este tipo de ecosistema, buscando alcanzar beneficios en las negociaciones por créditos de carbono, también permitirá tomar decisiones de manejo y conservación efectiva a mediano y largo plazo de este recurso suelo.

## **B. OBJETIVOS.**

### **1. Objetivo general.**

Evaluar el contenido del carbono en el suelo de un sistema de pastoreo y bosque nativo de la reserva Huayrapalte, cantón Suscal, provincia de Cañar.

### **2. Objetivos Específicos.**

- a. Determinar el contenido de carbono orgánico de un sistema de pastoreo y bosque nativo por el método de Lost ignición
- b. Comparar el carbono orgánico total en un sistema de pastoreo y bosque nativo en tres profundidades

## **C. HIPÓTESIS.**

### **1. Hipótesis nula.**

El contenido de carbono acumulado en un sistema de pastoreo y bosque nativo no varía a diferentes profundidades y altitudes

### **2. Hipótesis alternante.**

El contenido de carbono acumulado en un sistema de pastoreo y bosque nativo varía a diferentes profundidades y altitudes.

### **III. MARCO TEÓRICO.**

#### **A. FIJACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO**

El suelo es un elemento natural de importancia máxima para la vida de los seres vivos. Además de brindar un medio adecuado para el desarrollo de las plantas, tiene la capacidad para purificar, almacenar y regular el abasto de agua, y de acumular carbono y retenerlo por varios periodos de tiempo, y transformar los residuos orgánicos que la agricultura genera, además de constituir un elemento fundamental del paisaje (Estrada, 2007).

La acumulación de carbono orgánico en el suelo (COS) es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático, ya que el suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado (Hernández, 2012).

El carbono se encuentra formando parte de la mayoría de los elementos que conforman la naturaleza así: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Este elemento es el más importante en la vida de los organismos vivos, ya que representan aproximadamente el 50% del peso seco (Cargua, 2013).

#### **1. Captura de carbono en suelos**

El carbono en el suelo puede estar presente en dos formas, Carbono Orgánico del Suelo (COS) y Carbono Inorgánico del Suelo (CIS). El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS), la cual juega un papel importante en la productividad de los suelos tropicales como reserva de nutrimentos. El COS almacenado en los primeros 100 cm de profundidad es de 1462-1548 Pg de carbono (1 Pg =  $1 \times 10^{15}$ g) en el mundo. Este Carbono forma uno de los principales compartimientos terrestres, mayor que el Carbono biótico y que el atmosférico. El COS es un indicador de la calidad de suelo y sirve para detectar los cambios en el tiempo (González, 2008) La investigación en esquemas de captura de carbono (CC) por sistemas naturales se encuentra relacionada con el estudio del valor de las funciones ecológicas de los 6 ecosistemas naturales.

Aunque el concepto de ciclo de carbono en la naturaleza y la capacidad de absorción del suelo y los océanos ha sido conocido durante largo tiempo, no fue sino hasta 1976 que la idea de los bosques como “almacenadores” de las emisiones de combustibles fósiles fue propuesto por primera vez (WRI, 2001).

El secuestro del CO<sub>2</sub> atmosférico asociado a determinados cambios de uso de la tierra se está convirtiendo en una estrategia para mitigar los efectos de las emisiones de los gases de invernadero (Batjes, 1998; Lal, 2001). La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (2001) resalta el enorme potencial de los suelos en el secuestro de carbono con la ventaja añadida del incremento de la productividad del suelo, de especial importancia en áreas con suelos degradados (Hontoria, C. Rodríguez, J. & Murillo, A., 2004).

El programa FAO-IFAD incide en la misma idea enlazando la Convención sobre Cambio Climático-Protocolo de Kioto, la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Convención sobre Biodiversidad (FAO, 2001).

## **2. Secuestro del carbono en suelos**

El secuestro de carbono en el suelo ocurre teniendo a las plantas como paso intermedio. Las plantas convierten el CO<sub>2</sub> de la atmosfera en tejido vegetal mediante la fotosíntesis (Rice, 2001).

Las plantas mediante la fotosíntesis incorporan el CO<sub>2</sub> atmosférico a los procesos metabólicos. Todos los componentes del árbol como: follaje, ramas, raíces, y fuste, están compuestos por el CO<sub>2</sub>. La demanda de CO<sub>2</sub> aumenta a medida que cada estructura del árbol crece (Ortiz, & Riascos., 2006)

Los bosques cubren el 29% de las tierras y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36% del total del carbono del suelo a un metro de profundidad (1.500 Pg) (Zambrano & Franquis, 2004). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro uso de la tierra y sus suelos (que contienen cerca del 40%

del total del carbono) son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques.(Zambrano, & Franquis, 2004).

Las tierras de pastoreo, según la (FAO, 2001), ocupan 3.200 millones de ha y almacenan entre 200 y 420 Pg en el ecosistema total, una gran parte del mismo debajo de la superficie y por tanto, en un estado relativamente estable. El carbono del suelo en las tierras de pastoreo es estimado en 70 t/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales

Según (Mena, 2000). El sobrepastoreo no solo baja el nivel de carbono en el suelo por erosión y desperdicio de biomasa, sino que contribuye al secamiento irreversible del suelo. También este sobrepastoreo puede generar fuertes condiciones hidrofóbicas en el suelo. La humedad del suelo y su capacidad de retención de agua pueden disminuir hasta ser 3 del original.

El cambio en el contenido de carbono del suelo debido a un cambio en el uso de la tierra no suele superar los 20 Mg de carbono por ha (IPCC, 1997), excepto en condiciones de humedales.

### **3. Ciclo del carbono**

Es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo.

Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. El ciclo comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades: Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono (CO<sub>2</sub>) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, que es un proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera (FAO, 2008).

#### **4. Carbono orgánico en el suelo (COS)**

El carbono orgánico en los suelos (COS) es un componente muy importante del ciclo global del carbono, ocupando un 69,8 % del carbono orgánico de la biosfera. La microbiología del suelo se ve afectada por dos ciclos: un ciclo lento, en el que la producción de carbono se mide en cientos de miles de años e implica el desgaste de las rocas y la disolución de carbonatos en la tierra y en los océanos y el ciclo de producción rápida de carbono, que se mide en años o décadas y constituyen una parte fundamental en el aspecto biológico de la naturaleza (FAO, 2001).

Los principales componentes de almacenamiento de carbono en el uso de la tierra son el carbono orgánico del suelo (COS) y en la biomasa arriba del suelo. Se ha estimado que el carbono (C) en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190 toneladas por hectárea (t.ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Brow, 1997).

En forma general el mayor porcentaje de carbono orgánico proviene de las plantas, formado por sus residuos en la superficie del suelo y de la descomposición de las raíces (Killham, 1994).

El carbono orgánico del suelo (COS) se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condesadas de composición próxima al carbono elemental (Jackson, 1964).

En condiciones naturales, el carbono orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de Carbono del suelo en forma de CO<sub>2</sub> a la atmosfera (Aguilera, 2000).

Los procesos que aumentan el contenido de COS son la producción de masa, la humificación, la agregación y la descomposición de sedimentos, los que disminuyen el COS son la erosión, la lixiviación y la descomposición de materia orgánica. Durante

estos procesos, una parte del carbono es reciclado a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, y otra se integra a los materiales descompuestos y forma ácidos húmicos, fulvicos, y huminas (Ortiz, 1995).

## **5. La materia orgánica en el suelo**

Los suelos de textura arcillosos retienen más materia orgánica en el suelo que los suelos arenosos, pese a haber sido sometidos al mismo aporte de materia orgánica (Jenkison, 1988). La textura se define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas. El color es un atributo utilizado a diferentes niveles de la Taxonomía de suelos (Munsell, 2009).

Al existir un incremento de la materia orgánica en el suelo aumenta también el espacio poroso y disminuye la densidad aparente y viceversa, la variación de densidad aparente está asociada con las prácticas de manejo (Salamanca, 2005).

Existe una gran variación entre diferentes tipos de suelos y los horizontes en el factor de conversión carbono orgánica en el suelo a materia orgánica el suelo, así que es preferible informar el valor de COS sin transformar (Allison, 1965). La materia orgánica tiene una composición heterogénea muy compleja y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo (Balesdent, 2009).

Las sustancias húmicas son el principal componente de la MOS por lo menos el 50% de esta (Simpson, 2007).

## **6. Descomposición del carbono**

Este proceso de desintegración engloba a su vez dos subprocesos simultáneos: por un lado la fragmentación de partículas de un tamaño mayor en otras cada vez menores, hasta que los componentes estructurales (incluidos los celulares) no son más

reconocibles y por otro Lado el catabolismo de los compuestos orgánicos. Los microorganismos actúan de vehículo de unión entre los procesos de producción primaria y secundaria, propician la reintroducción de compuestos inorgánicos en el sistema y producen biomasa microbiana susceptible de servir como alimento a organismos detritívoros (Ordoñez, 1999).

## **7. Programas de captura de carbono**

Los programas de cambio climático son instrumentos de política que fueron diseñados para aprovechar el mecanismo ecológico a favor de la protección ambiental y del combate a la contaminación y, por ende, al cambio climático. La disminución en esta concentración atmosférica puede ser el resultado de evitar emisiones (bosques que no son talados) o la captura del carbono atmosférico (absorción por almacenes naturales), (Yañez, 2004).

De esta manera las empresas emisoras de CO<sub>2</sub> pueden “compensar” el efecto negativo de las emisiones de sus actividades económicas mediante la inversión o compra de “créditos” en proyectos cuyo resultado sea la captura del carbono que se halla en la atmosfera (Yañez, 2004).

## **B. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN EL SUELO (COS)**

### **1. Método de pérdida de carbono por ignición**

### **2. Calcinación**

Según Soul Survey Laboratory (1996). Este método determina el contenido total de materia orgánica que posee el suelo, completo o en alguna de sus fracciones. Debe tenerse presente que con este método se obtienen valores más altos en el contenido de materia orgánica del suelo, ya que con él se volatizan todas las formas de carbono orgánico (C<sub>2</sub>) presentes en la muestra.

La manera de hacer esta determinación de la materia orgánica del suelo consiste en:

- Se pesa una muestra de 6 ó 7 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm (o en la fracción requerida) y se coloca en crisoles de porcelana.
- Se seca el conjunto (la muestra y el crisol) en horno a 105° C hasta peso constante (aproximadamente entre 24 y 48 horas), se retira del horno y se deja enfriar en desecador, luego se pesa.
- Se calcina la muestra en una mufla a 650 ó 700° C, durante 3 ó 4 horas.
- Se retira de la mufla el conjunto, se deja enfriar en desecador y se pesa nuevamente.
- Se calcula la diferencia de peso entre las medidas antes y después de calcinar; esta diferencia de peso equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación.
- Se expresa la diferencia de peso en porcentaje (%), con respecto al peso inicial de la muestra (seca a 105° C) y ese es el porcentaje de materia orgánica que tenía aquella.

Se calcula el contenido de carbono orgánico con la siguiente ecuación

$$\%MO = \frac{A-B}{B} \times 100$$

$$\%CO = MO \times 1.724$$

Donde

A= Peso de la muestra

B=Peso de la muestra calcinada a 700 °C

### 1. Método de Walkley y Black

Con este método se estima el contenido de carbono orgánico total de una muestra de suelo, completo o de alguna de sus fracciones. Es el método más utilizado en los laboratorios edafológicos para evaluar la materia orgánica del suelo. . Soul Survey Laboratory (1996).

Este método actúa sobre las formas más activas del carbono orgánico que posee el suelo y no produce una oxidación completa de dichos compuestos, por lo que se deben hacer ajustes a los resultados obtenidos en el laboratorio, cuando se quieren expresar en términos de contenido de materia orgánica. El (SSL, 1996) recomienda utilizar un factor de corrección igual a 1.724, asumiendo que la materia orgánica tiene 58% de carbono orgánico. . Soul Survey Laboratory (1996).

