



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“INCIDENCIA DE LA MESOFAUNA EN EL ALMACENAMIENTO
DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN LOS SUELOS DEL
PÁRAMO DE LA COMUNIDAD DE GUANGOPUD PARROQUIA
JUAN DE VELASCO CANTÓN COLTA”**

TESIS DE GRADO

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: ERIKA ALEXANDRA MORENO ÁLVAREZ
KARLA JOHANNA ORTIZ ENCALADA
TUTOR: DRA. SUSANA ABDO**

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme guiado en todo momento, por darme la fuerza y sabiduría para seguir adelante.

A mis Padres Henry y Graciela por ser mi gran ejemplo, por estar a mi lado en cada momento y sobre todo por la confianza que ellos han depositado en mí, gracias por su tiempo y comprensión, por demostrarme el amor y unión familiar, gracias por cada consejo y por cada elogio porque gracias a sus palabras, amor y apoyo hoy culmino una etapa más en mi vida.

A mis hermanas Paola y Diana por ser un vivo ejemplo de prosperidad y éxito, por haberme apoyado y aconsejado en el transcurso de mi carrera.

A mis sobrinos Gabriel y Nadia por contagiarme su alegría e inocencia y por permitirme disfrutar de su compañía.

A Diego por su cariño, amor y comprensión, por estar junto a mí durante todos estos años formado parte de mi vida.

KARLA

A Dios por darme la fortaleza y la paciencia, por sus bendiciones y el regalo de vivir.

A Fanny (†) mi ángel de la guarda y el motor que ha impulsado mi vida y que se encuentra presente como recuerdo vivo en mi corazón.

A mis Padres Ángel y Margarita por ser el ejemplo de amor, perseverancia y lucha diaria por alcanzar nuestros propósitos.

A mis hermanos Franklin, Edwin, Oscar y Magda por el apoyo, la confianza y la muestra clara de empeño y superación.

A mis sobrinos Jorge y Marcos por su cariño y por llenar de alegría cada momento.

A Paola por la complicidad, las risas y los sueños compartidos.

ERIKA

AGRADECIMIENTO

Nuestro eterno agradecimiento a Dios por ser el pilar fundamental de nuestras vidas.

A nuestros padres y familiares por el apoyo incondicional en esta etapa que está por culminar.

A nuestra querida Politécnica por permitirnos ser parte de ella, a nuestros maestros por guiarnos paso a paso e impartirnos sus conocimientos, a nuestros amigos y compañeros por tantas experiencias vividas.

Un gran agradecimiento a la Fundación M.A.R.CO. en la persona del Ing. Carlos Falconi Director de esta prestigiosa Institución por haber confiado en nosotros y permitirnos apoyar con nuestro trabajo a su gran labor diaria.

KARLA, ERIKA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“INCIDENCIA DE LA MESOFAUNA EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN LOS SUELOS DEL PÁRAMO DE LA COMUNIDAD DE GUANGOPUD PARROQUIA JUAN DE VELASCO CANTÓN COLTA”** de responsabilidad de las señoritas egresadas: Erika Alexandra Moreno Álvarez y Karla Johanna Ortiz Encalada ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	_____	_____
Ing. Fernanda Rivera DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	_____	_____
Dra. Susana Abdo DIRECTORA DE TESIS	_____	_____
Msc. Robert Cazar ASESOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Antonio Santillán MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____

Nosotras, **ERIKA ALEXANDRA MORENO ÁLVAREZ** y **KARLA JOHANNA ORTIZ ENCALADA**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

ERIKA ALEXANDRA MORENO ÁLVAREZ

KARLA JOHANNA ORTIZ ENCALADA

INDICE DE ABREVIATURAS

H ₂ O	Agua
Ca CO ₃	Carbonato de Calcio
C	Carbono
cm	Centímetro
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de Carbono
GEI	Gases de Efecto Invernadero
°C	Grados Celsius o Centígrados
PROFAFOR	Programa FACE de forestación
g	Gramo
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GTP	Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador
Ha	Hectárea
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – Panel Intergubernamental Del Cambio Climático
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
l	Litro
M	Muestra
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Normal
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
O ₂	Oxígeno
%	Porcentaje
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAG.
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE GRÁFICOS	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
SUMARY	vi
INTRODUCCIÓN	vii
ANTECEDENTES	ix
JUSTIFICACION	x
OBJETIVOS	xi
OBJETIVO GENERAL	xi
OBJETIVOS ESPECIFICOS	xi
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO	
1.1. Páramos ecuatorianos	1
1.1.1. <i>El clima, el suelo y la vegetación del páramo</i>	2
1.1.2. <i>Dinámica en los páramos</i>	2
1.1.3. <i>La diversidad florística de los páramos</i>	3
1.1.4. <i>Las plantas como indicadoras de las condiciones del páramo</i>	3
1.1.5. <i>Organismos en los páramos</i>	4
1.1.6. <i>El páramo manejado</i>	5
1.1.7. <i>Conservación de páramos en Chimborazo</i>	6
1.2. El carbono	6
1.2.1. <i>Ciclo del carbono y captura en el suelo</i>	7
1.2.2. <i>El páramo como espacio para la fijación de carbono orgánico atmosférico</i>	8
1.2.3. <i>Dinámica del carbono orgánico en los suelos</i>	8
1.2.4. <i>El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos</i>	9
1.2.5. <i>Carbono orgánico y propiedades biológicas del suelo</i>	9

1.2.6. <i>Pago por servicios ambientales</i>	10
1.3. Mesofauna del suelo	11
1.3.1. <i>Lombriz de tierra</i>	11
1.3.2. <i>Importancia de la mesofauna del suelo</i>	13
1.3.3. <i>La materia orgánica y la actividad microbiana</i>	13
1.3.4. <i>Las lombrices de tierra y la descomposición de la materia orgánica</i>	14
1.3.5. <i>Efecto de las lombrices sobre las propiedades físicas del suelo</i>	15
1.3.6. <i>Efecto de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas</i>	15
CAPITULO II	16
2. PARTE EXPERIMENTAL	
2.1. Localización	16
2.1.1. <i>Superficie</i>	16
2.1.2. <i>Ubicación geográfica</i>	16
2.1.3. <i>Características climáticas</i>	16
2.1.4. <i>Ubicación ecológica</i>	17
2.2. Materiales y equipos	17
2.2.1. <i>Materiales para campo</i>	17
2.2.2. <i>Equipos</i>	17
2.2.3. <i>Materiales para laboratorio</i>	18
2.3. Metodología	18
2.3.1. <i>Tipo de muestreo</i>	18
2.3.2. <i>Procedimientos para el levantamiento de campo</i>	19
2.3.2.1. <i>Análisis de ubicación y acceso al área de estudio</i>	19
2.3.2.2. <i>Registro de coordenadas en el GPS</i>	19
2.3.2.2.1. <i>Toma de datos en la parcela</i>	20
2.3.3. Cálculos para estimar el carbono	21
2.3.3.1. <i>Carbono en el suelo</i>	21
CAPITULO III	22
3. CÁLCULOS Y RESULTADOS	
3.1. Caracterización de páramo	22
3.2. Medio físico	22
3.2.1. <i>Superficie</i>	22
3.2.2. <i>Topografía</i>	23

3.2.3. <i>Geomorfología</i>	23
3.2.4. <i>Clima</i>	24
3.2.5. <i>Hidrografía</i>	24
3.2.6. <i>Hidrología</i>	24
3.2.7. <i>Uso del agua</i>	25
3.2.8. <i>Características del suelo</i>	25
3.3. Medio biótico	26
3.3.1. <i>Flora</i>	27
3.3.2. <i>Fauna</i>	28
3.3.3. <i>Peces</i>	29
3.4. Medio socioeconómico	29
3.4.1. <i>Demografía</i>	29
3.5. Zonificación del área de estudio	29
3.6. Parcelas permanentes de monitoreo	30
3.7. Información fisiográfica	32
3.7.1. <i>Acceso al conglomerado</i>	32
3.7.2. <i>Información del medio de transporte utilizado antes de iniciar el monitoreo</i>	32
3.7.3. <i>Información de la ruta de ingreso al área de estudio</i>	32
3.7.4. <i>Puntos de referencia identificados en la caminata de acceso al conglomerado</i>	33
3.7.5. <i>Función y perturbaciones</i>	33
3.7.6. <i>Propiedades Físicas</i>	34
3.8. Identificación de la mesofauna edáfica (Metodología Monolito TSBF) (Anderson e Ingram, 1993)	35
3.8.1. <i>Valor de Importancia de las familias</i>	36
3.8.2. <i>Densidad de la población por conglomerado (monolitos)</i>	38
3.8.3. <i>Distribución de la mesofauna edáfica en los conglomerados</i>	39
3.9. Determinación del contenido de carbono en el suelo	41
3.9.1. <i>Densidad aparente</i>	41
3.9.2. <i>Materia orgánica</i>	42
3.9.3. <i>Cuantificación de carbono</i>	42
3.9.4. <i>Relación del contenido de carbono y la mesofauna edáfica</i>	44

3.9.5. <i>Porcentaje de carbono orgánico total y mesofauna edáfica</i>	45
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	58

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	Página
1	Tipo de pendiente	23
2	Cuencas, subcuencas y unidades hídricas	25
3	Tipos de suelos	26
4	Modelo territorial actual	26
5	Granos de interés agrícola en los páramos del Ecuador	27
6	Tubérculos y raíces de interés agrícola en los páramos del Ecuador	27
7	Hortalizas y verduras de interés agrícola en los páramos del Ecuador	27
8	Frutales y nueces de interés agrícola en los páramos del Ecuador	28
9	Identificación de especies de mamíferos	28
10	Identificación de especies de aves	29
11	Ubicación de las parcelas de monitoreo	31
12	Datos del acceso al conglomerado	32
13	Medio de transporte utilizado	32
14	Acceso al conglomerado	33
15	Puntos de referencia del conglomerado	33
16	Funciones y estados de las perturbaciones	34
17	Propiedades físicas del suelo	34
18	Inventario de mesofauna edáfica	35
19	Valor de importancia de la mesofauna edáfica	37
20	Densidad aparente	41
21	Materia orgánica	42

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Valor de importancia de la mesofauna edáfica	37
2	Variación de la mesofauna en el conglomerado 001	38
3	Variación de la mesofauna en el conglomerado 002	38
4	Variación de la mesofauna en el conglomerado 003	39
5	Densidad de especies	40
6	Variación del contenido de carbono en las parcelas de monitoreo	43
7	Relación del contenido de carbono y la mesofauna edáfica por parcelas	44

LISTA DE FIGURAS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Área de estudio	23
2	Zonificación del área de estudio	31

LISTA DE ANEXOS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Formulario para campo	58
2	Trazado o instalación de las parcelas	62
3	Observaciones y muestras de suelo	63
4	Toma de muestras en campo	64
5	Análisis de muestras en el laboratorio	66
6	Análisis del contenido de carbono en el suelo	67
7	Determinación de la macrofauna del suelo	68
8	Descripción de la mesofauna del suelo	69

RESUMEN

Se determinó la Incidencia de la mesofauna en el almacenamiento de carbono orgánico total en los suelos del páramo de la comunidad de Guangopud parroquia Juan de Velasco cantón Colta, se aplicó un diseño de muestreo de doble estratificación, se midieron diferentes variables. Para el área de estudio se estableció tres conglomerados con tres parcelas de 3600 m² cada uno, un total de nueve parcelas permanentes de monitoreo, distribuidos sistemáticamente en toda el área de estudio. Se determinó tres zonas de estudio: alta, media y baja, el 71% de los suelos del lugar son de tipo inceptisol de origen volcánico, su textura es arena franca; estructura granular, con una pedregosidad <5%. En la mesofauna del suelo se logró identificar diez individuos, de los cuales dos pertenecen al orden Diptera, tres al Lumbricidae, dos al Coleoptera y las demás restantes están dentro de los géneros: Forficulidae, Collembola y Acaria. La variación del contenido de carbono es inversamente proporcional a la profundidad, obteniendo un valor máximo en la parcela 05 con 122 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 02 con un valor de 91,72 ton/ha y un valor medio de 102 ton/ha. La mayor concentración de carbono de la mesofauna edáfica se encuentra en el primer conglomerado, con un valor máximo de 23,7 %, y carbono del suelo de 60,10 %, y el valor más bajo presente en la parcela 7, con 12,4%, para la mesofauna edáfica y para el suelo 49,5 %. Demostrando que la densidad y el aporte que la mesofauna edáfica en el almacenamiento de carbono es directamente proporcional al contenido total de carbono acumulado, la profundidad del horizonte mineral, densidad de drenaje, textura y estructura son factores esenciales para el desarrollo de la mesofauna edáfica, ayudando a una mayor densidad de especies, el grado de intervención es evidente debido a que los sitios con baja presión antrópica son aptos para el desarrollo de la mesofauna edáfica.

Con los resultados obtenidos es importante que la comunidad de Guangopud elabore planes de conservación del ecosistema páramo para obtener por retribución de servicios ambientales.