Los procedimientos para llevar a cabo esta determinación son los siguientes:

- Se pesan entre 0,2 y 2 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm (o al tamaño de la fracción requerida), dependiendo del color del suelo: más oscuro menos cantidad y viceversa.
- Se coloca la muestra en un erlenmeyer de 250 mL y se le adicionan 5 mL de dicromato de potasio 1N y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se agita y se deja enfriar; hay que tener precaución en este punto pues la reacción que se presenta es violenta.
- Cuando se enfría el conjunto anterior, se diluye con 50 mL de agua destilada y se le agregan 5 mL de ácido fosfórico y 3 gotas de difenilamina o 5 gotas de ortofenantrolina.
- Se prepara un blanco, es decir, una mezcla de todos los reactivos mencionados pero sin suelo.
- Se titulan la mezcla inicial y el blanco con una solución de sulfato ferroso 1N, la titulación está completa cuando se obtiene un color verde.
- Se calcula el contenido de carbono orgánico con la ecuación siguiente:

$$\% C = \frac{V \left(1 - \frac{M}{B}\right) \cdot 0.003}{Pm}$$

Dónde: %C = porcentaje de carbono orgánico

V = Volumen de dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco

(5 mL)

M = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra.

B = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

Pm = Peso de la muestra de suelo

- Se transforma el contenido de carbono orgánico a contenido de materia orgánica, en porcentaje (%MO), mediante la relación:

$$\%MO = \%C * 1.724$$

El (SSL 1995) recomienda que cuando el contenido de carbono orgánico dé valores mayores a 8%, no debe ser tomado en cuenta y que, el contenido de materia orgánica del suelo en cuestión deba ser evaluado por el método de calcinación a 400° C.

Con este método, como ya se dijo, puede quedar alguna parte del material orgánico del suelo sin oxidar, sobre todo en sus fracciones más frescas y más gruesas, por lo cual los valores de materia orgánica del suelo pueden quedar subestimados, aunque en una fracción orgánica poco o nada activa en él. La reacción de oxidación que se produce en esta determinación es violenta y desprende gran cantidad de vapores, razón que obliga a hacerla bajo campana extractora y con la protección adecuada. Soul Survey Laboratory (1996).

### **C. SUELOS**

Existen varios conceptos de suelo:

Según (Oñate, 2008) en el suelo hemos visto materiales sueltos, no consolidados, yacentes sobre las rocas del subsuelo. Sobre un lecho de rocas, casi universalmente, se

hallan restos incoherentes, este material, conocido como capa filtrante u horizontal iluvial, puede ser muy delgado o al contrario, alcanzar centenares de metros de espesor.

Material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado periodo.

Es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos. Además, el suelo juega un papel ambiental de suma importancia, ya que puede considerarse como un reactor bio-físico-químico en donde se descompone material de desecho que es reciclado dentro de él (Hillel, 1998).

## **1. El perfil del suelo y sus horizontes**

El perfil del suelo, incluye el conjunto de todos los horizontes genéticos, las capas orgánicas sobre la superficie, y el material madre u otras capas debajo del “solum”, que influyen en la génesis y en el comportamiento del suelo. (FAO, 2012)

Los diferentes horizontes que constituyen un perfil de un suelo determinado, se diferencian entre sí en una o más de las siguientes propiedades: COLOR, TEXTURA, ESTRUCTURA, CONSISTENCIA y REACCION o pH. (FAO, 2012)

No es absolutamente necesario designar los horizontes para lograr una buena descripción de un perfil. No obstante, la utilidad de las descripciones se ve incrementada por el uso adecuado de las designaciones genéticas tales como A, E, B y C. (FAO, 2012)

Tales interpretaciones muestran las relaciones genéticas entre los horizontes de un perfil, mientras que números como 1, 2, 3, etc. o letras indefinidas, no nos dicen nada,

excepto la secuencia en profundidad. Las designaciones genéticas permiten las comparaciones entre suelos. (FAO, 2012)

## **2. Características físicas del Suelo**

Según (FAO, 2012) las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la 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.

### **a. Textura**

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. (Buckman, 1993).

**Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo según (U.S.D.A)**

<b>Nombre</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Arcilla	< 0,002
Limo	0,002 - 0,05
Arena	0,05 - 2,0
Arena fina	0,05 – 0,5
Arena gruesa	0,5 – 2,0

Fuente: FAO, 2012

## **b. Humedad**

Dependiendo del tamaño de las partículas y del contenido en materia orgánica, el volumen total de los poros varía enormemente de suelo a suelo. El volumen total de los poros es el factor clave para la capacidad de almacenamiento de agua de cualquier suelo. (Chapman, 1995).

Cuanto más pequeño sea el diámetro de los poros llenos de agua, mayor será la energía que las plantas deban utilizar para extraer esa agua, ya que es retenida con mayor fuerza (Chapman, 1995).

## **c. Estructura**

Según (Buol, 1989), Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

### **Cuadro 2. Grados de estructura del suelo**

<b>Estructura aglomerado</b>	<b>de</b>	(coherente) donde todo el horizonte del suelo aparece cementado en una gran masa;
<b>Estructura grano simple</b>	<b>de</b>	(sin coherencia) donde las partículas individuales del suelo no muestran tendencia a agruparse, como la arena pura;

<b>Estructura moderada</b>	Los agregados bien formados y diferenciados de duración moderada, y evidentes aunque indistintos en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico se rompe en una mezcla de varios agregados enteros distintos, algunos rotos y poco material no agregado
<b>Estructura fuerte:</b>	Se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados que son duraderos y evidentes en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico está integrado principalmente por agregados enteros e incluye algunos quebrados y poco o ningún material no agregado

Fuente: (FAO 2012).

#### **d. Profundidad efectiva**

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten (FAO, 2012).

### **3. Características químicas del suelo**

La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (Bornemisza, 1982). Algunas propiedades químicas del suelo son:

#### **a. Materia orgánica**

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por esos organismos. Esta definición es muy amplia pues incluye tanto a los materiales poco alterados como a aquellos que sí han experimentado cambios de descomposición, transformación y re síntesis dentro del suelo (INE, 2007).

De acuerdo con (Oñate, 2008) el contenido de materia orgánica en el suelo según su porcentaje es:

**Cuadro 3. Porcentaje de Materia Orgánica en el suelo.**

<b>% de Materia Orgánica</b>	<b>Denominación</b>
0 – 1	Muy bajo
1,1 - 2,9	Bajo
3 - 5,9	Medio
>6	Alto

**Fuente:** (Oñate, M. 2008)

**D. BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DE CORDILLERA OCCIDENTAL DE LOS ANDES (BsMn03)**

Bosques siempreverdes multiestratificados, el dosel alcanza entre 20 a 25 m. Los árboles están cubiertos de briofitos y se puede observar, una gran representatividad de familias de plantas epifitas vasculares como: Araceae, Orchidaceae, Bromeliaceae y Cyclanthaceae. En el estrato herbáceo, se puede observar una cobertura densa de Gesneriaceae, Ericaceae y gran cantidad de helechos (Cerón 2004). En el dosel son frecuentes las familias como: Lauraceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Clusiaceae, Primulaceae, Cunoniaceae y Moraceae; en el subdosel: Rubiaceae, Actinidiaceae, Siparunaceae, Melastomataceae y Moraceae. Géneros representativos en este ecosistema son: Clusia, Nectandra, Persea, Meriania, Miconia, Saurauia, Weinmannia, Hieronyma, Geissanthus, Palicourea, Psychotria y Faramea. En áreas con mayor intervención, se puede observar gran cobertura de Chusquea spp. (Cerón y Jiménez 1998). En este ecosistema, la gran cantidad de nubes afecta la energía, luz y regímenes de temperatura y aportan potencialmente una gran cantidad de agua como lluvia y precipitación horizontal. Las plantas del estrato herbáceo y epífita son captadoras y filtradoras de esta gran humedad ambiental (Cerón, 2004 & Mulligan, 2010).

La riqueza de especies en este ecosistema muestra una clara tendencia de decrecimiento con la altitud en número de especies/ha (Valencia, 1999).

## **1. Ecosistema Pastizal**

Los pastizales son ecosistemas caracterizados por presentar una vegetación abierta dominada por especies herbáceas y cuya producción primaria es aprovechada directamente por los herbívoros (Miller, 1990).

Suelen estar situados en zonas con productividad relativamente baja que no son adecuadas para usos agrícolas intensivos. En ellas, el pastoreo es un procedimiento eficaz para recolectar y transformar su dispersa producción primaria en productos para uso o consumo humano. A pesar del predominio herbáceo, el componente arbustivo y arbóreo juega con frecuencia un papel clave como protección o recurso trófico, en especial durante las épocas de escasez de herbáceas. La composición y productividad de los pastos está regulada por la actividad de los herbívoros y el hecho de que su manejo requiera contar con otro nivel trófico además del de los productores primarios (en comparación con los cultivos o la producción forestal), supone un grado añadido de complejidad y retos para la Ecología aplicada a la gestión de los recursos naturales. Los pastizales ocupan algo más de la cuarta parte de la superficie emergida del planeta (Newman, 2000).

Si a esa estimación unimos la superficie de tundras y desiertos, obtendríamos que entre un 35% y un 42% de la superficie de los continentes está manejada principalmente con herbívoros. La mitad aproximadamente son comunidades donde el desarrollo de la vegetación leñosa está limitado por las condiciones climáticas y, en menor medida, edáficas (MacFadden, 1997).

Generalmente este hecho es consecuencia de precipitaciones bajas, de la existencia de largos periodos al año con bajas temperaturas o con el suelo congelado o debido a un exceso de salinidad en el suelo. A este grupo pertenecen las estepas, praderas de latitud media, tundras o pastizales alpinos como es el caso de las steppes o prairie norteamericanas, estepas asiáticas, pampas argentinas o los pastizales alpinos europeos. La otra mitad son pastizales en los que la vegetación leñosa es retirada periódicamente de manera natural o como resultado de actividades humanas como el pastoreo con Año

XII, N°3 / 2003 Septiembre - Diciembre ganado, fuegos intencionados, desbroce, roturación, abonado, riego o siega, dando lugar, en muchos casos, a complejas combinaciones de prácticas de manejo (Galaty & Johnson, 1990).

Pertencen a este grupo muchas de las sabanas de América y África y de los pastizales de Europa, Japón, Este y Norte de América y áreas extensas de Australia y Asia, y es el caso de las dehesas, los pastizales alpinizados de "puerto" y las praderías. Así, dentro de la denominación general de pastizales se incluyen ecosistemas sometidos a condiciones ambientales y de manejo muy variadas y se necesita un esfuerzo grande de síntesis, todavía no realizado, para establecer las bases ecológicas para su gestión.

**a. Captura de carbono en pastizales**

La captura de carbono (C) en ecosistemas terrestres es parcialmente responsable en la mitigación del incremento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico, aunque se desconoce el tamaño exacto y su distribución de este sumidero de C (Janssens, 2003) este proceso remueve el CO<sub>2</sub> de la atmosfera y lo deposita en sitios de reserva con diferente duración de vida. La cantidad de la captura de C es el balance total entre la fijación de CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis y las pérdidas del ecosistemas a través de la respiración y otros flujos adicionales, particularmente C orgánico e inorgánico disuelto (Chapin, 2002).

Cerca de 32 % de la vegetación natural de la tierra lo constituyen los pastizales de clima templado, contribuyendo significativamente en el ciclo del C (Adams, 1990).

Se estima que la materia orgánica de suelo (MOS) en dichos pastizales promedia 3.31x10<sup>4</sup> gm<sup>-2</sup> y que contienen 12 % de la MOS del planeta. El ambiente relativamente estable de estos pastizales, es propio para la acumulación de materia orgánica

## **b. El pastoreo y sus efectos generales**

En sistemas ganaderos la cantidad de herbívoros domésticos por unidad de superficie es aproximadamente un orden de magnitud mayor a la de herbívoros nativos presentes en condiciones naturales (Oesterheld, 1992). El incremento de las cargas animales conlleva diversas alteraciones estructurales y funcionales de los ecosistemas. (Milchunas & Lauenroth, 1993).

Estas alteraciones estructurales o funcionales del ecosistema pueden afectar el ciclo de los nutrientes, el flujo de la energía o a la composición de las especies animales y vegetales (Sala, 1988). Por otra parte, los cambios ocasionados por el pastoreo pueden separarse en aquellos que son consecuencia inmediata del disturbio (corto plazo) y aquellos que son producto de la acumulación de efectos de los sucesivos eventos de pastoreo (largo plazo) (Brown & Allen 1989). Si consideramos un área de vegetación no perturbada, el comienzo del pastoreo constituye un disturbio que provoca respuestas inmediatas o de corto plazo. Sin embargo, en muchos ecosistemas este disturbio se torna recurrente y constituye un factor más del ambiente (Brown & Allen 1989). En este último caso, el pastoreo induce, en el largo plazo, una reorganización del ecosistema (Milchunas, 1988)

## **c. El pastoreo y la materia orgánica del suelo (MOS)**

Algunos estudios en la región indican que el Carbono Orgánico del Suelo(COS) se mantiene en niveles similares a los anteriores a la introducción de los herbívoros domésticos (Lavado y Taboada 1985, Lavado et al. 1995) mientras que otros señalan leves descensos en la materia orgánica (Alvarez, 2001).

A nivel global, los estudios señalan resultados similares. Sin embargo, algunos autores del hemisferio norte encontraron incrementos en la acumulación de C en los pastizales pastoreados con respecto a situaciones sin pastoreo, pero generalmente significativos solo en los primeros centímetros de suelo (Schumanet, 1999 & Conant, 2001).

Basándose en estos trabajos (Conant, 2001) proponen al pastoreo como un potencial instrumento para secuestrar C, principalmente en zonas con precipitaciones mayores a 800 mm.

(Milchunas & Lauenroth, 1993) realizaron una revisión bibliográfica extensa a escala global y concluyeron que los efectos del pastoreo sobre el COS son extremadamente variables sin un patrón de aumento o descenso en función de la precipitación. Sin embargo, no profundizaron en los factores que explicarían estas variaciones.

La asignación de recursos entre los órganos aéreos y subterráneos y la distribución vertical de biomasa subterránea son determinantes principales de distribución de carbono orgánico del suelo en el perfil del suelo (Jobbagy & Jackson 2000).

El pastoreo altera la asignación de recursos y la distribución de raíces en profundidad (Doll & Deregibus 1986) y puede aumentar o disminuir el carbono orgánico del suelo.

(Milchunas & Lauenroth 1993),). A su vez la magnitud de las entradas de C (la PPN) y la proporción de esta que es destinada a órganos subterráneos (que tienen mayor eficiencia para convertir PPN en COS que las partes aéreas), son factores importantes que pueden ser alterados por el pastoreo y por ende cambiar la acumulación de carbono orgánico del suelo.

(Derner, 2006). Casi todos los estudios que analizan los efectos del pastoreo sobre la materia orgánica del suelo realizan mediciones del COS total. Sin embargo, las alteraciones en las reservas de materia orgánica pueden ser oscurecidas por la gran cantidad (generalmente mayor al 50 %) de materia orgánica recalcitrante que es inalterable en el corto y mediano plazo-

(Andriulo, 1999). Por el contrario, es esperable observar grandes cambios en las fracciones de materia orgánica de reciente formación. La separación de estas fracciones utilizando tamices (Cambardella & Elliot 1992) o con soluciones de alta densidad.

(Alvarez, 1998), ha sido empleada con éxito por otros autores para evaluar los efectos de la agricultura y las forestaciones/deforestaciones sobre el COS (Chan, 2002). El ciclo del N podría condicionar la acumulación y la reserva de C en ecosistemas pastoreado.

## **E. GEOREFENCIACIÓN**

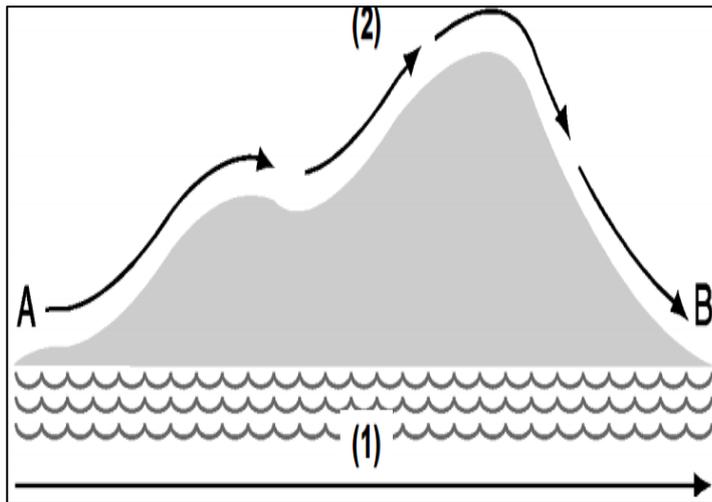
La georeferenciación se refiere a la localización precisa en un mapa de cualquier lugar de la superficie, lo cual requiere la participación de diferentes disciplinas:

- a) **Geodesia:** Desarrolla sistemas de reforestación que permiten localizar con precisión cualquier lugar de la superficie terrestre.
- b) **Topografía:** proporciona los datums, que permiten aplicar los sistemas de referenciación geodésicos.
- c) **Cartografía:** desarrolla sistemas de proyección que permiten referir sobre un plano cualquier lugar de la superficie terrestre según su posición geográfica.
- d) **Sistemas de Información Geográfica: (S.I.G):** Proporciona una estructura de datos digitales que permiten aplicar los sistemas de proyección cartográficos en las computadoras (GIS.2014)

### **1. Geodesia**

Si queremos saber la posición de un objeto sobre la superficie terrestre o queremos medir distancias entre, es necesario estimar previamente el tamaño y la forma de la tierra. A esta tarea dedica la Geodesia, pero se enfrenta al problema de que la forma de la superficie terrestre es irregular.

Por ejemplo, la distancia entre los puntos A y B de playa al borde de una montaña dependerá de la ruta escogida para realizar la medida si vamos a lo largo de la costa por la orilla (1) la distancia será menor que si vamos por la montaña (2) Para resolver esta situación, es una práctica común reducir todas las medidas a una superficie de mediana más regular. (GIS.2014)



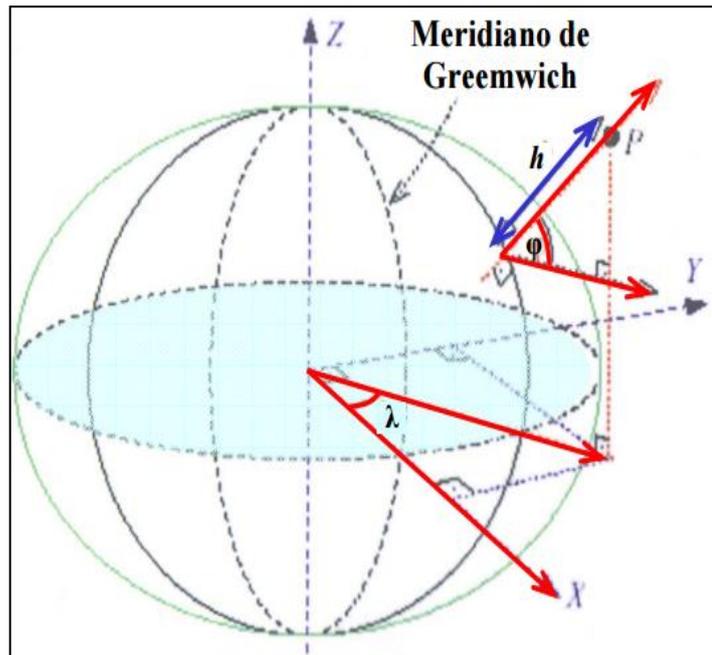
**Figura 1. Superficie de referencia**

## **2. Sistemas de referencia terrestre internacional WGS84**

El marco de referencia terrestre WGS84 es constante con ITRF y las diferencias entre ambos son los del orden de centímetros a lo largo de todo el globo. Mediante un simple cálculo es posible transformar las coordenadas de un sistema a otro.

En WGS84 se emplean coordenadas angulares o geográficas mediante las cuales se indica la posición en latitud y altitud. La latitud suele referirse a la altitud elipsoidal.

El sistema WGS84 tiene la ventaja sobre ITRS de que permite realizar estimaciones teniendo en cuenta la curvatura de la elipse. Lo cual resulta fundamental en muchas aplicaciones cartográficas medir distancias entre dos puntos definir direcciones o calcular superficies. El sistema Geodésico Mundial WGS84 se ha obtenido gracias al sistema GPS que permite obtener, con una enorme precisión, valores del geoide directamente ya que las orbitas de los satélites describen una superficie equipotencial similar a la del geoide. Sin embargo debido a la complejidad morfológica del geoide, se emplea una figura geométrica de referencia (elipsoide WGS84) que simplifica enormemente los cálculos. (GIS.2014)



**Figura 2. Sistema Geodésico Mundial WGS84**

### **3. Fuentes de error en las estimaciones del Gps**

- Existen diversas fuentes de error en las estimaciones del GPS
- Errores debido al ruido de la señal son: pequeños, alrededor de 1 metro
- Errores en los datos de las efemérides, en el estado de la troposfera, reflexiones de la señal en superficies cercanas al receptor, etc.
- Sesgos debidos al sistema de seguridad; limita intencionadamente la exactitud de la señal (Disponibilidad Selectiva). Pueden suponer una pérdida de precisión de 100 metros
- Equivocaciones en la selección del Datum adecuado: pueden producir errores de miles de metros
- Fallos de software o hardware del receptor. (GIS.2014)

#### **IV. MATERIALES Y METODOS**

##### **A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DEL ESTUDIO**

###### **1. Localización.**

El presente trabajo se realizó en el bosque nativo y pastizal de la reserva Huayrapalte, cantón Suscal, provincia Cañar.

###### **a. Superficie**

El bosque nativo de la reserva Huayrapalte tiene una superficie total de 78, 82 hectáreas, mientras el pastizal tiene una superficie de 11, 28 hectáreas.