ABSTRACT

The mesofauna incidence in total wasteland soil organic carbon storage of Guangopud community, Juan de Velasco Parish, Colta Canton got determined. A double stratification sample design and of different variables measurement were applied. For the research areas three conglomerates with three plots of 3600m² each one resulting in 9 plots under permanent monitoring and distributed in the whole area. Three research areas were determined: High, medium and low, 71% of soils are volcanic inceptisol and it has loamy sand texture with stony granular structure <5%. In de soil mesofauna it was possible to determine 10 mesofauna species belonging to diptera group, three to Lumbricidae, two to Coleoptera and the remaining to Forticulidae, Collembola and Acaria. The carbon content variation is inversely proportional to depth getting a maximum value in plot 5 with 122 ton/ha, while the lowest content was found in plot 2 with 91,72 ton/ha , and a medium value of 102 ton/ha. The highest carbon concentration of edaphic mesofauna is foud in the first conglomerate with a maximum value of 23,7% and 60,10% in soil carbon. The lowest value was found in plot 7 with 12,4% for edaphic mesofauna and 49,5% for the soil. This proves that density of edaphic mesofauna in carbon storage is proportional to total carbon-accumulated content is proportional to mineral horizon depth. Drain density, texture and structure are essential factors for edaphic mesofauna growth, this provides a highest density to species and intervention level is evident due to low-anthropic areas suitable for edaphic mesofauna growth.

From the results, it is important for the Guangopud community to make an ecosystem conservational plan for paramos in return of environmental service warranty.

INTRODUCCION

Los páramos, además de ser considerados ecosistemas estratégicos por su oferta de servicios ambientales, entre los que cabe resaltar la regulación hídrica, poseen un importante contenido de carbono acumulado que no sólo se encuentra en la biomasa (cobertura vegetal), sino también en la materia orgánica presente en el suelo, debido a las bajas tasas de descomposición en estos ecosistemas.

En nuestro país (Ecuador), los ecosistemas de páramo cubren alrededor de 1250000 ha, que viene a representar un 6% del total de nuestro territorio, llegando a ser uno de los países que posee más áreas en cuanto a este tipo de hábitat se refiere ya que sus suelos típicamente son muy negros y húmedos. Los contenidos de carbono en el suelo dependen principalmente de los factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo, pero pueden ser fuertemente modificados, degradados o mejorados, por el cambio en el uso y el manejo de la tierra. (Albán y Arguello, 2001).

Los páramos son grandes reguladores hídricos; su vegetación y suelo almacenan grandes cantidades de agua proveniente de la precipitación vertical y horizontal incidente. Esto permite que en verano, el agua almacenada sea aportada gradualmente, por escurrimiento, al caudal de los drenajes que allí nacen. Las condiciones de alta humedad, las bajas temperaturas y la alta capacidad de almacenamiento de agua en los suelos proporcionan el ambiente propicio para el almacenamiento de carbono tanto en la biomasa como en los suelos (histosoles) que acumulan una gran cantidad de materia orgánica.

Por esto, es necesario presentar incentivos para la conservación, con el fin de evitar la transformación de estas áreas a sistemas productivos como la ganadería o la agricultura, ya que los perjuicios ocasionados por estas actividades les conciernen a todas las comunidades que dependen de sus recursos. Si los páramos se preservan como reguladores hídricos, también se mantiene su estructura como sumidero, pues alrededor del 50% de la biomasa, materia orgánica y compuestos húmicos, es carbono.

Para que cualquier mecanismo que se emplee como incentivo para la protección de páramos pueda ser exitoso, deberá generar unos ingresos iguales o superiores a los obtenidos mediante cualquiera de los sistemas productivos que puedan ser establecidos en ellos. Este ecosistema podría conservarse bajo el principio de emisiones evitadas (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación-REDD, que en la actualidad no ha sido regulada bajo ningún acuerdo internacional), o como un mecanismo de adaptación

al cambio climático, bajo el concepto de Adaptación Basada en los Ecosistemas (Angelsen, 2009).

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Este problema se acentúa por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero GEI y por las dificultades de reducir en forma sustantiva el incremento de GEI en el futuro próximo (IPCC, 1995).

La determinación de la actividad biológica constituye una práctica muy común a nivel internacional (Ekschmitt *et al.*, 2003 y Waldhardt y Otte, 2003), unida al uso de estos organismos, especialmente los invertebrados, como indicadores biológicos (Nogales y Machuca, 2009). Los procesos de agotamiento, degradación y desertización de los suelos producen la disminución evidente de la biota edáfica y de sus actividades beneficiosas para las plantas (Medina *et al.*, 2006). El conocimiento de su actividad permitirá el uso más racional de los suelos y la propuesta de prácticas de manejo agroecológico que ayuden al mantenimiento del medio ambiente.

Los macroinvertebrados del suelo son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo; actúan sobre el microclima, la humedad y la aireación; pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes (Lavelle, 1990, Lavelle *et al.*, 1993, Salamanca y Chamorro, 1994, Wolters y Ekschmitt, 1997). Por otra parte, la comunidad de macroinvertebrados es altamente sensible a perturbaciones y los cambios que experimenta pueden afectar profundamente su rol en el funcionamiento del ecosistema (Lavelle *et al.*, 1994, Benckiser, 1997). La alta sensibilidad de muchos macroinvertebrados edáficos a perturbaciones también los convierte en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente (Deleporte, 1981, Guinchard y Robert, 1991).

ANTECEDENTES

En la parte alta de los Andes los factores climáticos han sido clave fundamental para el desarrollo de las actividades productivas de acuerdo a este entorno se ha notado que debido a la temporada de verano las altas sequías y durante las heladas con su gran humedad éstos cambios hacen que las superficies sólidas se congelan y las plantas tienden a quemarse disminuyendo así la superficie de los páramos.

La provincia de Chimborazo se encuentra actualmente bajo una importante presión de las actividades del ser humano como es el incremento de la frontera agrícola, debido a que sus habitantes se ven obligados a sembrar cultivos a mayor altura, ya que en las partes bajas de sus territorios muestran una tendencia de agotamiento de su capacidad productiva, otra de las actividades es la quema del pajonal y las prácticas inadecuadas de producción bovina y ovina.

La evaluación del contenido de carbono en el suelo hoy en día es muy importante ya que nos ayuda a determinar la cantidad secuestrada por dicho elemento, para en lo posterior poder plantear una propuesta encaminada a la aplicación de mecanismos de desarrollo limpio, garantizando la conservación de este recurso por parte de las personas que se encuentran dentro de estas áreas.

La iniciativa es particularmente importante para la comunidad de Guangopud ya que posee extensas áreas de páramo, que a su vez nos proporciona información veraz y oportuna enmarcada dentro de las normativas establecidas por los organismos internacionales. Dicha información va enfocada en relación a las emisiones provenientes del ecosistema páramo por la degradación y deforestación producida, iniciativa realizada en el proyecto REDD Páramo de la Embajada de Finlandia, la Universidad de Ámsterdam, la Fundación Minga para la Acción Rural y la Cooperación MARCO y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Eco región Andina CONDESAN.

JUSTIFICACIÓN

Los páramos son ecosistemas únicos de las altas montañas de los Andes, poseen un importante contenido de carbono acumulado donde su producción genera ingresos monetarios y los factores climáticos han sido la principal amenaza en relación a los efectos de los largos períodos de sequía, el frío extremo y los deshielos de los glaciares siendo una clave fundamental para el desarrollo de actividades productivas como ganadería, monocultivos, cosechas, entre otras.

El impulso del conjunto de acciones ayuda a mejorar y conservar los agroecosistemas donde el suelo es considerado como un organismo vivo y sus productos son el resultado del proceso de la vida.

La presente investigación está enfocada en la influencia de la mesofauna en el almacenamiento de carbono en los suelos del páramo con el desarrollo de inventarios sistemáticos para el análisis de modelos que describan estas reservas y la dinámica de respuesta a los cambios presentes en el uso del suelo con respecto a la materia orgánica en los páramos.

Este ecosistema podría encontrarse involucrado en los futuros escenarios de comercialización del carbono convirtiéndose de esta manera en una de las opciones sustentables para el páramo.

Los páramos existentes en nuestro país contienen una gran cantidad de fuentes potenciales de carbono las cuales también pueden ser utilizadas para la captura y disminución del efecto invernadero pudiendo lograrlo al proteger la gran extensión de páramo que tiene la Provincia de Chimborazo.

La Minga para la Acción Rural y la Cooperación FUNDACIÓN MARCO han impulsado esta iniciativa para aportar que la biota del suelo tiene una función importante en los procesos de reciclaje de nutrientes y por lo tanto en la capacidad de un suelo para proveer al cultivo con suficientes nutrientes para la obtención de un buen producto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la incidencia de la mesofauna en el almacenamiento de carbono en los suelos del páramo de la comunidad de Guangopud, parroquia Juan de Velasco, Cantón Colta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el páramo de la comunidad de Guangopud, parroquia Juan de Velasco, Cantón Colta.
- Identificar la mesofauna existente en estos suelos del páramo de la comunidad de Guangopud.
- Correlacionar la producción de materia orgánica de la familia LOMBRICIDAE con relación al contenido de carbono del suelo del páramo de la comunidad de Guangopud.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Páramos ecuatorianos

El páramo ecosistema neotropical ubicado en el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas, se localiza a altitudes comprendidas entre los 3000 y 5000m aproximadamente (Acosta Solís, 1984, Luten, 1999). La Real Academia Española de la Lengua (1992) define páramo como un terreno yermo, raso y desabrigado o como cualquier lugar sumamente frío su nombre fue utilizado por los conquistadores para esta zona de las montañas andinas, sin embargo la flora del páramo es una de las más ricas entre las floras de las altas montañas tropicales (Smith y Cleef, 1988; Cleef, 1983).

La vegetación incluida en el ecosistema páramo no es uniforme comprende un conjunto de formaciones vegetales diferentes. En Ecuador, el páramo se extiende a todo lo largo del país en las zonas altas de la cordillera de Los Andes el límite inferior varía mucho dependiendo de factores locales suelo, clima y grado de intervención humana.

Los páramos centrales fueron ocupados con el afán de ser cultivados y de ésta manera se ha deteriorado el suelo, es de trascendental importancia indicar que este tipo de ecosistemas juega un papel importante para nuestro país y para toda la humanidad. De ahí que se ha podido realizar una clasificación de acuerdo al tipo de vegetación y condiciones climáticas que estos poseen:

- Páramos de frailejones
- Páramos húmedos con almohadillas
- Páramos pantanosos
- Páramos secos
- Súper páramos
- Súper páramos azonales
- Páramo arbustivo

Todos y cada uno de estos presentan una diversidad de recursos en cuanto a flora y fauna se refiere, así como también una variedad de microclimas.

Hoy en día el páramo que es un sistema ecológico, está sujeto a interacciones y dinámicas entre los factores bióticos (flora y fauna) y abióticos (clima, agua y elementos geoquímicos), factores que permiten su reproducción como estrato fértil para la vida. Pero la acción humana sobre este recurso, en sus diferentes formas, genera modificaciones que alteran su estado natural de conservación como son las quemadas, el pastoreo y la producción agrícola.

1.1.1. El clima, el suelo y la vegetación del páramo

El clima de los páramos ecuatorianos es generalmente frío y húmedo con cambios diarios extremos de temperatura, los patrones de precipitación en los Andes pueden ser muy complejos, la cantidad y la distribución temporal de las precipitaciones varía con la elevación, la orientación de los flancos de las cordilleras y la posición geográfica en relación a las influencias oceánicas ^(Rundel, 1994). El suelo es otro de los factores en íntima relación con la vegetación, la geología de los Andes es compleja lo que ocasiona una gran variabilidad en los suelos, aunque es típico de los suelos de los páramos que sean húmedos, negros, con pH ácido y elevado contenido de materia orgánica.

1.1.2. Dinámica en los páramos

Debido a las actividades antropogénicas los diversos ecosistemas se han ido afectando de forma negativa dentro de su función, estructura y equilibrio se puede apreciar el impacto negativo dado mediante procesos de deforestación, erosión, inserción de especies exóticas, alteración de factores climáticos; hablando específicamente del ecosistema páramo se puede observar que gran extensión de este se ha visto afectado por el mal manejo donde se han convertido en práctica de forestación, agricultura, ganadería imponiéndose la quema de pajonal para el origen de brotes nuevos de paja para el ganado y la búsqueda de lluvia .

Los páramos ecuatorianos poseen un clima generalmente frío y húmedo con cambios diarios de temperatura por ejemplo a 3.900m de altitud ésta varía desde 30 °C hasta temperaturas bajo 0 °C ^(León-Yáñez, 1993), las plantas de los páramos tienen una morfología característica: penachos de gramíneas, rosetas gigantes y enana, almohadillas, alfombras, arbustos con hojas pequeñas y brillantes que compensan las extremas condiciones de la vida en las alturas, entre estas condiciones ambientales están la sequedad, la baja presión atmosférica y los cambios extremos de temperatura, radiación ultravioleta y efectos de los vientos, granizo y nieve algunas características que han servido para proteger de las

condiciones climáticas también han ayudado en protegerlas del fuego que hoy forma parte del régimen de la mayoría de los páramos.