###### **2. Ubicación geográfica**

<b>Bosque Nativo</b>	<b>Sistema de pastoreo</b>
<b>X= 718464</b>	<b>X= 719632</b>
<b>Y= 9731784</b>	<b>Y=9731399</b>
<b>Altura= 3300 msnm</b>	

**Fuente:** Coordenadas proyectadas UTM zona 17S, DATUM WGS 84

**Elaborado por:** Morocho, V. 2016

###### **3. Características climáticas**

Precipitación: 1500 mm/año

Temperatura media anual 12 oC

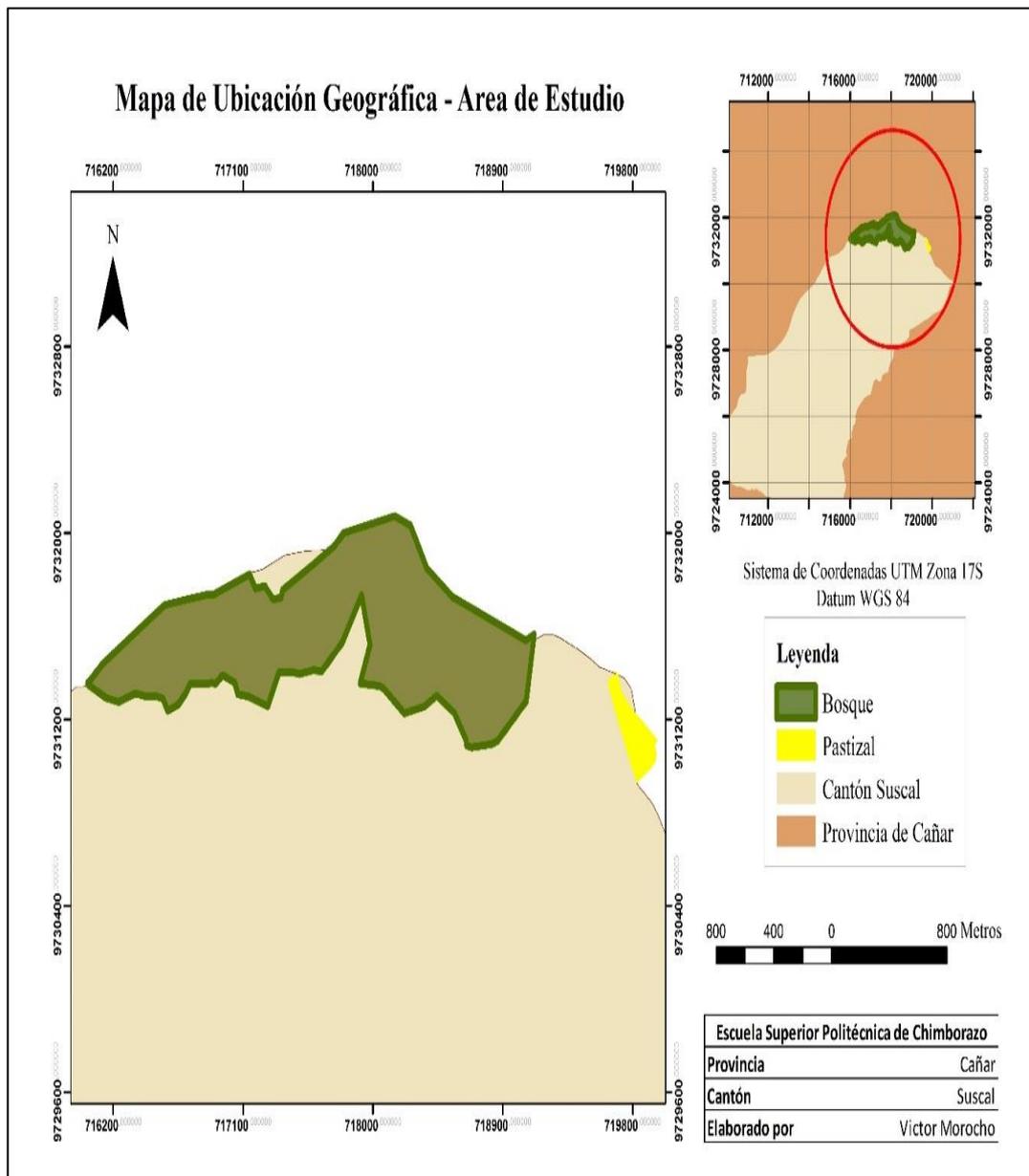
Nubosidad: 44.29 %

Humedad relativa: 77,50 %.

(PDOTS, 2014)

#### 4. Ubicación ecológica

Según Ministerio del Ambiente (Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental) el bosque nativo Huayrapalte del cantón Suscal tiene la siguiente clasificación ecológica: Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes altitudes de los 2000 a 3100 msnm.



**Fuente:** Unidad de control ambiental Suscal  
**Elaborado por:** Morocho, V. 2016

**Figura 3. Ubicación geográfica-área del estudio**

## B. MATERIALES

### 1. Materiales de campo

GPS, cinta métrica (30 m), lápiz, libreta, formularios, etiquetas, de campo, pala de desfonde, barreta, botas de campo, brújula, vehículo, mochila, machete, fundas ziploc y cámara fotográfica

### 2. Materiales de oficina

Calculadora, laptop, lápiz, hojas

## C. METODOLOGÍA

Para cumplir los siguientes objetivos planteados para la presente investigación, se procedió a desarrollar el trabajo de la siguiente manera.

### a. Tipo de diseño experimental

Para la investigación se utilizó Diseño de Bloques Completamente al Azar Bi-factorial, con tres altitudes y cuatro repeticiones por parcelas tanto en el bosque nativo como en el pastizal.

### b. Análisis estadístico

#### Cuadro 4. Análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	Formula	Grados de libertad
Repetición	$(r-1)$	3
Altitud	$(a-1)$	2
Profundidad	$(p-1)$	2
Altitud * profundidad	$(a-1)(p-1)$	4
Error	$rp(ap)$	24
<b>Total</b>	<b><math>rap(ap)</math></b>	<b>35</b>

Elaborado por: Morocho, V. 2016

Se utilizó el mismo diseño de ADEVA para el ecosistema bosque y pastizal

**Cuadro 5. Codificación del área de estudio a 3100 msnm**

Altitud	Parcela	Código	descripción
A1 3100 msnm	P1	A1P1p1	Altitud (3100msnm) +P1 + profundidad de 0 - 20 cm
		A1P1p2	Altitud (3100msnm) +P1 + profundidad de 20 - 30 cm
		A1P1p3	Altitud (3100msnm) +P1 + profundidad de 30 - 40 cm
	P2	A1P2p1	Altitud (3100msnm) +P2 + profundidad de 0 - 20 cm
		A1P2p2	Altitud (3100msnm) +P2 + profundidad de 20 - 30 cm
		A1P2p3	Altitud (3100msnm) +P2+ profundidad de 30 - 40 cm
	P3	A1P3p1	Altitud (3100msnm) +P3 + profundidad de 0 - 20 cm
		A1P3p2	Altitud (3100msnm) +P3 + profundidad de 20 - 30 cm
		A1P3p3	Altitud (3100msnm) +P3 + profundidad de 30 - 40 cm
	P4	A1P4p1	Altitud (3100msnm) +P4 + profundidad de 0 - 20 cm
		A1P4p2	Altitud (3100msnm) +P4 + profundidad de 20 - 30 cm
		A1P4p3	Altitud (3100msnm) +P4 + profundidad de 30 - 40 cm

Elaborado por: Morocho, V. 2016

**Cuadro 6. Codificación del área de estudio a 3200 msnm**

Altitud	Parcela	Código	Descripción
A2 3200 msnm	P1	A2P1p1	Altitud (3200msnm) +P1 + profundidad de 0 - 20 cm
		A2P1p2	Altitud (3200msnm) +P1 + profundidad de 20 - 30 cm
		A2P1p3	Altitud (3200msnm) +P1 + profundidad de 30 - 40 cm
	p2	A2P2p1	Altitud (3200msnm) +P2 + profundidad de 0 - 20 cm
		A2P2p2	Altitud (3200msnm) +P2 + profundidad de 20 - 30 cm
		A2P2p3	Altitud (3200msnm) +P2+ profundidad de 30 - 40 cm
	P3	A2P3p1	Altitud (3200msnm) +P3 + profundidad de 0 - 20 cm
		A2P3p2	Altitud (3200msnm) +P3 + profundidad de 20 - 30 cm
		A2P3p3	Altitud (3200msnm) +P3 + profundidad de 30 - 40 cm
	P4	A2P4p1	Altitud (3200msnm) +P4 + profundidad de 0 - 20 cm
		A2P4p2	Altitud (3200msnm) +P4 + profundidad de 20 - 30 cm
		A2P4p3	Altitud (3200msnm) +P4 + profundidad de 30 - 40 cm

Elaborado por: Morocho, V. 2016

## Cuadro 7. Codificación del área de estudio a 3300 msnm

Parcela	Parcela	Código	Descripción
A3 3300 msnm	P1	A3P1p1	Altitud (3300msnm) +P1 + profundidad de 0 - 20 cm
		A3P1p2	Altitud (3300msnm) +P1 + profundidad de 20 - 30 cm
		A3P1p3	Altitud (3300msnm) +P1 + profundidad de 30 - 40 cm
	P2	A3P2p1	Altitud (3300msnm) +P2 + profundidad de 0 - 20 cm
		A3P2p2	Altitud (3300msnm) +P2 + profundidad de 20 - 30 cm
		A3P2p3	Altitud (3300msnm) +P2+ profundidad de 30 - 40 cm
	P3	A3P3p1	Altitud (3300msnm) +P3 + profundidad de 0 - 20 cm
		A3P3p2	Altitud (3300msnm) +P3 + profundidad de 20 - 30 cm
		A3P3p3	Altitud (3300msnm) +P3 + profundidad de 30 - 40 cm
	P4	A3P4p1	Altitud (3300msnm) +P4 + profundidad de 0 - 20 cm
		A3P4p2	Altitud (3300msnm) +P4 + profundidad de 20 - 30 cm
		A3P4p3	Altitud (3300msnm) +P4 + profundidad de 30 - 40 cm

**Elaborado por:** Morocho, V. 2016

### 1. Análisis funcional

Se determinó el coeficiente de variación, también se realizó la prueba de Tukey al 5 % para las medias de las altitudes y profundidades.

#### A. MUESTREO

##### 1. Diseño de muestreo

Para el levantamiento de información en campo se estableció 12 parcelas en el bosque nativo y 12 parcelas en el sistema de pastoreo y se diseñó las parcelas en tres pisos altitudinales diferentes y las parcelas fueron tomadas de forma rectangular de 20 metros de largo y 20 metros de ancho a tres profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 30 cm y 30 a 40 cm de profundidad.



**Gráfico 1. Medición de las parcelas**

## **2. Mediciones y observaciones en las parcelas**

### **a. Acceso a la parcela**

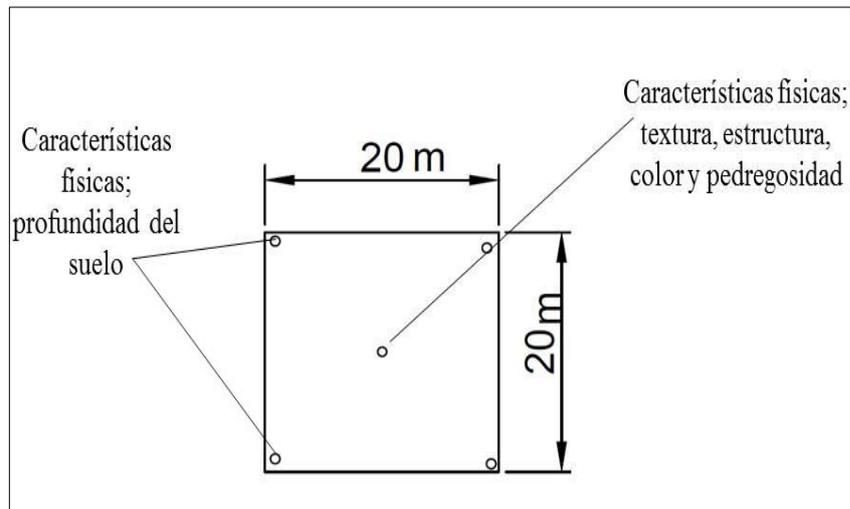
Para acceder a las parcelas se utilizó el GPS georeferenciándose también con alguna característica en particular como caminos, ojos de agua que facilite el segundo acceso, también se contó con un guía nativo en la primera visita

### **b. Trazado o instalación de las parcelas**

Se instalaron cuatro parcelas en la altura baja, tanto en la altura media y en la altura alta, se siguió el mismo procedimiento en el bosque nativo como en el pastizal.