La estructura del páramo es equiparable con la de relieve tabular que se destaca por la apariencia orográfica de estratos con formas de tablas y se halla asentada sobre los suelos de tipo calizos (roca sedimentaria conformada mayormente por carbonato de calcio). Es por esto que Fundación M.A.R.C.O (Minga para la Acción Rural y La Colaboración) con la cooperación de la Embajada de Finlandia, CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina) y la Universidad de Ámsterdam está desarrollando proyecto REDD (Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques.), que tiene como finalidad crear capacidad en las comunidades parameras a través de generación de información relevante en sitios de páramo para que puedan negociar un ingreso por conservación de carbono.

1.1.3. La diversidad florística de los páramos

El páramo en la realidad abarcan una gran extensión cubren alrededor del 2 % de la superficie de los países y estos ecosistemas poseen cerca de 125 familias, 500 géneros y 3.400 especies de plantas vasculares. Dentro de las plantas no vasculares los números también son notables: 130 familias, 365 géneros y 1300 especies. En el Ecuador, aún no se cuenta con datos que nos ayuden a conocer el número exacto de especies de plantas que habitan en los páramos de nuestro país, pero ^(León-Yáñez, 2000) sugiere que son alrededor de 15000.

Tomando en cuenta que esta cifra es especialmente para sitios elevados en donde encontramos mayor diversidad ya que en las partes bajas la biodiversidad tiende a ser menor. Si este ecosistema cubre unos 12600 km² del territorio nacional ^(Proyecto páramo, 1999) y si el número de especies de plantas vasculares del Ecuador es de 15901 ^(Jorgensen y León- Yáñez, 1999), esto quiere decir que el páramo tiene aproximadamente el 10 % de las plantas en el 5 % del territorio ecuatoriano. Es importante que los datos de biodiversidad sean tomados con mucha precaución y cautela porque todavía no se tienen cifras definitivas.

1.1.4. Las plantas como indicadores de las condiciones del páramo

La presencia de ciertas plantas en el páramo puede ser un indicativo de ciertas variables ambientales. Hay plantas que solamente crecen determinado rango de altitud o en

determinados tipos de suelos, por lo que pueden ser usadas para indicar estas variables. Unas plantas interesantes en este aspecto son hierbas que crecen con abundancia en terrenos que se han sido sometidos a pastoreo excesivo. Un ejemplo de estas plantas pertenece a la especie *Lachemilla orbiculata* (Rosaceae). Hay otras plantas que realizan una función indicadora y pueden ser de gran ayuda e importancia en el momento en el cual necesitemos saber la historia del uso de tal o cual páramo y planificar cómo recuperarlo o usarlo de mejor manera (Verweij, 1995).

No solamente la presencia o ausencia de determinadas plantas sino su estado actual sirve como indicador de alguna situación ambiental. Por ejemplo, la apariencia de los frailejones nos puede dar indicaciones de si ha habido quemadas (si se ha perdido o no el manto de hojas viejas). La densidad de penachos en un sitio versus otro nos puede indicar el tipo de uso que se le ha dado a uno y a otro. La compactación ocasionada por el pisoteo del ganado determina ciertas características de crecimiento en los penachos, lo que genera diferencias que se manifiestan en la cantidad de penachos por unidad de área (menor densidad en sitios pisoteados) y en la fragmentación de los penachos (a más pisoteo, más fragmentación) (Verweij, 1995, Suárez y Medina, 2001).

1.1.5. Organismos en los páramos

Los ecosistemas de páramo de los Andes ecuatoriales tienen un papel fundamental en el almacenamiento de agua y regulación hídrica, razón por la cual se les denomina ecosistemas estratégicos que deben ser conservados para que puedan cumplir con su función en forma adecuada (Armenteras *et al.*, 2003). Sin embargo, no se le ha dado la misma importancia a este ecosistema, encontrándose serios procesos de degradación debido a la tala, quema y conflictos de uso de la tierra que llevan a la pérdida de diversidad y reducen la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica.

El paisaje de páramo es accidentado, con planicies atravesadas por corrientes de agua y formación de lagunas de diversos tamaños. El ambiente de humedad favorece la presencia de especies vegetales epifitas como musgos, líquenes, quiches, bromelias, helechos, orquídeas, plantas con flores de colores intensos, entre otros. Sin embargo la especie vegetal característica del páramo es el frailejón.

Los suelos del páramo tienen un alto contenido de materia orgánica, son poco porosos y se han formado durante miles de millones de años. Estos suelos albergan un gran número de

especies vegetales como musgos, líquenes y su principal habitante el frailejón. Esta espesa cobertura vegetal, además de contribuir con la absorción y almacenamiento de agua y energía proveniente de la radiación solar, protege a los suelos de los páramos de procesos de erosión, de escorrentía y de sedimentación, dándoles una gran estabilidad por medio de una espesa capa de alto contenido orgánico con gran diversidad microbiana, la cual da vida a estos suelos, permitiendo que microorganismos tales como bacterias y hongos participen activamente en los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo, fundamentales para el mantenimiento del ecosistema.

El flujo y reflujo de nutrientes es un proceso fundamental para el mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos y es el soporte de la alta diversidad de especies vegetales que se encuentran en el trópico. La fijación biológica de nitrógeno es uno de los mecanismos con que cuenta la naturaleza para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos ya que permite que el nitrógeno atmosférico pueda fijarse y pueda ser asimilado por la planta.

1.1.6. El páramo manejado

La mayoría de los páramos tienen suelos de origen volcánico pero los más importantes de éstos no son volcánicos, algunas zonas tienen un régimen de uso bastante intensivo en cuanto al pastoreo. Las características sociales de la población paramera son muy diversas, la presencia de gente indígena que desempeñan roles y actividades que han ido siendo cambiadas con respecto a las buenas prácticas.

El páramo constituye uno de los ecosistemas más importantes que posee Ecuador no solamente por ser la fuente proveedora de agua de la mayoría de las cuencas hidrográficas sino también por los servicios ecológicos que nos prestan, además los páramos por su clima y situación geográfica son ecosistemas muy frágiles y deben ser protegidos y manejados de una manera equilibrada para garantizar su integridad.

Los Sistemas de Pagos por servicios ambientales (PSA) son presentados como una opción de mercado para la conservación de los páramos en nuestro país se han desarrollado iniciativas por parte del gobierno que buscan apoyo para la conservación de los páramos, sabiendo que también existe confusión respecto a los instrumentos existentes para la conservación de servicios ambientales así como a los marcos normativos.

(Wunder y Southgate, 2007) realizaron inventarios de proyectos de PSA para América Latina y para Ecuador de éstos se identificaron 20 casos en Ecuador en los páramos 12 casos de los que se puede resaltar la conservación de servicios ambientales más comunes aunque con mucha confusión respecto al servicio que se está tratado sobre la fijación de carbono en el páramo que es de mucha importancia para las negociaciones mundiales del cambio climático por el contrario existe claridad de que ecosistemas como los páramos NO están incorporadas en la iniciativa REDD.

1.1.7. Conservación de páramos en Chimborazo

La provincia de Chimborazo ha venido analizando sobre los problemas ambientales, un tema de mucho interés para elaborar una normativa de conservación de los páramos. El Gobierno de la Provincia de Chimborazo ha invertido algunos recursos para este estudio en el que suman varias organizaciones como EcoCiencia a través del Proyecto Páramo Andino y del Programa Regional BioAndes y CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina).

Dentro de los métodos que se han desarrollado sobre la información técnica que se encuentra disponible se priorizan las áreas donde existe alta biodiversidad se prioriza el páramo considerando que las áreas que estén en buen estado de la provincia, las áreas donde exista una alta relación del páramo con las comunidades, las áreas de alta pobreza y la regulación hídrica del páramo.

1.2. El carbono

Considérese que el ciclo del carbono comienza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico a través de los procesos de fotosíntesis realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el dióxido de carbono y el agua reaccionan para formar carbohidratos y simultáneamente liberar oxígeno, que pasa a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido carbónico, así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también liberan dióxido de carbono en sus procesos metabólicos. Las plantas y los animales muertos son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en anhídrido carbónico y regrese a la atmósfera (Orellan *et al.*, 2012).

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera ^(FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo ^(Lal et al., 1990, Lal, 1997). Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial ^(Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera ^(Kern y Johnson, 1993, Gifford, 1994, y Reicosky, 2002). Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo ^(West y Post, 2002). La labranza de conservación ^(Lal, 1997), que incluye a la cero labranza ^(FAO, 2001), es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar C en el suelo ^(Rasmussen y Parton, 1994, Rosell, 1999).

El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: calidad ^(Carter, 2002, Wander et al., 2002), sustentabilidad ^(Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y capacidad productiva ^(Sánchez *et al.*, 2004, Bauer y Black, 1994) por lo que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse. Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo ^(Moreno *et al.*, 1999).

1.2.1. El ciclo del carbono en el suelo

El consecuente cambio climático y el incremento de los gases de efecto invernadero tendrán gran efecto negativo, se espera la toma de ciertas medidas para reducir éstas emisiones y al mismo tiempo incrementar la captura en el suelo y la biomasa para esto se debe desarrollar estrategias mediante una política adecuada para el manejo de la agricultura. Una buena opción es la captura de carbono en los suelos o biomasa terrestres más aún en las tierras usadas para la agricultura o forestación a partir del Protocolo de Kyoto esto se conoce como Uso de La Tierra, Cambio en el uso de la Tierra y Forestación. Bajo el Protocolo de Kyoto para la acción de la captura de carbono no solo serán cambios en el manejo del suelo sino también en el incremento en el contenido de la materia orgánica con efectos significativos y un impacto positivo sobre la biodiversidad ^(Robert, 2002). El mayor reservorio de la biosfera es el suelo éste almacena más carbono en forma de materia orgánica que la biosfera y la atmósfera conjuntamente representan una gran

magnitud el flujo entre el carbono orgánico del suelo y la atmósfera. El contenido de materia orgánica de los suelos es controlado por el balance entre insumos de la biomasa vegetal y la atmósfera como vía para la descomposición de materia orgánica ^(Jaramillo, 2004).

1.2.2. El páramo como espacio para la fijación de carbono orgánico atmosférico

Se está alertando al mundo del alza de la concentración de dióxido de carbono causado principalmente por la quema de combustibles fósiles siendo el CO₂ el principal gas de efecto invernadero contrarrestándola con una línea de acción con la fijación aumentada de la cantidad de carbono en el crecimiento de la planta y la asimilación de CO₂ y convirtiéndolo en biomasa si está almacenada de una forma estable se retira la cantidad de carbono en la atmósfera durante algún tiempo, sabiendo que el páramo es un gran reservorio de carbono.

La descomposición en los restos vegetales es totalmente oxidada antes de ser incorporada al suelo en la mayoría de los casos es por ello que un suelo orgánico no es más profundo de 10 cm y el contenido de carbono elemental es del 5% teniendo una densidad aparente de 1kg/litro obteniendo una cantidad de carbono en el suelo de 50 toneladas por hectárea. Los suelos de los páramos son comúnmente húmedos y negros por el clima de alta humedad y el hecho de que son formados en cenizas volcánicas recientes donde la descomposición de la materia orgánica es muy lenta por lo que existe una capa gruesa donde es almacenado este carbono.

1.2.3. Dinámica del carbono orgánico en los suelos

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo. Se han desarrollado un gran número de métodos de separación para identificar los distintos constituyentes de la materia orgánica del suelo, grupos cinéticos, p. ej. grupos que pueden ser definidos por una cierta tasa de recambio del carbono.

El sistema tradicional de separación en fracciones fúlvicas y húmicas no separa las fracciones con diferentes tasas de recambio ^(Balesdent, 1996) como se considera en los modelos.

Los métodos de separación física tales como el fraccionamiento según el tamaño de las partículas, la densidad de las fracciones o las fracciones por tamaño de los agregados permiten la separación de fracciones cinéticas significativas (Feller, 1979; Balesdent, 1996).

Entre estas fracciones, las partículas de materia orgánica son muy sensibles a los cambios en el uso de la tierra (Cambardella, 1998; Gregorich *et al.*, 1996). Existen algunos métodos directos para determinar la biomasa microbiana, la cual representa de uno a cinco por ciento del total de la materia orgánica del suelo y es una fuente de reserva de nutrientes (N, P). Esta es una fracción muy lábil que fluctúa con la estación y que también responde rápidamente a los cambios de manejo del suelo.

1.2.4. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (p. ej. producción y economía) como en sus funciones ambientales entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos (Robert, 1996b). La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas.

1.2.5. Carbono orgánico y propiedades del suelo

El carbono orgánico es fundamental para el desarrollo de la dinámica biológica del suelo (Aguilera, 1999). Proporcionando energía a los diferentes organismos del suelo, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999). En definitiva estos microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el suelo convirtiéndola en elementos indispensables para las plantas. Además, tienen la capacidad de modificar ciertas las propiedades físicas del suelo como es la estructura y porosidad (Singer y Munns, 1996, y Krull *et al.*, 2002).

La desintegración de la materia orgánica del suelo tiene tres procesos como es: 1) fragmentación y mezcla de materiales, 2) rotura de moléculas grandes mediante la acción enzimática por parte de los microorganismos y, 3) asimilación y transformación de los productos solubles en sustancias orgánicas que poseen energía, agua y elementos minerales para las plantas (Singer y Munns, 1996, y Paul *et al.*, 1999).

Los microorganismos del suelo constituyen de 1 a 3% del carbono orgánico del suelo (Paul *et al.*, 1999), dicha actividad biológica. La actividad biológica interviene en la movilización y disponibilidad de nutrientes para las plantas (Borie *et al.*, 1999), convirtiéndose en un indicador de las condiciones físico químicas del suelo (Powlson *et al.*, 1987). La actividad microbiológica puede ser analizada por varios métodos dependiendo el tipo de estudio que se pretende realizar. La biota del suelo comprende todos aquellos organismos presentes en el mismo y que son capaces de generar cambios y transformaciones como son los nematodos, protozoos, organismos filamentosos, levaduras, hongos, microalgas y bacterias (Paul *et al.*, 1999).

1.2.6. Pago por servicios ambientales

Al abordar este tema se hace necesario considerar el artículo 74 de la Constitución Política de la República del Ecuador, los servicios ambientales no son sujetos de apropiación, la estrategia de conservación de servicios ambientales más promocionada internacionalmente es la creación de mercados para incorporar el valor del servicio ambiental en una transacción entre los manejadores del suelo y los que reciben el servicio. Ésta creación de mercados se sustenta en la teoría de Coase que busca corregir las fallas del mercado, incorporando en la estructura de precios el valor del servicio ambiental. El mercado se presenta como la forma más costo-efectiva para la asignación de los recursos (Coase, 1960).

La ubicación geográfica y la existencia de corrientes marinas y la presencia de la cordillera de los Andes han sido factores que le han dado a Ecuador sus características únicas y han hecho que su biodiversidad sea extraordinaria, forma parte del grupo de países megadiversos y contienen dos de los 25 hot spots (puntos calientes de biodiversidad) identificados a escala global áreas que en conjunto tienen el 44% de las especies de plantas vasculares y el 35% de especies de vertebrados en el planeta (Myers *et al.*, 2000).

Los páramos han sido de importancia en los últimos años debido a su valor ecológico y a que contienen una fauna y flora singulares pudiendo encontrar alrededor de 49 especies de

mamíferos (13,8% de las existentes en el país), 93 especies de aves (6,2% del país), 5 especies de reptiles (1,3% del país), 24 de anfibios (5,28 del país) y alrededor de 3000 especies de plantas (18% del país).

1.3. Mesofauna del suelo

La Mesofauna son invertebrados macroscópicos del suelo y que están formados por tres grupos representativos como son los artrópodos, las lombrices y los nemátodos, su importancia radica en la diversidad estructural y funcional interviniendo en la descomposición de la materia orgánica, aceleración y el reciclaje de los nutrientes ^(Usher *et al.*, 2006). Los animales cuyo tamaño de cuerpo oscila entre 0,2 y 2 mm conforman la mesofauna, *Enchytraeidae*, *Acari* (ácaros), *Collembola* (colémbolos), Protura, Pauropoda y otros Nematodos. La mesofauna del suelo interviene en los procesos de desintegración de la materia orgánica, acelerando y reaprovechando los nutrientes contribuyendo al proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno ^(García-Álvarez y Bello, 2004).

Los grupos que la integran son reguladores del proceso trófico del medio edáfico, al ayudar en la formación de su microestructura con sus aportes de deyecciones, excreciones, secreciones y con sus propios cadáveres. También facilitan la diseminación de esporas, hongos y otros microorganismos, por lo que son conocidos como catalizadores de la actividad microbiana. Además se les reconoce como microingenieros del medio edáfico, ya que construyen galerías en el suelo y mejoran las propiedades físicas de este, al favorecer la aireación y la infiltración de agua. Por ello constituyen factores decisivos para el mantenimiento de su productividad.

Muchos de los grupos que integran la mesofauna son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las cuales provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad ^(Scheu, 2002). Por tales motivos, es considerada como un buen indicador biológico del estado de conservación del suelo.

1.3.1. Lombriz de tierra

Las lombrices de tierra son gusanos segmentados celomados de hábitos fundamentalmente terrestres, comunes en suelos húmedos y cuyo tamaño cuando adultos varía desde 1 cm de largo y 2 mm de grosor, hasta más de 1 m y 3 cm de largo y grosor. Como todos los

anélidos tienen un cuerpo dividido en metámeros muy parecidos entre sí, salvo en la región anterior en donde se presentan las estructuras reproductoras y algunas otras modificaciones asociadas con los aparatos digestivo, circulatorio y nervioso. Todas las lombrices de tierra son hermafroditas y aunque predomina la reproducción sexual cruzada, algunas especies son partenogenéticas. Las lombrices de tierra caracterizados funcionalmente como importantes «ingenieros del ecosistema edáfico» (Lavelle, 1997; Jiménez et al., 2001a), ejercen una marcada influencia en los suelos donde habitan y junto a otros organismos edáficos (e.g.: microorganismos, meso y macrofauna) constituyen una biocenosis particular que a su vez está determinada por las condiciones de vida que le ofrece el respectivo biotopo (Mischis, 1991).

Las lombrices de tierra son capaces de modificar el suelo a través de sus actividades mecánicas (Lavelle, 1997), al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos (Lavelle et al., 1994; Kladivko, 2001). Su importancia radica no sólo en el efecto directo sobre el suelo sino también en que son importantes reguladores de la actividad microbiana (Coleman et al., 2004).

Las distintas especies de lombrices tienen estrategias vitales diferentes, ocupan nichos ecológicos distintos y se han clasificado, sobre la base de su alimentación y de la zona del suelo en la que viven, en tres categorías ecológicas: epigeas, anécicas y endogeas (Bouché 1977). Las especies epigeas viven en el horizonte orgánico, en o cerca de la superficie del suelo, alimentándose principalmente de materia orgánica en descomposición (restos vegetales, heces de animales, etc.).

Suelen ser especies de pequeño tamaño, pigmentadas y con altas tasas metabólicas y reproductivas que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales tan variables de la superficie del suelo. Producen deyecciones holorgánicas y presentan una tasa alta de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica, por lo que juegan un papel clave como transformadoras del mantillo.

Este gremio involucra organismos capaces de modificar el ambiente edáfico a través de sus actividades mecánicas (Lavelle, 1997), al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos, (Lavelle et al., 1994; Kladivko, 2001). Su importancia estriba no sólo en el efecto directo sobre el suelo sino también en ser importantes reguladores de la actividad microbiana (Coleman et al., 2004). Estas son algunas de las características de las lombrices de

tierra que las han constituido en uno de los grupos más apropiados para evaluar la calidad del suelo, conjuntamente con su alta sensibilidad a los cambios en el entorno edáfico. Debe señalarse además, que el efecto de las lombrices de tierra sobre el suelo varía en función de los distintos grupos ecológicos ^(Edwards y Bohlen, 1996).

1.3.2. Importancia de la mesofauna del suelo

Aparte de ser una fuente muy importante de materia orgánica para el suelo y poder convertirse en plagas para las plantas, la fauna del suelo lleva a cabo varias acciones que mejoran sus condiciones:

- Aumenta la disponibilidad de nutrientes mejorando el aporte de biomasa:
- Las lombrices aumentan la disponibilidad de P, K y C.
- Los macro invertebrados crean huecos dentro del suelo mejorando su aireación y permeabilidad.
- Respecto a la lombriz de tierra el Soil Quality Institute (SQI 1999) mejoran la calidad del suelo debido a:
 - Incrementan la disponibilidad de nutrientes N, P y K.
 - Aceleran la descomposición de materia orgánica activando procesos de mineralización y humificación.
 - Mejoran la porosidad.
 - Suprimen organismos peligrosos.
 - Incrementan la actividad de organismos benéficos.

Los microorganismos del suelo aparte de suministrarles una gran cantidad de biomasa y de causar problemas fitosanitarios intervienen en ciclos geoquímicos como del C, y del N, de P, y de S, que tienen que ver con la nutrición vegetal. En el ciclo del C los hongos son responsables de transformar el 80% de la celulosa que se produce y es la mayor reserva de carbono ya que es el polisacárido más abundante de la naturaleza.

1.3.3. La materia orgánica y la actividad microbiana

La actividad de las lombrices acelera la descomposición de los restos vegetales, incrementando la tasa de transformación de nutrientes, promueve la agregación del suelo y la porosidad, aumenta la infiltración de agua y el transporte de solutos. Estos organismos

tienen una gran influencia en el ciclo de los nutrientes en muchos ecosistemas. Generalmente incrementan la mineralización del carbono en el suelo, también la pueden disminuir al contribuir a la formación de agregados estables en los cuales el carbono es protegido de futuras descomposiciones. Las excretas de las lombrices contienen elevadas cantidades de Nitrógeno orgánico en comparación a la encontrada en los suelos adyacentes (Elliott, 1990).

1.3.4. Las lombrices de tierra y la descomposición de la materia orgánica

La descomposición es un proceso en cascada en el que la materia orgánica muerta experimenta una sucesión de transformaciones físicas y químicas en el suelo que conducen a la mineralización de una parte del recurso y al depósito de compuestos resistentes en forma de humus (Swift *et al.* 1979). Los microorganismos producen las enzimas responsables de la descomposición bioquímica de la materia orgánica, pero donde son abundantes, las lombrices son elementos clave del proceso e influyen en él a través de efectos directos e indirectos. Las lombrices de tierra modifican la biomasa microbiana y su actividad de forma directa a través de la estimulación, digestión y dispersión de los microorganismos e interaccionan con otros componentes biológicos del sistema del suelo, afectando en consecuencia a la estructura de las comunidades de la microflora y de la microfauna (Domínguez *et al.* 2003; Lores *et al.* 2006).

Las lombrices participan en la descomposición de la materia orgánica a través, en primer lugar, de los procesos asociados al paso a través de sus intestinos (PAIs), que incluyen todas las modificaciones que la materia orgánica en descomposición y los microorganismos sufren durante ese tránsito. Estas modificaciones incluyen la reducción del tamaño de partícula tras el paso por la molleja, la adición de azúcares y otras sustancias, la modificación de la actividad y de la diversidad microbiana, la modificación de las poblaciones de la microfauna, la homogeneización del sustrato y los procesos intrínsecos de digestión y asimilación; incluyen también la producción de moco y sustancias excretoras como la urea y el amonio, que constituyen una fuente de nutrientes fácilmente asimilables para los microorganismos. La actividad directa de las lombrices aumenta significativamente la mineralización del carbono y nitrógeno en el sustrato, y tales efectos son proporcionales a la densidad de lombrices (Aira *et al.* 2008).

1.3.5. Efecto de las lombrices sobre las propiedades físicas del suelo

El efecto de las lombrices sobre la estructura del suelo resulta de la acción neta de su alimentación y la actividad de las madrigueras. Ellas ingieren partículas del suelo y materia orgánica, la mezcla de los desechos de estas dos fracciones constituyen las excretas o lo que se llama coprolitos. Una vez expulsado el suelo en forma de coprolitos puede ser erosionado debido al impacto de la lluvia o puede formar agregados sólidos estables a través de una variedad de mecanismos de estabilización. Las lombrices generalmente promueven la aireación y porosidad a través de la formación de madrigueras y al incrementar la proporción de grandes agregados en el suelo, y sus efectos son especialmente importantes en suelos con estructura pobre. Al aumentar la tasa de infiltración de agua, las lombrices pueden reducir la pérdida de suelo (Subler *et al.* 1997 y Edwards *et al.* 1992).

Estas también pueden incrementar la erosión al remover la cobertura protectora de los residuos de la superficie, incrementan el sellado de la capa superficial y depositando excretas o coprolitos en la superficie, los cuales pueden ser arrastrados durante lluvias fuertes. Algunas especies tropicales disminuyen la infiltración al producir coprolitos que pueden compactar el suelo. A pesar de todo esto, comúnmente a las lombrices siempre se les ha reconocido como mejoradoras de la estructura del suelo (Brown *et al.* 2000).

1.3.6. Efecto de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas

La mayoría de estudios realizados sobre la influencia de las lombrices en el crecimiento de las plantas, han reportado buenos resultados, otros han reportado efectos negativo e incluso ningún efecto de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas. Las lombrices producen un incremento de producción de retoños y granos en diferentes cultivos en ensayos de campo y en pruebas de invernaderos. Los efectos benéficos de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas se pueden deber al incremento en la disponibilidad de nutrientes y agua, mejoramiento de la estructura del suelo, estimulación de microorganismos o formación de productos microbiales que aumentan el crecimiento de las plantas (Stockdill, 1982).