## **3. Observaciones de la muestra del suelo**

La información del suelo es necesaria para realizar el reporte del carbono y las características de los ecosistemas, las características físicas y muestras del suelo para el análisis de laboratorio se establecieron parcelas de 20 x 20 m

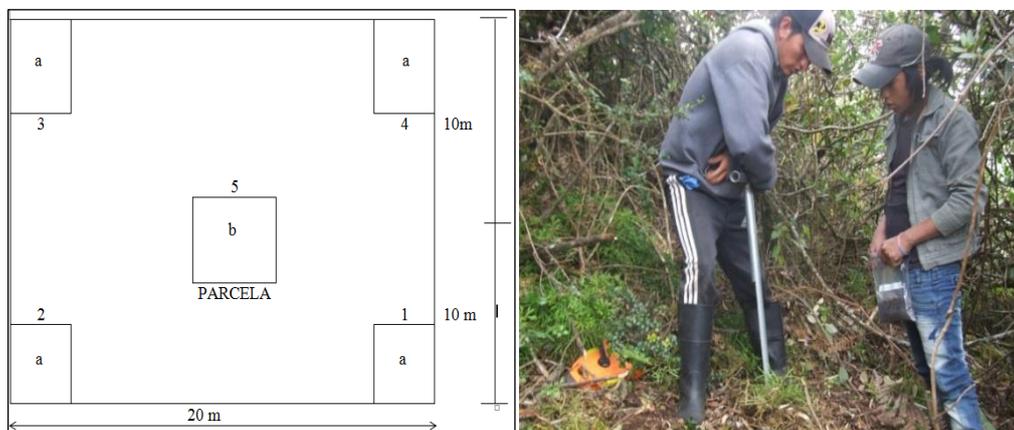


**Gráfico 2. Ubicación de los puntos para la caracterización de los puntos del suelo y de las cinco calicatas (MAE, 2012).**

- Se siguió los mismos procedimientos tanto en el bosque nativo como en los pastizales
- En el punto central de cada parcela se observó la textura, estructura, el color, del suelo.
- Se estableció tres altitudes en la zona de estudio, la baja de 3100 msnm, la media de 3200 msnm y la alta de 3300 msnm y también se estableció cuatro parcelas en cada altitud, sumando en total de doce parcelas en las tres altitudes tanto en el bosque nativo como en el pastizal (Figura. 4 y Figura 5)
- Para determinar el contenido del carbono se extrajeron muestras de suelos a tres diferentes profundidades (0-20, 20-30, 30-40 cm) donde los cambios son más notorios.
- De cada parcela se extrajo 12 muestras simples y luego se procedió a mezclar de las mismas profundidades y se obtuvo 3 muestras compuestas en cada parcela, sumando un total de 12 muestras compuestas en cada piso altitudinal

- Se extrajeron 36 muestras compuestas en el bosque nativo y 36 muestras compuestas en el suelo del pastizal, sumando un total de 72 muestras compuestas para determinar el contenido de carbono edáfico
- Para determinar las propiedades físicas del suelo se recolectaron 12 muestras simples y luego de mezclar se obtuvo 9 muestras compuestas de las tres pisos altitudinales, se siguió el mismo procedimiento para dos ecosistemas. En total obtuvimos 18 muestras compuestas

De manera detallada el procedimiento a seguir fue:



**Gráfico 3. Número de muestras a extraer por profundidad en 24 parcelas (a) Carbono Orgánico, Densidad aparente y (b) Pruebas Físicas**

- Se retiró todas las hojarascas hasta observar un suelo limpio en el caso del bosque nativo, se retiró el pasto fresco hasta observar el suelo fresco en los cinco puntos de muestreo.
- Utilizando el barreno se procedió a tomar las muestras en los vértices de la parcela hasta la profundidad establecida (40 cm).

- Este mismo procedimiento se siguió para tomar las muestras del bosque nativo y del pastizal , también se siguió el mismo procedimiento para tomar muestras de 0 a 20 cm, de 20 a 30 cm y 30 a 40 cm de profundidad
- Se depositó la muestra en la funda plástica, es cerrada herméticamente, etiquetada (Grafico. 4)



**Gráfico 4. Extracción de la muestra de suelo a cada profundidad**

- A continuación se describe el procedimiento para evaluar las propiedades físicas del suelo es el siguiente:
- La profundidad del suelo (horizonte orgánico) se tomó con el promedio de dos puntos de muestreo tal como se muestra en la (Gráfico 1). La medición se realizó con el barreno espiral y con la calicata realizada
- Luego de concluir la fase de campo, las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio de suelos ubicada en la facultad de Recursos Naturales de la universidad del ESPOCH, en donde el laboratorista realizó el análisis del suelo
- Se realizó el análisis de varianza entre altitud y profundidad del bosque nativo y pastizal

#### **4. Determinación del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) por el método de pérdida por Lost -Ignición**

Carbono en suelo (TmC/ha)= DA \* FC \* P \*A (Ecuación para determinar el contenido de carbono)

Dónde:

P = Profundidad de muestreo en cm.

FC = Contenido de carbono (%)

DA = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

A = Área (cm<sup>2</sup>) de la sección transversal de la muestra de suelo.

Con esta información obtenida y previamente revisada y realizada las correcciones respectivas, tanto en el campo (coordenadas de los puntos de muestreo, propiedades físicas del suelo) como en el laboratorio (densidad aparente, humedad, materia orgánica, carbono orgánico total). Posteriormente se realizó la tabulación y procesamiento de la información para la generación del informe final

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO

**Cuadro 8. Características físicas del suelo de Bosque Nativo**

Altitud (msnm)	Prof(cm)	Texturas	Estructura	Color
<b>Altitud 1 3100</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
	20-30	FA	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro
	30-40	AF	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro
<b>Altitud 2 3200</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
	20-30	FA	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
	30-40	FA	Suelta	10 YR 4/4 Amarillento oscuro
<b>Altitud 3 3300</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
	20-30	FA	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
	30-40	AF	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro

Elaborado por Morocho, V. 2106 (Laboratorio FRN)  
Dónde: FA: Franco Arenoso, AF: Arena Franca

Las características físicas del suelo del bosque nativo son las siguientes: poseen suelos con partículas gruesas que presentan textura franco arenoso en la mayor parte de las parcelas, excepto en las parcelas 1 y 3 que a una profundidad de 30-40 cm presentan una textura de tipo Arena Franca, todas las parcelas presentan una estructura suelta, con coloración de pardo grisáceo muy oscuro a pardo muy oscuro (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Características físicas del suelo del sistema de pastoreo**

Altitud (msnm)	Prof (cm).	Texturas	Estructura	Color
<b>Altitud 1 3100</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro
	20-30	FA	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro
	30-40	FA	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
<b>Altitud 2 3200</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro
	20-30	FA	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro
	30-40	FA	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro
<b>Altitud 3 3300</b>	0-20	FA	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro
	20-30	FA	Suelta	10YR ¾ Amarillento oscuro
	30-40	FA	Suelta	10 YR 4/4 Amarillento oscuro

Elaborado por : Morocho, V. 2106 (Laboratorio FRN)  
Dónde: FA: Franco Arenoso.

En el Cuadro 10 el suelo que conforma el pastizal presentó las siguientes características físicas: poseen suelos con partículas gruesas con textura franco arenosos, todas parcelas tienen una estructura suelta, con coloración de pardo grisáceo muy oscuro a pardo muy oscuro y amarillento oscuro

## **B. CONTENIDO DE CARBONO EN LOS ECOSISTEMAS BOSQUE NATIVO Y SISTEMA DE PASTOREO**

### **1. Puntos de muestreo para Bosque Nativo**

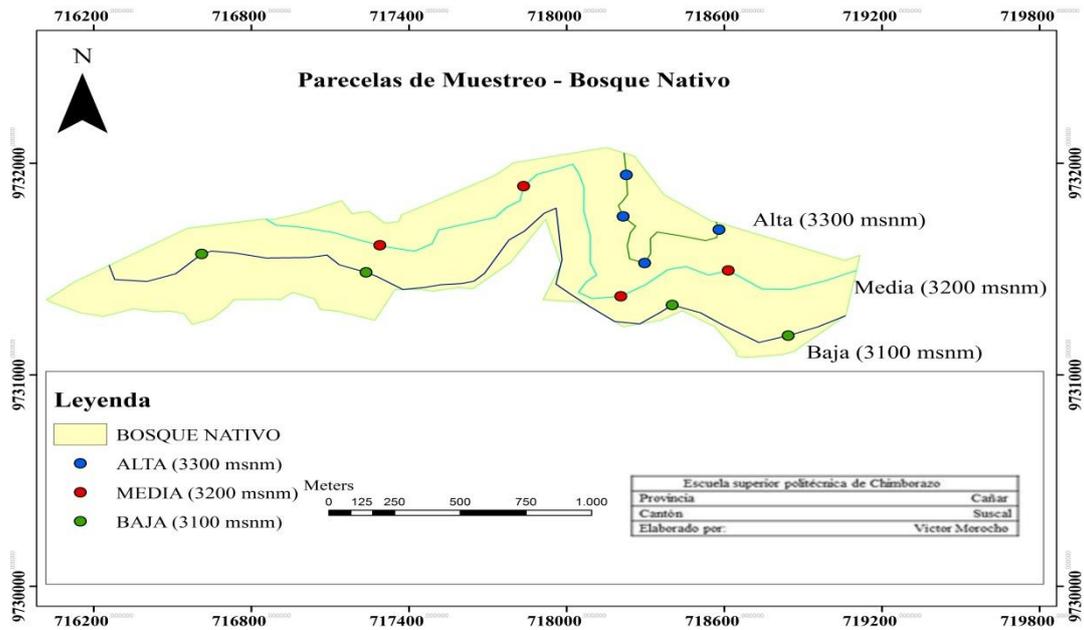
Se ubicó cuatro parcelas por piso altitudinal (Figura. 4), georeferenciándose un total de 12 puntos de control (Cuadro 11).

**Cuadro 10. Parcelas georeferenciadas en el Bosque Nativo**

Parcela	X- Coord.	Y- Coord.	ALTITUD	Pisos
			(m.sn.m)	Altitudinal
P1	716611	9731571	3300	Alta
P2	717237	9731484	3300	
P3	718402	9731330	3300	
P4	718843	9731185	3300	
P1	717289	9731612	3200	Media
P2	717836	9731892	3200	
P3	718206	9731371	3200	
P4	718615	9731493	3200	
P1	716611	9731571	3100	Baja
P2	717237	9731484	3100	
P3	718402	9731330	3100	
P4	718843	9731185	3100	

**Elaborado por:** Morocho, V.2016

**Dónde:** FA: Franco Arenoso, AF: Arena Franca



Elaborado por: Morocho, V. 2016

**Figura 4. Parcelas de muestreo del Bosque Nativo**

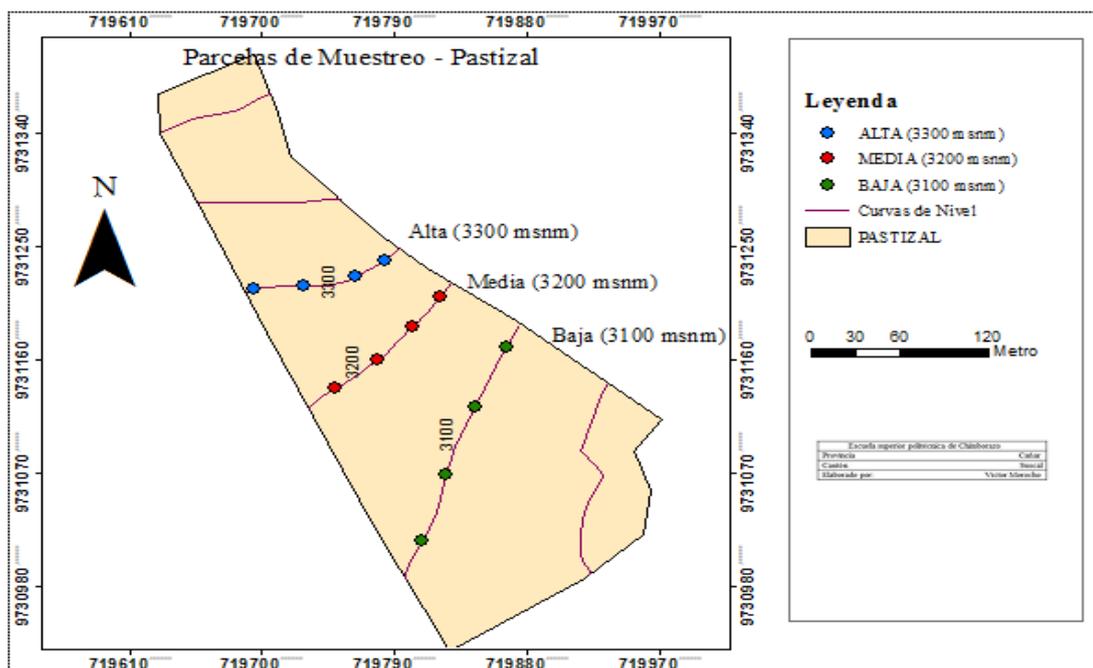
## 2. Parcelas georeferenciadas en el Sistema de Pastoreo