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Localización

La presente investigación se realizó en la microcuenca de la comunidad de Guangopud, parroquia Juan de Velasco (Pangor), cantón Colta, provincia de Chimborazo.

2.1.1. Superficie

La microcuenca de la comunidad Guangopud tiene una superficie total de **927,25 ha**. La mayor parte del sector es páramo de pajonal y páramo de almohadillas.

2.1.2. Ubicación geográfica ⁽¹⁾

Coordenadas Proyectadas UTM Zona 17S, DATUM WGS 84

Altitud: 3800 – 4320 msnm

Norte: 9807858.62 m

Este: 737463.13 m

Situado desde el Origen del centroide de la microcuenca.

2.1.3. Características climáticas¹

Temperatura media anual: 8 - 10 °C

Humedad relativa: 60 - 80 %

Precipitación media anual: 1000 – 1250 mm

¹ Datos obtenidos del INHAMI (Anuarios 2013)

2.1.4. Ubicación ecológica

Según (Sierra *et al.*, 1999), el área de estudio corresponde a la zona de vida Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo, determinado por áreas compuestas por pajonales altimontanos y montanos paramunos; arbustal siempreverde montano alto superior y subnival de páramo, caracterizado por la presencia de matorrales edafoxerófilos en cojín altoandinos paramunos; la variación altitudinal esta entre los 3300-4100 m (N), 3000-3300 m (S); el relieve general es de montaña y planicie, propios de los andes centro nor y sur oriental.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales para campo

- Libreta y manual para campo
- Cinta vinílica fluorescente
- Guía de Munsell para determinar el color del suelo
- Fundas plásticas ziploc

2.2.2. Equipos

- GPS
- Cinta métrica (10 y 20 m)
- Cámara fotográfica digital
- Machete
- Bolsas plásticas herméticas
- Cilindro de volumen conocido
- Lápices y lapiceros
- Computadora
- Vehículo

2.2.3. Materiales para laboratorio

- Balanza analítica
- Mufla
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Pinzas
- Espátula
- Crisol

2.3. Metodología

- **Muestreo de suelo**

La metodología empleada a la presente investigación fue el Manual de campo publicado por el proyecto Evaluación Nacional Forestal ENF del MAE. Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación, el trabajo fue desarrollado de la siguiente manera.

- **Muestreo de mesofauna**

Metodología recomendada por el Instituto de Fertilidad y Biología de suelos tropicales.

- **Muestreo de turrículos**

Muestreo recomendado por Patrick Lavelle (Muestreo en la superficie)

2.3.1. Tipo de muestreo

El total de la población se lo determino en base al tamaño del conglomerado, tomado en cuenta el tamaño del conglomerado un kilómetro cuadrado, utilizando la siguiente formula.

$$N= A/a$$

En donde (N) es igual a la totalidad de elementos a ser analizados, (A) es el tamaño de la muestra, mientras que (a) es igual al tamaño del conglomerado; la superficie de la muestras; en cada punto se establecieron un conglomerados con tres parcelas por cada conglomerado. La rejilla se sobrepuso sobre el mapa de la microcuenca de la comunidad de Guangopud. La muestra que se midió en el campo fue seleccionada al azar, pero de manera representativa. Para el levantamiento de información en campo se midieron tres parcelas por conglomerado.

Las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), tienen una dimensión de 60 x 60 m y ubicadas a una distancia de 250 m cada una. Esta forma es normal para poder realizar las diferentes mediciones de biomasa en campo y aplicable a la mayoría de tipos de vegetación (Ravindranath y Oswald, 2008)

Para una mejor medición y toma de datos la parcela tiene un diseño anidado con parcelas de diferentes dimensiones, según el tipo de estrato a estudiar donde se recopiló la información fisiográfica de la zona de estudios así como parámetros físicos del suelo.

2.3.2. Procedimiento para el levantamiento de información en campo

En cada unidad de muestreo la información fue recopilada de acuerdo al diseño de la planificación, para luego ser almacenada y tabulada en una base de datos. La planificación fue efectuada de tal forma que todos los conglomerados sean inventariados.

2.3.2.1. Análisis de ubicación y acceso al área de estudio

El equipo de campo contó con información SIG completa del estrato de páramo a estudiar, con esta información se elaboró mapas de ubicación de cada punto de monitoreo, también se obtuvo las coordenadas puntuales de los sitios de inicio de cada parcela.

La información respecto a la tenencia de la tierra es de trascendental importancia ya que nos ayuda a una correcta planificación del sector en los diferentes ámbitos y a su vez conocer el uso actual y potencial del suelo.

2.3.2.2. Registro de coordenadas en el GPS

Antes de proceder con el trabajo de campo primero se grabó las coordenadas en el GPS, cada una con su respectiva codificación la misma que consta de:

- Tres dígitos para identificar al conglomerado (001)
- La letra P, para parcela sea esta 1, 2 o 3 y
- Finalmente una "T" que simboliza el punto de inicio de medición.

2.3.2.2.1. Toma de datos en la parcela

El procedimiento para realizar el trazado de las parcelas y en donde se va a efectuar las mediciones de los diferentes elementos se desarrolló de la siguiente manera:

Paso 1. Trazado o instalación de las parcelas

Se instalaron tres parcelas por conglomerado dlas mismas que forman una “L”. Primero se inicia instalando la parcela de la derecha; para luego continuar con la de la izquierda de la “L” y finalmente la superior. Las parcelas están compuestas de tres fajas de 20 x 60 cada una.

Paso 2. Observaciones y muestras de mesofauna edáfica

Para el muestreo de la mesofauna del suelo se aplicó la metodología del monolito, recomendado por el Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF); el bloque fue dividido en las tres zonas dentro de cada una de las parcelas, en forma diagonal cada 20 metros (Anderson e Ingram, 1993). Los macroinvertebrados del suelo que fueron colectados se colocaron en soluciones de alcohol al 70% y en formol al 10% (Decaëns *et al.*, 1994). En cada punto de monitoreo se recolecto un monolito de 100 cm² dando un total de 36 sub-muestras.

Se cuantificó la biomasa y número de individuos. En las zonas de depósito de turriculos se procedió a tomar las muestras de la superficie en un área aproximada de 100 cm² (Decaëns *et al.*, 1994). Con los datos obtenidos por cada sub muestra se formaron tablas comparativas para relacionar el carbono orgánico del suelo y el carbono orgánico producido por la mesofauna edáfica (lombrices) de cada una de las parcelas (Zar, 1996).

Paso 3. Observaciones y muestras de suelo

La información de suelo es necesaria para el realizar los reportes de carbono. Además Las propiedades físicas y muestras de suelo para análisis de laboratorio se tomarán dentro de la sub-parcela de 20 x 20 m.

En la sub-parcela se establecieron cinco puntos de muestreo, distribuidos en el centro de la sub-parcela y en sus cuatro vértices, en el punto central de la sub-parcela se observó el color, textura, estructura y pedregosidad del suelo (FAO, 2006). Adicionalmente, se observó la fisiografía y la accesibilidad a la parcela.

Para conocer los cambios en el contenido de carbono, en los cinco puntos de muestreo se extrajeron muestras de suelo hasta los 30 cm de profundidad, donde son más notorios dichos cambios (IPCC 2006).

Las muestras se extrajeron a tres profundidades: entre 0 a 10 cm, 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm, para lo cual fue necesario construir pequeñas calicatas, a cada profundidad se tomaron dos muestras; la primera de 500 cm³ compuesta de cinco cilindros extraídos de los cinco puntos de muestreo, que servirá para el cálculo de carbono orgánico del suelo; y la segunda muestra será de 300 cm³ compuesta de tres cilindros extraídos de tres puntos de muestreo destinados para el cálculo de la densidad aparente. Las muestras de suelo fueron depositadas en una funda plástica con cierre hermético debidamente identificadas con el código correspondiente.

2.3.3. Cálculos para estimar el carbono

2.3.3.1. Carbono en el suelo

Para determinar el contenido de carbono por unidad de volumen de suelo, es necesario conocer la densidad aparente del suelo. Para esto se utiliza el método del “cilindro de volumen conocido” como se presenta a continuación:

- Utilizar un cilindro de volumen conocido.
- Secar la muestra en la estufa a 105° C hasta obtener un peso constante.
- Peso de la muestra seca (Ps).
- Calcular la densidad aparente:

$$DA \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco (Ps)}}{\text{Volúmen del cilindro}}$$

El carbono contenido en el suelo se calcula a partir de los valores de porcentaje de C y densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$CS = CC \times DA \times P$$

Dónde:

CS = carbono en suelo (tC/ha)

CC = contenido de C (%)

DA = densidad aparente (g/cm³)

P = profundidad de muestreo

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1. Caracterización de páramo

Incluye la determinación del sitio de estudio, donde se recopilará información necesaria la cual nos dará a conocer los cambios producidos en el ambiente, mediante el conocimiento e identificación del medio físico, biológico y socioeconómico; los cuales se encuentran dentro del área de influencia. La obtención de los componentes analizados permitirá conocer las condiciones existentes y las capacidades que posee el ambiente, donde se desarrollan las actividades diarias del ser humano, siendo una herramienta primordial para la caracterización de los efectos causados al entorno. Se describirá el lugar a más de las características del suelo y sus componentes evidenciando factores bióticos que determinen el área de estudio y las actividades que en ella se realizan ^(Beltrán, K 2010).

3.2. Medio físico

3.2.1. Superficie

La comunidad de Guangopud se encuentra en la provincia de Chimborazo, parroquia Juan de Velasco cantón Colta, Panamericana Sur vía a la Costa pasando el páramo de Návag a una altura del 3858m.s.n.m, con alrededor de 1500 ha de páramo limita al norte con el cantón Riobamba, con sus parroquias San Juan y Licán, al sur con los cantones Pallatanga y Guamote, al este con el cantón Riobamba con sus parroquias Cacha, Punín y Flores y la parroquia Cebadas del cantón Guamote, al oeste la provincia de Bolívar. EL área de influencia comprende 927,25 ha, aproximadamente alrededor del lugar ^(Beltrán, K 2010).

3.2.1.1. Área de Influencia Directa: Conciernen el borde de todo el páramo de Guangopud donde se recogerán las muestras de suelo para ser analizadas.

3.2.1.2. Área de Influencia Indirecta: Corresponde las áreas alrededor del páramo de Guangopud.

Figura 1-3: Área de estudio



Realizado por: Erika Moreno, Karla Ortiz

3.2.2. Topografía

Su superficie es irregular debido a que atraviesa la cordillera Occidental el territorio de este cantón se encuentra ubicado en la Hoya de Chambo y parte de la hoya de Chimbo, as zonas que presentan menor grado de pendiente, son en donde se asientan las principales poblaciones del cantón, así tenemos el valle Central (zona que comprende Cajabamba y Sicalpa), la planicie de Majipamba (Balbanera, laguna de Colta, Santiago de Quito, y comunidades aledañas). (Instituto Geográfico Militar).

3.2.3. Geomorfología

Cuadro 1-3: Tipo de pendiente

Descripción	Rea (ha)	Porcentaje
Hidromorfismo o zonas en las cuales no se tiene información suficiente.	261,72	0,3%
Pendiente débil: 0-5%	1.064,80	1%
Pendiente suave y regular: 5 al 12%	1.203,53	1%
Pendiente suave pero con micro relieve,	511,99	0,6%

ondulaciones irregulares del 5 al 12%		
Pendiente regular del 12 al 25%, o irregular con micro relieves del 12 al 20%	6.881,86	8%
Pendientes fuertes de más del 20 al 25% y menos del 50%	14.087,12	17%
Pendientes muy fuertes del 50 al 70%	22.827,12	27%
Pendientes abruptas más del 70%	36.229,37	44%

FUENTE: Beltrán, K (2010). Diagnóstico Socioambiental Provincia de Chimborazo, Quito, EcoCiencia.
ELABORACIÓN: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

3.2.4. Clima

El clima con una potencialidad de precipitaciones de 500 y 100 mm y temperaturas menores a 15°C a 3200 m.s.n.m. con limitantes de sequías y heladas pero con el apoyo de programas de forestación y reforestación y la creación de microclimas con un determinante financiamiento para la adaptación al cambio climático. (Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.)

3.2.5. Hidrografía

Los ríos más importante que atraviesan el cantón nacen en la cordillera Occidental; muchos de ellos toman curso hacia el Oriente para desembocar sus aguas en el río Chambo, mientras que otros dirigen su caudal hacia el Occidente para aumentar el caudal del río Chimbo, para luego formar el Chanchán en el cantón Cumaná. Entre los ríos con vertiente oriental, citamos: Cajabamba, Salado, Columbe, Calderón, Lullucha, y de la vertiente occidental tenemos: Navag, Pangór, Cañi, Pallo. La laguna de Colta, es uno de los sistemas lacustres más importantes de la provincia, ubicada a 3288 msnm, posee una longitud de 2.5 Km. Y 1 Km. de ancho cuyos suelos son en parte erosionados.

3.2.6. Hidrología

Los ríos más importante que atraviesan el cantón nacen en la cordillera Occidental; muchos de ellos toman curso hacia el Oriente para desembocar sus aguas en el río Chambo, mientras que otros dirigen su caudal hacia el Occidente para aumentar el caudal del río Chimbo, para luego formar el Chanchan en el cantón Cumandá. Entre los ríos con vertiente oriental, citamos: Cajabamba, Salado, Columbe, Calderón, Lullucha, y de la

vertiente occidental tenemos: Navag, Pangór, Cañi, Pallo. La laguna de Colta, es uno de los sistemas lacustres más importantes de la provincia, ubicada a 3288 m.s.n.m. posee una longitud de 2,5 km y 1 km de ancho cuyos suelos son en parte erosionados.

Cuadro 2-3: Cuencas, subcuencas y unidades hídricas

Cuencas	Unidades	Área (ha)	Disponibilidad de agua m ³ /año	Nivel de vulnerabilidad
Guayas	R. Panza	213,33	13000000	Levemente
Guayas	R. Coco	182,89	79000000	Levemente Vulnerable
Guayas	Q. Cóndor Puñuna	2121,23	11400000	No Vulnerable
Guayas	R. Pangor	10356,22	81000000	Levemente Vulnerable
Guayas	R. Pallo	4016,43	31000000	Levemente Vulnerable
Guayas	R. Malpote	5822,48	37000000	Levemente Vulnerable
Guayas	R. Tangabana	3220,17	22000000	Moderadamente Vulnerable
Guayas	R. Cañi	2182,80	19000000	No vulnerable
Guayas	Drenajes Menores	7776,05	64000000	Levemente Vulnerable
Pastaza	R. Llinilin	8045,66	14000000	Levemente Vulnerable
Pastaza	Q. Tiocajas	86,44	1600000	Moderadamente Vulnerable
Pastaza	Q. ChitaHuaycu	99,05	61000	Moderadamente Vulnerable
Pastaza	Q. Compuene	398,33	8000000	Moderadamente Vulnerable
Pastaza	Q. Pelucate	1926,19	1300000	Totalmente Vulnerable
Pastaza	Drenajes Menores	2645,15	39000000	Levemente Vulnerable
Pastaza	R. Sasapud	6818,63	29000000	Moderadamente Vulnerable
Pastaza	R. Grahuijón	3214,81	6300000	Vulnerable
Pastaza	Q. Tingo	288,82	112000	Totalmente

FUENTE: Beltrán, K (2010). Diagnóstico Socioambiental Provincia de Chimborazo, Quito, EcoCiencia.

ELABORACIÓN: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

3.2.7. Uso del agua

Los usos actuales del agua son diversos debido a las actividades del lugar; los agricultores dependen muchas veces del agua de lluvia para sus cultivos, además de uso doméstico y actividades de aseo personal.

3.2.8. Características del suelo

El 71% de los suelos del lugar son de tipo inceptisol de origen volcánico.

Cuadro 3-3: . Tipos de suelos

DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
Cuerpo de agua natural	192,23	0,2%
Entisol	1663,27	2%
Histosol	477,83	1%
Inceptisol	52908,29	63,81%
Mollisol	27822,48	33%

FUENTE: Beltrán, K (2010). Diagnóstico Socioambiental Provincia de Chimborazo, Quito, EcoCiencia.

ELABORACIÓN: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

Cuadro 04. Modelo Territorial Actual

COMPONENTES	POTENCIALIDADES	LIMITANTES	CONDICIONANTES	VULNERABILIDADES	RIESGOS	DETERMINANTES
Clima	3200 msnm, precipitaciones 500 y 100mm y temperaturas menores a los 12°C.	Sequias y heladas	Apoyo a programas de forestación y reforestación, creación de microclimas.	Cambio climático.	Cambios bruscos de temperatura	Financiamiento para adaptación al cambio climático.
Ecosistemas	Páramo 37% superficie del Cantón Colta con diversidad de especies de flora y fauna.	No tiene planes de manejo.	Apoyo del MAE para los planes de manejo.	Avance de la frontera agrícola 2, 16% anual.	Incendios en el páramo y caza de especies.	Delegación de competencias.
El Agua	Laguna de Colta	Empoderamiento de la gente.	Manejo integral de laguna.	Sedimentación de la laguna.	Pérdida de cobertura vegetal	Apoyo del Consejo Provincial a los sistemas de riego.
El Suelo	48% dedicado a la producción.	Pendientes altas.	Apoyo al fomento productivo.	Suelos abandonados.	Cambio del uso del suelo, alto uso de químicos.	Programa de recuperación de suelos y agro ecología.
El Aire	Aire con bajas afectaciones.	Actividades antrópicas.	Espacios verdes, concientización.	No se cumple el OT(ordenamiento territorial)	Mala disposición de los desechos.	Cumplimiento de OT.
Amenazas	Fuertes vientos (energía eólica).	Ocurrencia alta de elementos adversos.	Concienciación sobre la importancia del páramo.	Descordinación del GAD Colta	Pérdida de cultivos.	Apoyo GAD Colta capacitación sobre la mitigación de amenazas.

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial

ELABORACIÓN: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

3.3. Medio biótico

La biodiversidad alcanza formas de vida y gran variedad de organismos vivos (fauna, flora y microorganismos).

3.3.1. Flora

Cuadro 5-3: Granos de interés agrícola en los páramos del Ecuador

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
Maíz	<i>Zea mays</i>	Nativa
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Introducida
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Introducida
Centeno	<i>Secale cereale</i>	Introducida
Quinua	<i>Chenopodium quinua</i>	Nativa
Amaranto	<i>Amarantus spp.</i>	Nativa
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	Introducida
Lenteja	<i>Lens cuinaris</i>	Introducida
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Introducida-Nativa
Haba	<i>Vicia faba</i>	nativa

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACIÓN: Erika Moreno, Karla Ortíz.

Cuadro 6-3: Tubérculos y raíces de interés agrícola en los páramos del Ecuador

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Nativa-tubérculo
Meloco	<i>Ullucus tuberosus</i>	Nativa-tubérculo
Oca	<i>Oxalis tuberosa</i>	Nativa-tubérculo
Mashua	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	Nativa-tubérculo
Zanahoria blanca	<i>Arracacia xanthorhiza</i>	Nativa-Raíz
Jícama	<i>Polymnia sonchifolia</i>	Nativa-Raíz de consumo directo
Miso	<i>Mirabilis expansa</i>	Nativa-Raíz
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Nativa-Raíz
Achira	<i>Canna edulis</i>	Nativa-Rizoma comestible

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACIÓN: Erika Moreno, Karla Ortiz.

Cuadro 7-3: Hortalizas y verduras de interés agrícola en los páramos del Ecuador

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
Col	<i>Brassica spp.</i>	Introducida-verdura
Coliflor	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	Introducida-verdura
Brócoli	<i>Brassica oleracea var. italica</i>	Introducida-verdura
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	Introducida-verdura
Acelga	<i>Beta vulgaris (var.1)</i>	Introducida-verdura
Remolacha	<i>Beta vulgaris (var.2)</i>	Introducida-raíz
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Introducida-raíz

Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Introducida-bulbo
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Introducida-bulbo
Alcachofa	<i>Cynara scolimus</i>	Introducida-verdura
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	Introducida-verdura
Nabo	<i>Brassica napus</i>	Introducida-verdura
Ají	<i>Capsicum annuum</i>	Nativa-fruto
Berro	<i>Lepidium sativum</i>	Nativa-verdura
Sambo	<i>Cucurbita ficifolia</i>	Nativa-fruto

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACIÓN: Erika Moreno, Karla Ortíz.

Cuadro 8-3: Frutales y nueces de interés agrícola en los páramos del Ecuador

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
Taxo	<i>Passiflora mollissima</i>	Nativa-trepadora
Babaco	<i>Carica pentagona</i>	Nativa-arbustiva
Uvilla	<i>Physalis peruviana</i>	Nativa-herbácea
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nativa-arbustiva
Pepino	<i>Solanum muricatum</i>	Nativa-herbácea
Capulí	<i>Prunus serótina</i>	Nativa-arbórea
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	Nativa-arbustiva
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Nativa-arbórea
Higo	<i>Ficus carica</i>	Introducida-arbustiva
Mora	<i>Rubus glaucus</i>	Introducida-arbustiva

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACIÓN: Erika Moreno, Karla Ortíz.

3.3.2. Fauna

Los mamíferos que se señalan a continuación son visibles en todo el cantón Colta evidenciándose un 6% en el páramo de la parroquia Juan de Velasco.

Cuadro9-3: Identificación de especies de mamíferos

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO
Conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Ah, otro
Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Ah, otro
Zorro	<i>Vulpes</i>	Med, otro
Ratón	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Med, otro
Raposa	<i>Caluromissp.</i>	Ah, med
Llama	<i>Lama glama</i>	Ah, med, otro
Ah: alimentación humana, med: medicinal		

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACIÓN: Erika Moreno, Karla Ortíz.

Las aves señaladas a continuación se encuentran en todo el cantón Colta, existiendo una mayor concentración de ellas en las parroquias de Juan de Velasco y Columbe con un 41% y 19% respectivamente.

Cuadro 10-3. Identificación de especies de aves

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO
Mirlo	<i>Turdus merula</i>	Med, otro
Tórtora	<i>Strepto peliaturtur</i>	Ah, med, otro
Colibrí	<i>Archilochus colubris</i>	Med, otro
Pájaro	<i>Pyrocephalus rubinis</i>	Med, otro
Cóndor	<i>Vultur gryphus</i>	Med, otro

Ah: alimentación humana, med: medicinal

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

ELABORACION: Erika Moreno, Karla Ortíz.

3.3.3. Peces

Se encuentran presentes peces en los ríos del cantón como truchas, producidos a través de piscinas como es el caso de American Fish y Asociación El Dorado ubicados en la parroquia Juan de Velasco.

3.4. Medio socioeconómico

3.4.1. Demografía

En el cantón Colta se presenta una población total de 44971 habitantes en las áreas urbana y rural, en el área urbana la población es de 2313 habitantes de los mismos 1111 son hombres y 1202 son mujeres; en cuanto al área rural la población es de 42 658 habitantes, de los cuales 20 531 son hombres y 22127 son mujeres ^(Censo, 2010).

3.5. Zonificación del área de estudio

3.5.1. Zona Alta: Caracterizado por un ecosistema de herbazales de la región alto superior de páramos, con rango altitudinales sobre los 4200 m.s.n.m. y en donde se ubicó el conglomerado 001, estos son sitios con alta presencia de nubosidad, baja

evapotranspiración, rocosas, es de gran importancia ya que son el inicio de las grandes captaciones de la cuenca ya que su constante recarga proporciona un caudal pero constante aguas abajo.

3.5.2. Zona Media: Caracterizado por tener sitios de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, propio de páramos de almohadillas, con rangos altitudinales de 4100-4200 m.s.n.m y en donde se ubicó el conglomerado 002, son zonas de convergencia de los primeros tributarios, con un caudal moderado, con depósitos de turba (materia orgánica en proceso de descomposición), sitios muy importantes bajo seria amenaza a la intervención humana.

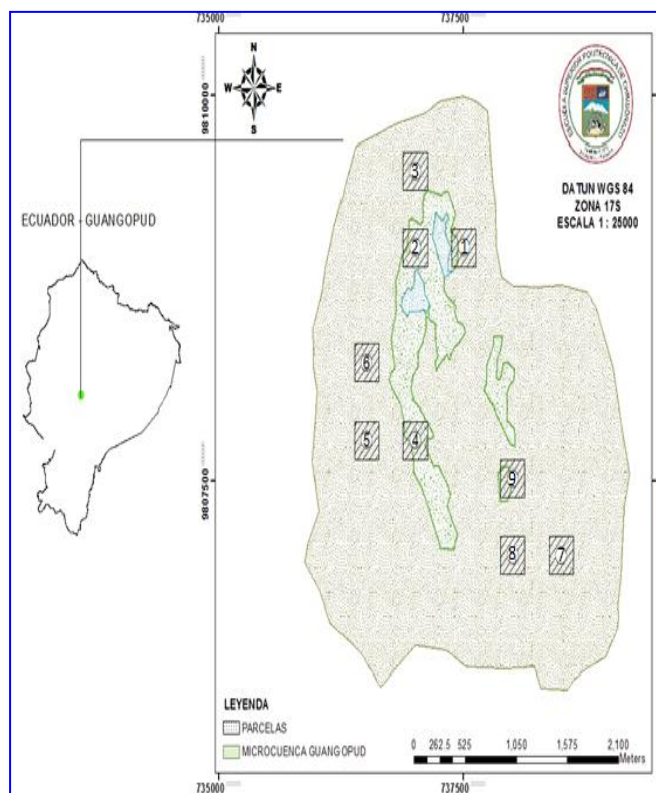
3.5.3. Zona Baja: Caracterizado por tener sitios de arbustos siempre verde, herbazales montano alto superior de páramo, a una altitud de 4000-4100 m.s.n.m, son sitios en donde los primeros ríos convergen, suelos con alta fertilidad los horizontes orgánicos muy profundos mayores a 100 cm, con alto grado de intervención humana fue el sitio ideal para implementar el conglomerado 003.