Se ubicó cuatro parcelas por piso altitudinal (Figura 5), georeferenciándose un total de 12 para pastizal (Cuadro 12)

**Cuadro 11. Puntos de muestreos en el Sistema de Pastoreo**

Parcela	X-Coord	Y-Coord	Altitud (m.s.n.m)	Piso Altitudinal
P1	719694	9731216	3300	Alta
P2	719728	9731219	3300	
P3	719764	9731226	3300	
P4	719783	9731239	3300	
P1	719750	9731137	3200	Media
P2	719779	9731160	3200	
P3	719802	9731186	3200	
P4	719821	9731210	3200	
P1	719840	9730967	3100	Baja
P2	719885	9731006	3100	
P3	719923	9731051	3100	
P4	7919951	9731103	3100	

Elaborado por: Morocho.V.2016



Elaborado por: Morocho, V. 2016

Figura 5. Parcelas de muestreo del Sistema de Pastoreo

### 3. Contenido carbono

#### a. Bosque Nativo

##### 1) Análisis estadístico

De acuerdo al análisis de varianza, se determinó que existe una diferencia altamente significativa al comparar el contenido de carbono encontrado en los distintos pisos altitudinales, además esta diferencia significativa se repitió dentro de cada piso altitudinal al comparar las distintas profundidades (Cuadro 13).

**Cuadro 12. Análisis de varianza del contenido del carbono del Bosque Nativo**

F. Variación	S.Cua	Gl	C. Medios	Fisher	P. Valor	Significancia
Repeticiones	930,55	3	310,18	1,59	0,2177	
Altitud	10204,28	2	5102,14	26,17	<0,0001	**
Profundidad	9484,49	2	4742,25	24,32	<0,0001	**
Altitud *Profundidad	1717,23	4	429,31	2,20	0,0992	
Error	4679,63	24	194,98			
Total	27016,18	35				
CV= 13,50						

Elaborado por: Morocho, V. 2016

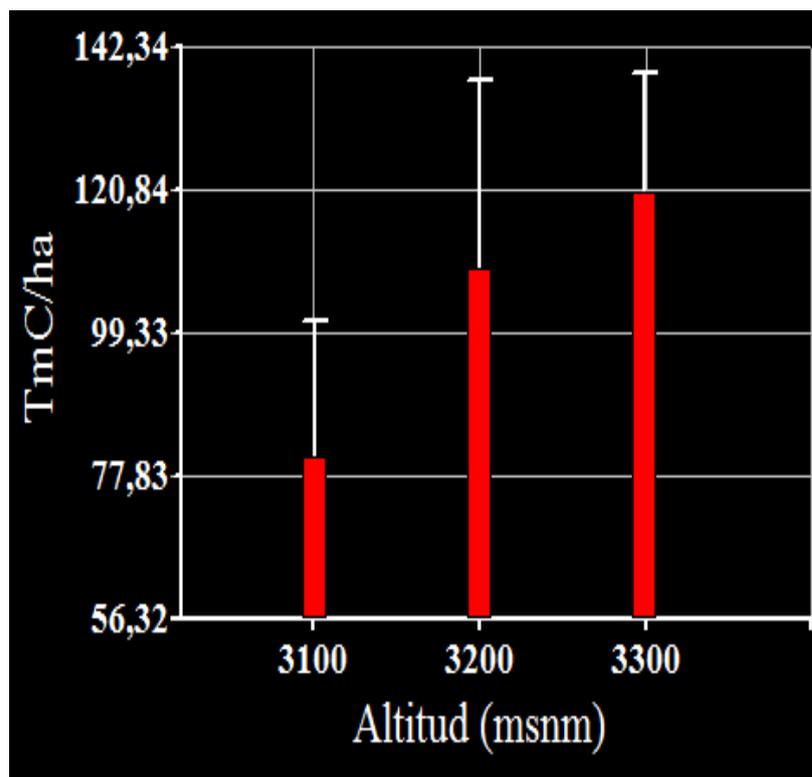
CV = Coeficiente de variación  
 \*\* = altamente significativo ( $P < .01$ )  
 \* = significativo ( $P < .05$ )  
 NS = No significativo ( $P > .05$ )

Con la prueba de Tukey (Cuadro 14) se realizó la separación de medias, la cual determino que el rango de los 3300 msnm es el más significativo.

**Cuadro 13. Comparación de medias según Tukey, de tres pisos altitudinales en el bosque nativo**

Altitud	Medias	Rango
3300	120,65	A
3200	109,14	B
3100	80,60	C

Elaborado por: Morocho, V. 2016



Elaborado por: Morocho, V. 2016

**Gráfico 5. Valor de medias de (TmC/ha), de tres pisos altitudinales en el bosque nativo**

Los resultados obtenidos indican que la mayor reserva de carbono almacenado se encuentra en la altura 3300 msnm con 120,65 TmC/ha,

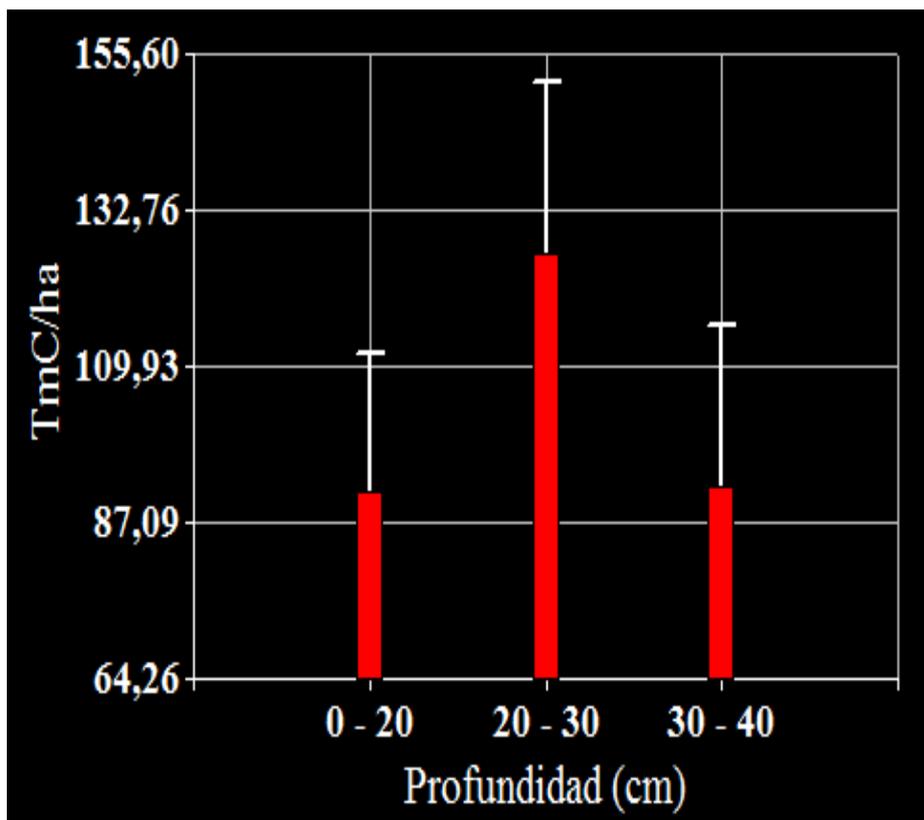
correspondiente al rango A. mientras tanto en la altitud 3100 msnm se encuentra menor cantidad de carbono almacenado con 80,60 TmC/ha, e ubicado en el rango B. Según estudios previos realizados por Ordoñez, P (2015), han determinado que la reducción de la temperatura ambiental asociada al incremento en la altitud, incide directamente en la tasa de descomposición de los materiales debido a la reducción en la actividad biológica, promoviendo la acumulación de materia orgánica y mayor tiempo de residencia del carbono en el suelo, también concuerda con los estudios realizados por: Cicerón, F. (2012), titulado “*determinación de carbono orgánico en la biomasa y suelo del páramo de la comunidad pichán central san isidro*”, donde obtuvieron que a 4090 msnm, hay un 21.22%, a 4100 msnm, hay un 24.5% a 4110 msnm hay 42.06% de Carbono en el Suelo, a 4120 msnm, hay un 42.93% , lo que indica que a mayor altitud existe mayor contenido de carbono.

En el (cuadro 12) se puede observar que existe mayor reserva de carbono almacenado en la profundidad dos de 20-30 cm, mientras tanto en la profundidad uno de 0-20 cm existe menor cantidad de carbono almacenado.

**Cuadro 14. Comparación de medias según Tukey de tres profundidades en el bosque nativo**

<b>Profundidad</b>	<b>Medias</b>	<b>Rango</b>
20-30 cm	126,42	A
30- 40 cm	92,24	B
0-20 cm	91,73	B

**Elaborado por:** Morocho, V. 2016



Elaborado por: Morocho, V. 2016

**Gráfico 6. Valor (TmC/ha) de tres profundidades en el bosque nativo**

Los resultados obtenidos indican que la mayor reserva de carbono almacenado se encuentra en la profundidad dos (20 -30), con 126,42 TmC/ha, correspondiente al rango A. mientras tanto en la profundidad uno se encuentra el menor cantidad de carbono almacenado, con 91,73 TmC/ha, correspondiente al rango A. Estos resultados son similares con el estudios realizado por Temuco (2009), titulado “*carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos*”, donde obtuvieron Valores altamente significativas entre 0-10,10-20 y 20-30 cm. presentaron los valores más altos en 20-30 cm. Las diferencias entre 0-10 y 20-30 cm para los contenidos de C, fueron de  $5.8 \text{ t ha}^{-1}$

## a. Pastizal

### 1) Análisis estadístico

De acuerdo al análisis de varianza, se determinó que no hay una diferencia significativa al comparar el contenido de carbono encontrado en los distintos pisos altitudinales en estudio, existe una diferencia significativa al comparar las distintas profundidades aplicada a este estudio (Cuadro 16)

**Cuadro 15. Análisis de varianza del contenido de carbono en el sistema de pastoreo**

F.Variación	S.Cua	Gl	C.Medios	Fisher	P.Valor	Significancia
Repeticiones	2425,22	3	808,41	1,04	0,3947	
Altitud	1493,39	2	746,69	0,96	0,3985	NS
Profundidad	83846,72	2	41923,36	53,69	<0,0001	**
Altitud *Profundidad	531,11	4	132,78	0,17	0,9516	NS
Error	18738,78	24	780,78			
Total	107035,22	35				
CV= 12,61						

Elaborado por: Morocho, V. 2016

CV = Coeficiente de variación

\*\* = altamente significativo ( $P < .01$ )