3.6. Parcelas permanentes de monitoreo

Las parcelas permanentes de muestreo son instrumentos que permiten estudiar la dinámica y comportamiento de los ecosistemas naturales con el propósito de obtener información esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones, a partir de este inventario, se obtendrán valores e indicadores para la evaluación de la aplicación de las políticas, planes y programas.

En el presente estudio se implementaron tres conglomerados con tres parcelas permanentes en cada conglomerado de una superficie de 3600 m² (60 x 60) m, en estos lugares se implementaron sub parcelas para medir las diferentes variables (carbono orgánico, topografía, accesibilidad, perturbaciones), se recomienda volver hacer mediciones cada cinco años y poder cuantificar el estado de este tipo de ecosistemas ^(ENF 2012).

Figura 2-3. Zonificación del área de estudio



En el cuadro 11 muestra el número de conglomerados y la cantidad de parcelas distribuidas en cada uno de los sectores del área de estudio, las mismas que están debidamente georreferenciadas y ubicadas en sitios donde es posible realizar el levantamiento de información (monitoreo).

Cuadro 11-3: Ubicación de las parcelas de monitoreo

Conglomerado	Parcela	Sector	Este	Norte	Altitud (msnm)
001	P1	Zona Alta	737505	9809015	4237
	P2		737005	9809015	4244
	P3		737005	9809515	4265
002	P4	Zona Media	737005	9807765	4124
	P5		736505	9807765	4132
	P6		736505	9808265	4151
003	P7	Zona Baja	738505	9807015	4027
	P8		738005	9807015	4035
	P9		738005	9807515	4040

3.7. Información fisiográfica

3.7.1. Acceso al conglomerado

En el cuadro 12 muestra la información del lugar de salida (ESPOCH), donde empieza el recorrido para efectuar el presente proyecto, además; se detalla el tipo de transporte utilizado antes de iniciar el acceso al conglomerado, ubicación del lugar donde termina el viaje, información de la caminata de acceso al conglomerado y puntos de referencia identificados en la caminata de acceso al conglomerado.

Cuadro 12-3 Datos del acceso al conglomerado

Conglomerado	Provincia	Cantón	Parroquia
001	06	03	53
002	06	03	53
003	06	03	53

06: Chimborazo; 03: Colta; 53: Juan de Velasco

3.7.2. Información del medio de transporte utilizado antes de iniciar el monitoreo

Es importante determinar la accesibilidad de un medio de transporte debido a que el costo de implementación de un inventario varía de acuerdo a la accesibilidad, de esta manera es posible tomar decisiones al momento de elaborar este tipo de proyectos.

Cuadro 13-3. Medio de transporte utilizado

Conglomerado	Medio de transporte	Tiempo (h)	Distancia (Km)
001	Terrestre	2:20	76
002	Terrestre	2:00	68
003	Terrestre	1:50	65

3.7.3. Información de la ruta de ingreso al área de estudio

Cuando realizamos el reporte de la información es necesario detallar los tiempos de acceso, de esta manera es posible tener una idea clara de los costos a futuro en la implementación

del proyecto, además los organismos que verifican este tipo de proyectos deben tener un detalle claro de la información disponible sobre el área a intervenir.

Cuadro 14-3: Acceso al conglomerado

Conglomerado	Fecha de inicio	Hora de inicio	Hora de llegada PI
001	10/07/2014	8:00:00 AM	8:30:00 AM
002	19/09/2014	7:30:00 AM	8:00:00 AM
003	26/09/2014	7:30:00 AM	8:00:00 AM

3.7.4. Puntos de referencia identificados en la ruta de ingreso al área de estudio

La identificación de sitios de interés hasta la llegada a las parcelas de monitoreo son importantes en la validación, debido a que organismos como IPCC 2014, tiene verificadores que trabajan con formularios de campo y dar veracidad a la información obtenida, además al momento de trabajar con información geográfica (cartas topográficas, imágenes satelitales) debemos tener una ubicación espacial del área.

Cuadro 15-3: Puntos de referencia del conglomerado

Conglomerado	Descripción del PR	UTM X	UTM Y
001	Quebrada Guangopud	738689	9807539
002	Almohadillas	736814	9808071
003	Humedal	737272	9809356

Dónde: 06=Chimborazo, 03=Colta, 53=Juan de Velasco

3.7.5. Función y perturbaciones

La interacción de medios bióticos y abióticos en conjunto con la actividad antrópica, son factores que influyen al momento de tomar medidas de mitigación al cambio climático la ubicación, en conjunto con la presión antrópica van acelerando los procesos de degradación de este tipo de ecosistemas, el origen y los usos a través del tiempo dan una idea de los escenarios que se manejarán a futuro y las posibles medidas de mitigación a tomar.

Cuadro 16-3: Funciones y estados de las perturbaciones

Factores	Estado
Tenencia de la tierra	Comunitario
Función	Producción Ganadera
Perturbación Natural	Sin perturbación
Perturbación Humana	Vías, Pastoreo
Estructura vertical	Un dosel (herbáceo)
Sucesión	Herbáceo
Plan de manejo	Sin plan de manejo

3.7.6. Propiedades Físicas

El cuadro 17 muestra las principales características físicas del suelo, **FAO 2004** manifiesta que los suelos son afectados por las actividades humanas, como la industrial, y la agrícola, que a menudo resulta en la degradación del suelo y pérdida o reducción de sus funciones. Las medidas de mitigación en sitios alterados necesitan información que proporciona el técnico de acuerdo a la observación que proporcione de manera confiable para lograr un mejor entendimiento del medio ambiente. Con la actual internacionalización el uso de un lenguaje común es de vital importancia para la ciencia del suelo. La creciente necesidad de reglas y sistemas para la descripción y clasificación de suelos que sean aceptados internacionalmente, ha llevado al desarrollo de varios conceptos de clasificación de suelos; por ejemplo: la Leyenda para el Mapa Mundial del Suelo FAO-UNESCO ^(FAO-UNESCO, 1974, 1988) y la Taxonomía del Suelo ^(USDA Servicio de Conservación de Suelos 1975, 1999), y los mapas de suelos, como por ejemplo: El Mapa Mundial del Suelo ^(FAO-UNESCO, 1970-1981; FAO, 2002), Mapa de Suelos de la Comunidad Europea ^(ECSC-EEC-EAEC, 1985) y El Atlas de Suelo de Europa ^(EC, 2005).

Cuadro 17-3: Propiedades físicas del suelo






Conglomerado	Parcela	Prof. horizonte (cm)	Color	Textura	Estructura	Pedregosidad
001	P1	120	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P2	90	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P3	90	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
002	P4	100	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P5	110	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P6	150	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
003	P7	95	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P8	100	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %
	P9	130	7,5 YR - 2,5/1B	Arena-franca	Granular	< 5 %






3.8. Identificación de la mesofauna edáfica (Metodología Monolito TSBF)

(Anderson e Ingram, 1993)

El recurso edáfico en nuestro país no está cuantificado de manera apropiada, los servicios que proporciona una diversidad de especies a la regulación hídrica, fertilidad del suelo, la textura del suelo son entre muchos los beneficios que los ingenieros del suelo realizan de manera constante. Los ecosistemas de páramo no son una excepción estos ambientes aparentemente extremos son propicios para que prospere especies de macro fauna especializada y adaptada a los constantes cambios del ecosistema paramuno. La última dimensión, una de las más sensibles al uso e importante desde el punto de vista de la conservación y productividad, incluye la conservación de la red trófica, que tiende a ser más extensa, con mayor incidencia de saprófagos y, posiblemente, de mayor complejidad que en otros ecosistemas (Neher, 1999).

Cuadro 18-3: Inventario de mesofauna edáfica (Cabrera-Dávila, G. 2014).

Orden	Familia	Densidad/m ²			Figura
		CC 001	CC 002	CC 003	
Acaria	<i>Trombidiidae</i>	5,6	12,2	6,7	
Coleoptera	<i>Indet sp1</i>	17,8	22,2	16,7	
Diptera	<i>Indet sp2</i>	12,2	4,4	2,2	
Diptera	<i>Indet sp3</i>	4,4	3,3	4,4	
Collembola	<i>Indet sp3</i>	15,6	11,1	6,7	

Forficulidae	<i>Forficula</i>	6,7	7,8	10,0	
Coleoptera	<i>Carabidae</i>	3,3	5,6	2,2	
Lumbricidae	<i>Lombricus sp1</i>	12,2	11,1	13,3	
Lumbricidae	<i>Lombricus sp2</i>	10,0	5,6	3,3	
Lumbricidae	<i>Lombricus sp3</i>	23,3	12,2	10,0	

En el cuadro 18, se indica los datos del número de individuos encontrados en los diferentes conglomerados, se identificó un total de 10 especies, de los cuales 2 especies pertenecen al mismo orden (*Diptera*), 3 especies pertenecientes al orden (**Lumbricidae**), dos especies pertenecientes al orden (*Coleoptera*), las demás especies pertenecen a diferentes géneros (*Forficulidae*, *Collembola* y *Acaria*) según la metodología de los bloques de suelo de (10x10) cm, posteriormente se transformaron los valores para lograr determinar la densidad de individuos por unidad de superficie.

3.8.1. Valor de Importancia de las familias

La importancia de la biodiversidad biológica, se trata de un conjunto integrado y correlacionado de diferentes microorganismos residentes en el suelo que viven en constante simbiosis y en equilibrio en el ecosistema, su adaptación y efecto formador del suelo son factores que generan pautas para poder identificar bioindicadores de la calidad edáfica. (Lavelle, 1997; Jiménez *et al.*, 2001a)

Cuadro 19-3: Valor de importancia de la mesofauna edáfica

FAMILIA	ORDEN	#I/m ²	#I/m ²	#I/m ²	TOTAL	%
Acaria	<i>Trombidiidae</i>	5,6	12,2	6,7	24,4	8,7
Coleoptera	<i>Indet sp1</i>	17,8	22,2	16,7	56,7	20,1
Diptera	<i>Indet sp2</i>	12,2	4,4	2,2	18,9	6,7
Diptera	<i>Indet sp3</i>	4,4	3,3	4,4	12,2	4,3
Collembola	<i>Indet sp3</i>	15,6	11,1	6,7	33,3	11,8
Forficulidae	<i>Forficula</i>	6,7	7,8	10,0	24,4	8,7
Coleoptera	<i>Carabidae</i>	3,3	5,6	2,2	11,1	3,9
Lumbricidae	<i>Lombricus sp1</i>	12,2	11,1	13,3	36,7	13,0
Lumbricidae	<i>Lombricus sp2</i>	10,0	5,6	3,3	18,9	6,7
Lumbricidae	<i>Lombricus sp3</i>	23,3	12,2	10,0	45,6	16,1

I= Individuos

El valor de importancia por familia y orden, se encontró en la familia **Lumbricidae**, con un total de 35.8%, mientras que la menor importancia lo obtuvieron las familias Forficulidae y Acaria, con un valor de 8,7% (ver gráfico 01); los organismos presentes en los ecosistemas edáficos tiene como nicho ecológico permanente o transitorio (fenología de las especies), lo cual provoca que algunos individuos en su etapa de adulto se trasladen hacia otros lugares, por lo cual se considera a los organismos permanentes (lombrices) a considerar como organismos transformadores de la materia orgánica.