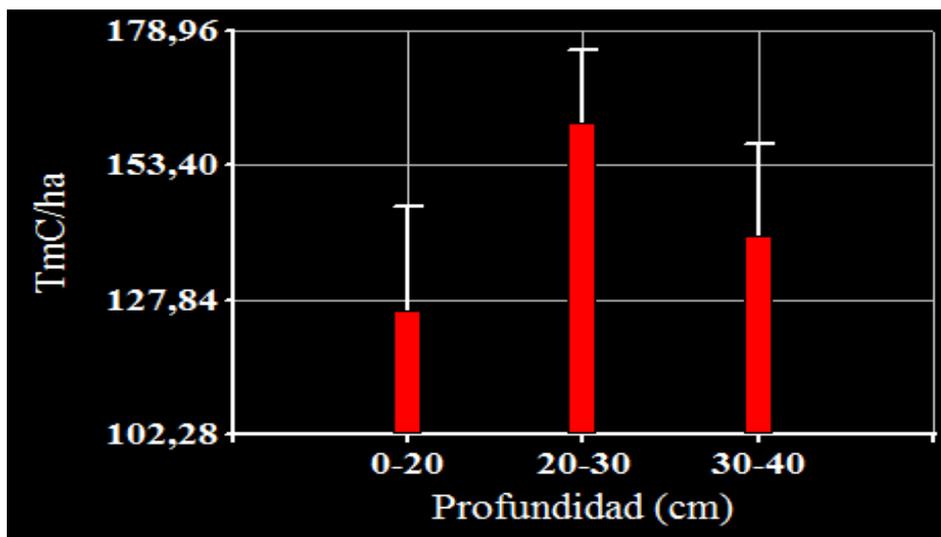
\* = significativo ( $P < .05$ )

NS = No significativo ( $P > .05$ )

**Cuadro 16. Análisis de varianza de tres profundidades en el sistema de pastoreo**

Profundidad	Medias	Rango
20-30 cm	161,33	A
30- 40 cm	140,08	B
0-20 cm	125,75	B

Elaborado por: Morocho, V. 2016



Elaborado por: Morocho, V. 2016

**Gráfico 7. Valor (TmC/ha) de Carbono en tres profundidades en el sistema de pastoreo**

Los resultados obtenidos indican que la mayor reserva de carbono almacenado se encuentra en la profundidad dos (20 -30 cm ), con 161,33 TmC/ha, correspondiente al rango A. mientras tanto en la profundidad uno (0 -20 cm) se encuentra el menor cantidad de carbono almacenado, con 125,75 TmC/ha, correspondiente al rango B, estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Zhou *et al.* (2007) donde concluyeron que en los primeros 0- 30 cm se almacena un 60 % de carbono orgánico

## **VI. CONCLUSIONES**

- La mayor cantidad de carbono almacenado en el suelo del bosque nativo se encuentra en la zona alta a 3300 msnm y en la zona baja a 3100 msnm se encuentra la menor concentración de carbono edáfico. Mientras que en el sistema de pastoreo no existe una diferencia significativa en el contenido del carbono en tres pisos altitudinales.
- A nivel de profundidad en el Bosque Nativo y sistema de pastoreo la mayor concentración de carbono se encuentra de 20 a 30 cm de profundidad.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

- Se debería hacer la evaluación del carbono edáfico de la área del bosque nativo, con otras metodologías de estimación para comparar y acoger al mejor método de estimación del carbono
- Realizar estudios del impacto de las actividades antrópicas en el bosque nativo y buscar alternativas sostenibles para algunos grupos familiares que se benefician y también gestionar una propuesta de proyecto de conservación REDD+(reducción de emisiones del CO<sub>2</sub>) para el bosque nativo y una propuesta de buenas prácticas agropecuarias para el manejo del sistema de pastoreo
- Se debe difundir la información obtenida de la presente investigación a comunidades e instituciones involucradas en la conservación y manejo de bosques-

## VIII. RESUMEN

El presente investigación propuso: determinar el contenido de carbono en el suelo del bosque nativo y sistema de pastoreo de la reserva Huayrapalte, Cantón Suscal, Provincia de Cañar. Se aplicó un muestreo en tres pisos altitudinales de 3100, 3200 y 3300 m.s.n.m, para lo cual fue necesario el uso de SIG tanto para la Georeferenciación, como para determinar los puntos de muestreo. En la fase experimental, las muestras extraídas fueron pre-tratadas, secadas al aire libre, para así obtener una muestra homogénea representativa de cada parcela. Y a nivel de laboratorio, para la determinación de carbono orgánico del suelo se utilizó método de pérdida por ignición que resulta un método económico dado que no se utilizan reactivos químicos y requiere pocas horas hombre para su realización. Este método resulta razonablemente preciso en la estimación de materia orgánica del suelo si se consideran precauciones para evitar errores por higroscopicidad y contenido de sales. Así se determinó el carbono orgánico en cada uno de los pisos altitudinales, el mayor contenido de carbono almacenado en el suelo del Bosque Nativo, se encuentra en la zona alta de (3300 msnm) con 120,65 TmC/ha y el menor contenido de carbono está en la zona baja (3100 msnm) con 80,60 TmC/ha. A diferencia del sistema de pastoreo el contenido de carbono no varía entre tres altitudes que va de 136,50 a 149,58 TmC/ha, a nivel de profundidad, en el bosque nativo, la mayor concentración de carbono se encuentra a los 20 a 30 cm con 126 TmC/ha, En el sistema de pastoreo al igual que el bosque nativo la mayor concentración de carbono se encuentra a los 20 a 30 cm de profundidad con 161,33 TmC/ha. Se recomienda preservar el bosque concientizando a la comunidad de los beneficios y servicios que nos brinda éste ecosistema.

**Palabras clave:** carbono orgánico, método ignición, bosque nativo, sistema de pastoreo.



## IX. SUMMARY

The aim of this research study was to determine the carbon content in the native forest soil and grazing system of the Huayrapalte Reserve, Suscal Canton, Cañar Province. Sampling was applied at three altitudinal floors: 3100, 3200 and 3300 m.a.s.l, for which it was necessary to use GIS for both Georeferencing and to determine the sampling points. In the experimental phase, the extracted samples were pretreated and dried outdoors to obtain a homogeneous sample representative of each plot. At the laboratory stage, for the determination of organic carbon in the soil, the loss at ignition method was used. This is an economical method as no chemical reagents are used and it doesn't take many working hours to complete. This method is reasonably accurate in the estimation of organic matter in the soil if precautions are taken to avoid errors due to hygroscopicity and salt content. This is how Organic carbon was determined for each of the altitudinal floors. The highest carbon content in the soil of the Native Forest was in the upper area (3300 m.a.s.l) with 120,65 TmC/ha and the lowest carbon content was in the low zone (3100 m.a.s.l) with 80,60 TmC/ha. Unlike in the grazing system, the carbon content did not vary between the tree altitudes in the native forest, ranging from 136,50 to 149,58 TmC/ha in depth. In the native forest, the highest concentration of the carbon was located at 20 to 30 cm deep with 161,33 TmC/ha. Based on these findings, the recommendation is made to focus on forest preservation by raising awareness in the community of the benefits and services provided by this ecosystem.

Key words: organic carbon, ignition method, native forest grazing system.



## **X. BIBLIOGRAFÍA.**

- Aashato. (2004). Determination of organic content in soils by loss on ignition. Puerto Rico.
- Adams, J.M., H. Fauve, L. Fauve-Dreanard, J.M. McGlade, F.L. & Woodward. (1990). Increases in terrestrial carbon storage from the last glacial maximum to the present. *Nature*, pp: 711-714.
- Aguilera, S. (2000). Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N°14. Valdivia, Chile. pp: 77- 85.
- Álvarez, R. (2001). Estimation of carbon losses by cultivation from soils of the Argentine Pampa using the Century the model. *Soil Use and Management*. pp: 62- 66.
- Allison, L. E. (1965). Organic carbon. In: C. A. Black. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Number 9 (Part 2) in the series Agronomy. Madison. Wisconsin USA.* pp: 1367-1378.
- Andriulo, A., B. Mary & J. Guerif. (1999). Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. *Agronomie. Francia.* pp: 365-377.
- Balesdent, J., Arrouays, D., & Gaillard J. (2009). Morgane: un modèle de simulation des réserves organiques des sols et de la dynamique du carbone des sols. Submitted to *Agronomie. Versailles.*
- Batjes, N. H. (1998): Mitigation of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations by increased carbon sequestration in the soil. *Biol fert soils*, pp: 230-235 Wageningen.
- Bornemisza, E., (1982). Introducción a la química de suelos, Universidad de Costa Rica. San José - Costa Rica. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Monografía, pp: 21- 47.
- . Brown, B. J. (1989). The importance of scale in evaluating herbivory impacts. *Oikos*. pp: 189-194

- Brown, P., Cabarle, B., & Livernash, R. (1997). Carbon counts: estimating climate change mitigation in forestry projects. Estados Unidos, World Resources Institute. p. 25.
- Buckaman, H. (1993). Naturaleza y propiedades de los suelos. México D.F.: Hispano América.
- Buol, H, C. (1989). Génesis y clasificación de suelos. México D.F.: Trillas.
- Cambarella, C. A., & Eliot, E. T. (1992). Particicle soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Society of America Journal. Estados Unidos
- Cargua, F., & Rodríguez, M. (2013). Elaboración de un inventario forestal multipropósito con énfasis en el contenido de carbono de las diferentes clases de uso de tierra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Forestal). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- Chan, K. Y., Heenan, D. P., & Oates, A. (2002). Soil carbon frations and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. Soil & Tillage Research, pp: 133-193. Wagga Wagga.
- Chapman, H. (1995). Diagnostic criteria for plantas and soils. California
- Chapin, F. S., Matson, P. A., & Mooney, H. A. (2002). Priciples of terrestrial ecocystem ecology. Springer, New York.
- Cerón C. E. (2004). Reserva geobotánica del Pululahua. Formaciones vegetales, diversidad, endemismo y vegetación. Cinchonia. p: 1, 109.
- Conant, R. T., & paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. Global Biogeochemical Cycles. pp: 16:1143. Dinamarca.
- Davies, B. (1974) Determinación de carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando método de combustión seca. citado por: Burgos, D. Cerda, A. Cueto, J. (2012). Consultado el 11 de noviembre del 2015. Recuperado de [http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2012123IX\\_4.pdf](http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2012123IX_4.pdf)
- Derner, J., Boutton, T., & Briske, D. (2006). Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains. Plant and Soil. pp. 77-90, 280.

- Doll, U. M., & Deregibus, V. A. (1986). Efecto de la exclusión del pastoreo sobre el subsistema subterráneo de un pastizal templado húmedo. Turrialba. pp. 337-344
- Estrada, I. (2007). Carbono en biomasa aérea en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio. Colegio de Posgraduados Montecillo Texcoco, Edo de México. pp: 1-24.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.(2001). Secuestro de carbono en el suelo. Consultado el 20 de septiembre del 2015. Recuperado de <http://www.fao.org/soilss-portal/manejo-del-suelo/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.(2002). Tendencia general de la captura de carbono en el suelo. Consultado el 12 de diciembre del 2015. Recuperado de : <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.(2008). Captura de carbono en el suelo. Consultado el 11 de diciembre del 2015. Recuperado de : <http://www.fao.org/005/y2779s/2779s05.htm>
- la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). Propiedades físicas del suelo.Consultado el 20 de diciembre del 2015. Recuperado .Disponible <http://www.fao.org/soilportal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.
- Galaty, J. G., & Johnson, D. L. (1990). The world of pastoralism: herding systems in comparative perspective. The Guilford Press. London, UK
- González, M., Etchevers, B., & Hidalgo, M. (2008). Carbono en suelos de ladera: factores que deben de considerarse para determinar su cambio en el tiempo. Agrociencia. Mexico.
- Hernández, M. (2012). Servicios ambientales de los ecosistemas de pastizales semiáridos del Altiplano del Norte de México. Consultado el 11 octubre del 2015. Recuperaqdo [http://www.fcf.uanl.mx/sites/default/files/files/30\\_%20Miguel%81ngel%20Herndez.pdf](http://www.fcf.uanl.mx/sites/default/files/files/30_%20Miguel%81ngel%20Herndez.pdf)
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. U.S.A. p. 771.

- Hontoria, R (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular: Departamento de Edafología. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. EDAFOLOGIA, Vol. 11(2): 149-157.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático. (1997). Guidance for Green House Gas Inventories Cuadernillo de Trabajo (Volumen Actualizado en 1996). Consultado el 23 de septiembre del 2015. Recuperado <http://www.ipcc.ch>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001). Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe espacial 2001. Consultado el 26 de 3 octubre del 2015. Recuperado [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). Análisis físicos y químicos en suelo. Consultado el 12 de enero de 2016. Recuperado <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf>.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: cambio climático y biodiversidad. Informe espacial (2002). Consultado el 8 de febrero del 2016. Recuperado [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Jackson, M. L. (1964). Análisis químico de suelos (Traducido por J. Bertrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona - España. p. 662.
- Janssens, I. A., A. Freibauer, P. Ciais, P. Smith, G.-J. Nabuurs, G. Folberth, B. Schlamadinger, R.W.A. Hutjes, R. Ceulemans, E.-D. Schulze, R. Valentini, & A.J. Dolman, (2003): Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions. *Science*, 300, pp: 1538-1542.
- Jenkinson, D. S. (1988). Soil organic matter and its dynamics. In: Wild, A. (Ed.). *Russel's soil conditions and plant growth*. 11th ed. Longman. New York - USA. pp. 564-607
- Jobbagy, E. G., & Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological applications*, pp: 423-436.
- Killham K. (1994). *Soil ecology*. pp. 242. Cambridge: Cambridge University

- Lavado, R. S., & Taboada, M. A. (1985). Influencia del pastoreo sobre algunas propiedades químicas de un natracuol de la pampa deprimida. *Ciencia del Suelo*, pp.102-108.
- MacFadden, B.J. (1997). Origin and evolution of the grazing guild in new world terrestrial mammals. *Tree* 12. pp. 182-187.
- Mena, P. A. (2000). Los suelos de páramo. Serie Páramo 5. GTP/Abya-Yala. Quito. Recuperado. 18 de octubre 2015. Disponible en: [http://www.ecociencia.org/archivos/paramo\\_GTP05-09112.pdf](http://www.ecociencia.org/archivos/paramo_GTP05-09112.pdf)
- Milchunas, D. G., Sala, O. E., & Lauenroth, W. K. (1988). A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*. pp. 87-106.
- Milchunas, D. G., & Lauenroth, W. K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63, pp: 327-366. Washington.
- Miller, G. T. (1990). Resource conservation and management. Wadsworth Publishing Company, USA.
- Munsell, (2009). Color Company Soil Color Charts. Estados Unidos (Brookline)
- National Geographic, (2007). Cambio climático, sequías e inundaciones. Georgia.
- Nelson, W., & Sommers, L. (1982) Determinación de carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando método de combustión seca. citado por: Burgos, D. Cerda, A. (2012). pp. 142-145
- Newman, E. I. (2000). Applied ecology y environmental management. Blackwell Science, London, UK.
- Oesterheld, M., Sala O. E., & Naughton, S. J. M. (1992). Effect of Animal Husbandry on. New York.
- Oñate, M. (2008). Fundamentos de geología y edafología. Riobamba - Ecuador: ESPOCH.

- Ordóñez, J. (1999). Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo. Michoacán - México.
- Ortíz, V. & Ortíz, A. (1995). Edafología. Ed Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. Edo de México. pp:135-138.
- Ortíz, A. & Riascos, L. (2006). Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal Cacao *Theobroma cacao* L y Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken En la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica. 41. Consultado 16 de octubre del 2016. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3706E/A3706E.pdf>.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2014). Datos climaticos del canton Suscal. Consultado 14 de noviembre del 2016. Recuperado de: [app.sni.gob.ec/sin-link/sniPORTAL\\_SNI/](http://app.sni.gob.ec/sin-link/sniPORTAL_SNI/)
- Rice, W. (2001). Secuestro de CO<sub>2</sub> atmosférico en el suelo, 9a ed. Congreso Nacional de APRESID. p. 88. Columbia.
- Rosell, D. (2001) Determinación de Carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando metodo de combustión seca. citado por: Burgos, D. Cerda, A. (2012). pp: 142-145.
- Sala, O. E. (1988). The effect of herbivory on vegetation structure. pp 317-330 in M. J. A. Werger, P. J. M. van der Aart, H. J. During, & J. T. A. Verboeven, editors. Plant form and vegetation structure. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Salamanca J, A., Sadeghian K, (2005).La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana *Cenicafé* 56(4), 381-397.
- Simpson, A. J., Song, G., Smith, E., LAM, B., Novotny, E. H., & Hayes, M.H.B., (2007). Unraveling the Structural components of soil humin by use of solution-state nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* pp: 876-883.
- Sistema de información geográfica. (2014). Georeferenciación. Consultado el 27 de abril de del 2015. Recuperado de [https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes05/Tema\\_7.pdf](https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes05/Tema_7.pdf).

- Soil Survey Laboratory [SSL] (1995). Information manual. Soil Survey Investigations N° 45. Version 1.0. E.E.U.U. United States Department of Agriculture (USDA).
- Soil Survey Laboratory [SSL] (1996). Methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. E.E.U.U. United States Department of Agriculture (USDA).
- Schuman, G. E., J. D. Reeder, J. T. Manley, R. H. Hart & W. A. Manley. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of mixed-grass rangeland. *Ecological applications*, pp: 65-71.
- Valencia R., Cerón C.E., Palacios W., & Sierra R.(1999). Los Sistemas de clasificación de la vegetación propuestos para el Ecuador. En: Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador continental. Ed. Sierra R. pp. 19- 28. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.
- World Resources Institute. (2001). Evaluating carbon sequestration projects: a first attempt. World Resources Institute. Washington DC.Consultado el 23 de Abril del 2016.Recuperado [www.wri.org](http://www.wri.org)



## Anexo 2. Resultados del análisis químico y físico de las muestras del Bosque Nativo

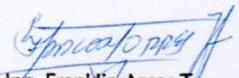


**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**DEPARTAMENTO DE SUELOS**



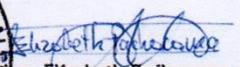
Nombre del Propietario: Víctor Morocho      Fecha de ingreso: 22/07/2016  
 Remitente:      Fecha de salida: 15/08/2016  
 Ubicación:      Suscal      Cañar  
                                  Nombre de la granja      Parroquia      Cantón      Provincia

% C.Org.	DA (gr/cc)	Identificación
7,3	1.1	A1P1P1
10,3	1.0	A1P1P2
7,1	1.0	A1P1P3
7,9	1.1	A1P2P1
8,4	1.2	A1P2P2
5	1.1	A1P2P3
6,9	0.9	A1P3P1
9,9	1.0	A1P3P2
6,3	0.9	A1P3P3
7,9	1.0	A1P4P1
9,8	1.1	A1P4P2
9,9	1.0	A1P4P3
6,5	1.1	A2P1P1
13,4	1.0	A2P1P2
9,2	1.1	A2P1P3
8,4	1.0	A2P2P1
12,3	1.1	A2P2P2
9,4	1.0	A2P2P3
8,3	1.0	A2P3P1
12,9	1.1	A2P3P2
9,9	1.0	A2P3P3
9,3	1.0	A2P4P1
14,6	1.1	A2P4P2
10,1	1.0	A2P4P3
10,7	0.9	A3P1P1
14,8	1.0	A3P1P2
12,6	0.9	A3P1P3
12,1	0.9	A3P2P1
12,6	1.0	A3P2P2
13,1	0.9	A3P2P3
11,2	0.9	A3P3P1
12,2	1.0	A3P3P2
11,2	0.9	A3P3P3
11	1.0	A3P4P1
13,9	1.1	A3P4P2
11,5	1.0	A3P4P3

  
 Ing. Franklin Arcos T.  
**DIRECTOR DPTO DE SUELOS**

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 V. Facultad de Recursos Naturales, Tifono 2998220 Extensión 418 p.p.p.



  
 Ing. Elizabeth Pachacama  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**

"Aprovando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

### Anexo 3. Resultados del análisis físico de las muestras del Bosque Nativo



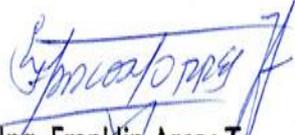
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
DEPARTAMENTO DE SUELOS**

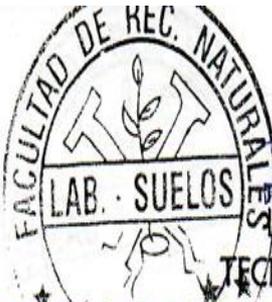
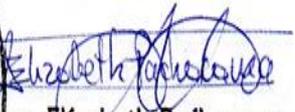


**Nombre del Propietario:** Víctor Morocho  
**Remitente:**  
**Ubicación:** Bosque (nativo) Huayrapalte  
Nombre de la granja

**Fecha de ingreso:** 27/07/2016  
**Fecha de salida:** 15/08/2016  
Suscal Cantón Cañar  
Parroquia Cantón Provincia

Identificación	Textura	Estructura	Color	
			Seco	Mojado
A1P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A1P2	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A1P3	Arena franca	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A2P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/1 Gris muy oscuro
A2P2	Franco arenoso	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/1 Negro
A2P3	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/4 Amarillento oscuro	10 YR 2/1 Negro
A3P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/1 Negro
A3P2	Franco arenoso	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 3/1 Gris muy oscuro
A3P3	Arena franca	Suelta	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	10 YR 2/1 Negro

  
**Ing. Franklin Arcos T.**  
**DIRECTOR DPTO DE SUELOS**  
 Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418

  
  
**Ing. Elizabeth Pachacama**  
**TECNICO DE LABORATORIO**

"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

## Anexo 4. Resultados del análisis físico de las muestras del pastizal



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Víctor Morocho

Fecha de ingreso: 27/07/2016

Remitente:

Fecha de salida: 15/08/2016

Ubicación:

Suscal

Cañar

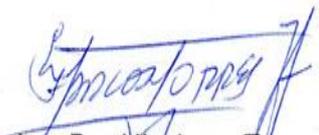
Nombre de la granja

Parroquia

Cantón

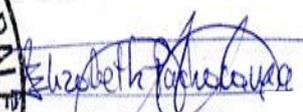
Provincia

Identificación	Textura	Estructura	Color	
			Seco	Mojado
A1P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A1P2	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/3 Pardo oscuro	10 YR 3/1 Gris muy oscuro
A1P3	Franco arenoso	Suelta	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/1 Gris muy oscuro
A2P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
A2P2	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A2P3	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro	10YR 3/4 Amarillento oscuro
A3P1	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/3 Pardo oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A3P2	Franco arenoso	Suelta	10YR 3/4 Amarillento oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro
A3P3	Franco arenoso	Suelta	10 YR 4/4 Amarillento oscuro	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro

  
Ing. Franklin Arcos T.  
DIRECTOR DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418



  
Ing. Elizabeth Pachaca  
TECNICO DE LABORATORIO

"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

**Anexo 5. Área del estudio del bosque nativo (A) y pastizal (B)**



A



B

**Anexo 6. Extracción de las muestras del Bosque Nativo**



**Anexo 7. Extracción de las muestras del pastizal**



**Anexo 8. Extracción de muestras del bosque nativo (A), (B) pastizal para análisis físico y químico**



A



B

**Anexo 9. Muestras del bosque nativo (A) y pastizal (B)**



A



B