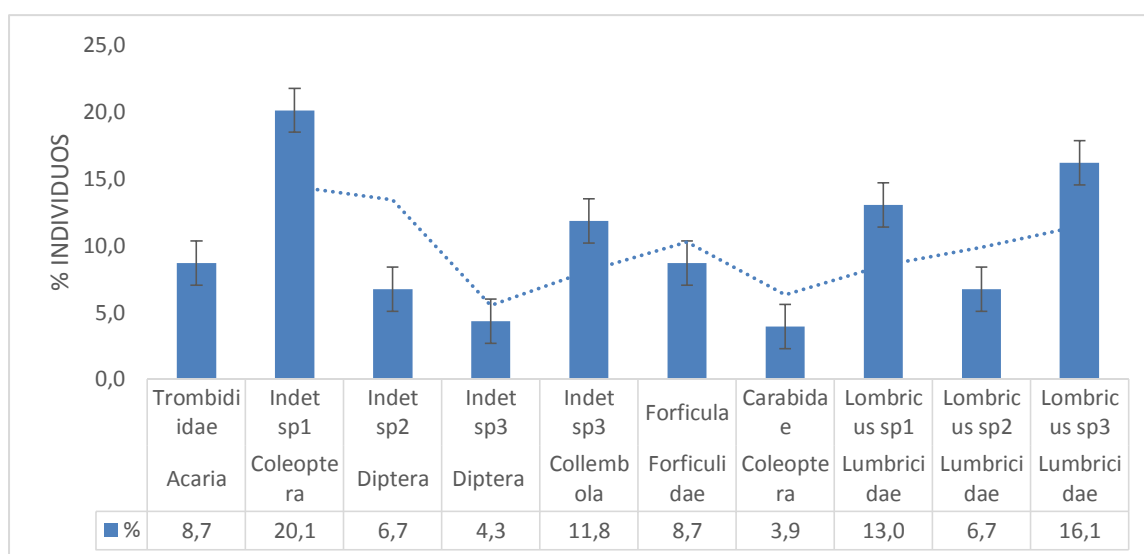


Gráfico 1-3: Valor de importancia de la mesofauna edáfica

3.8.2. Densidad de la población por conglomerado (monolitos)

Para determinar la población por conglomerado se analizaron los bloques de suelo (monolitos) para poder cuantificar un valor promedio de las especies por unidad de superficie, los cuales varían de acuerdo a los puntos de monitoreo y zonas de estudio.

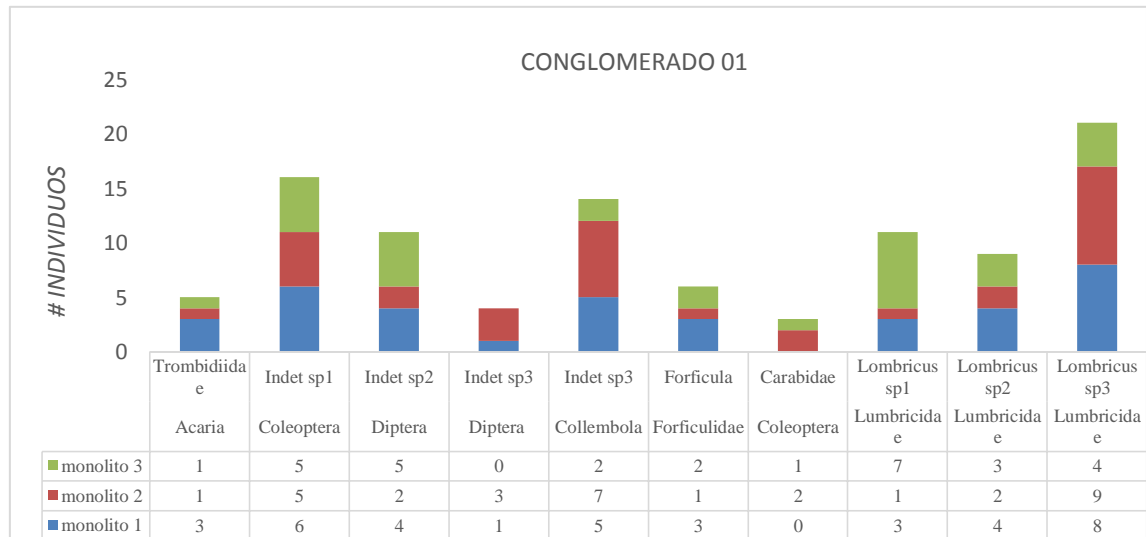


Gráfico 2-3: Variación de la mesofauna en el conglomerado 001

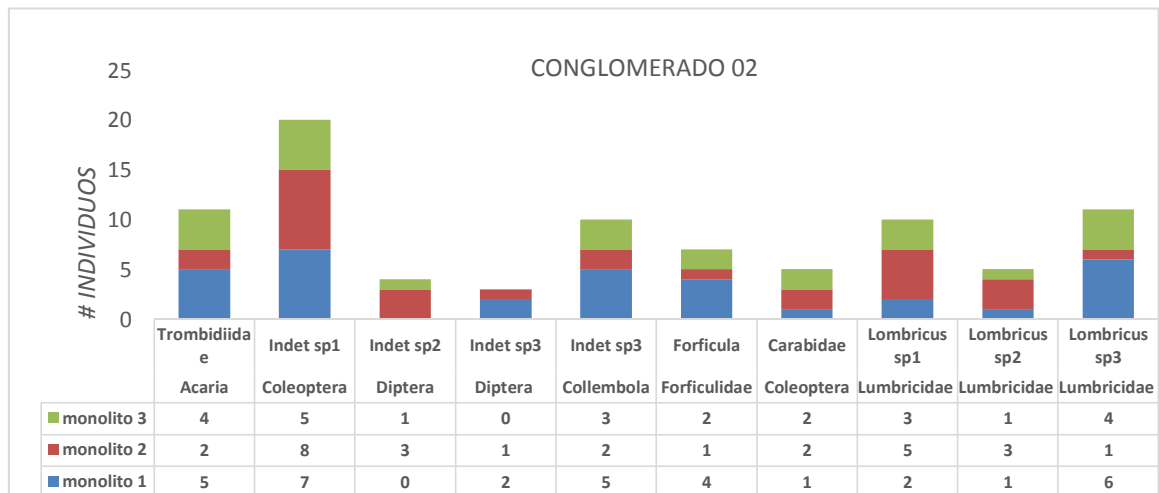


Gráfico 3-: Variación de la mesofauna en el conglomerado 002

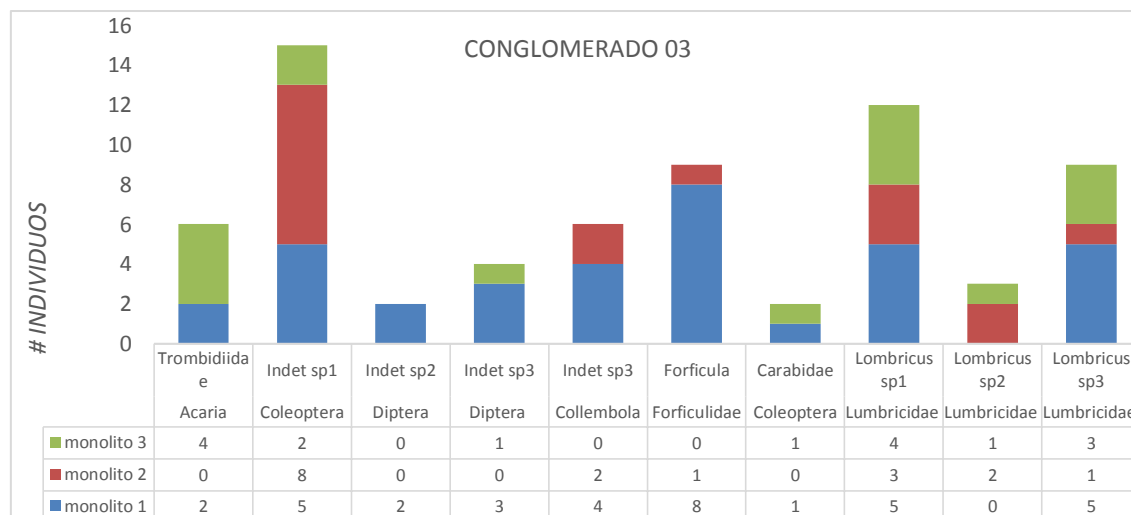


Gráfico 4-3: Variación de la mesofauna en el conglomerado 003

La variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), los cuales se observan una distribución diferente en los tres conglomerados, la mayor concentración de individuos lo encontramos en el conglomerado 01 con 33,3 individuos en el bloque de suelo, al estar ubicado en la zona alta y la misma que no está muy disturbada los microorganismos pueden adaptarse a las condiciones típicas de los andes, el pisoteo de los animales y la transitabilidad de los mismos suelen afectar la población de la comunidad de microorganismos del suelo, es así que en la parte baja de la zona de estudio encontramos un menor número de individuos en nuestra muestra conglomerado 03 con un total de 22,7 individuos en nuestro bloque de suelo, con un valor promedio de 28,2 individuos analizados en monolito (ver gráfico 02, 03 y 04).

3.8.3. Distribución de la mesofauna edáfica en los conglomerados

La intervención antrópica en zonas alto andinas están marcadas por la actividad ganadera en su gran mayoría, las condiciones extremas de temperatura son en lo general una condición adversa para la implementación de cultivos agrícolas, la reconversión de tierras y la mala implementación de técnicas de manejo de este tipo de ecosistemas han generado un uso irracional del recurso edáfico, la actividad ganadera afecta de forma muy considerable al momento de implementar el pastoreo con especies bobinas y ovinas, el

pisoteo y la carga animal por unidad de superficie no permite que se conserve el equilibrio de este ecosistema.

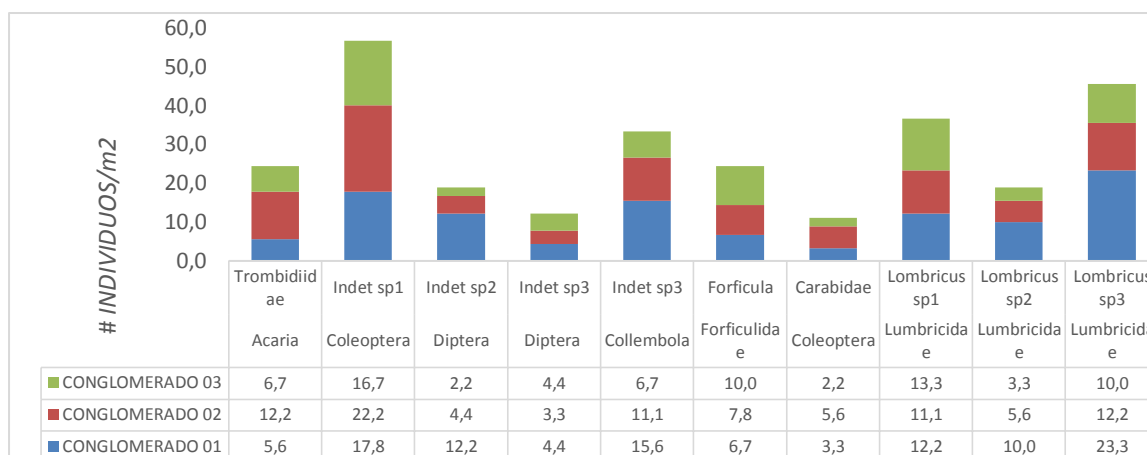


Gráfico 5-3: Densidad de especies

El gráfico 05 muestra la distribución de los individuos en las tres parcelas con un valor medio de 94,1 individuos de todas las especies por metro cuadrado, el valor más alto se encuentran en el conglomerado 01 en la parte alta de la microcuenca del río Guangopud con un valor de 111,1 individuos por metro cuadrado, se ha determinado que en las zonas sin intervención, son propicias para un desarrollo equilibrado de la mesofauna edáfica, el ciclaje de los nutrientes, características físico-químicas del suelo y otros factores son muy favorables en estas condiciones, el valor más bajo se ubicó en el conglomerado 003, con un total de 75,6 individuos por metro cuadrado, estos valores son clara evidencia que en las zonas con perturbaciones antrópicas, la presión que tienen estos ecosistemas y la falta de regeneración han marcado una pérdida de biodiversidad en estas poblaciones; La importancia que tienen las lombrices de tierra caracterizados funcionalmente como importantes «ingenieros del ecosistema edáfico» (Lavelle, 1997; Jiménez et al., 2001a), ejercen una marcada influencia en los suelos donde habitan y junto a otros organismos edáficos (e.g.: microorganismos, meso y macrofauna) constituyen una biocenosis particular que a su vez está determinada por las condiciones de vida que le ofrece el respectivo biotopo (Mischis, 1991).

Las lombrices de tierra son capaces de modificar el suelo a través de sus actividades mecánicas (Lavelle, 1997), al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de

las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos (Lavelle et al., 1994; Kladviko, 2001). Su importancia radica no sólo en el efecto directo sobre el suelo sino también en que son importantes reguladores de la actividad microbiana (Coleman et al., 2004).

Tomando en cuenta el valor de importancia por familia (Lumbricidae) posee el 35,8 % del total de la población, determinando la distribución por especies la familia Lumbricidae posee una mayor cantidad de individuos por especie 33,7 individuos por metro cuadrado; por lo cual hemos tomado en cuenta la correlación de este tipo de individuos con respecto al contenido de carbono edáfico.

3.9. Determinación del contenido de carbono en el suelo

3.9.1. Densidad aparente

La densidad aparente se define como el peso seco de una unidad de volumen de suelo, los factores que afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. La variación de la densidad aparente para el área de estudio (ver cuadro 20), son mínimas, esta considerable variabilidad se debe a que los suelos de páramo contienen un alto contenido de materia orgánica.

Cuadro 20-3: Densidad aparente

Conglomerado	Parcela	Densidad Aparente (g/cm ³)		
		10 cm	20 cm	30 cm
001	P1	0,37	0,42	0,41
	P2	0,49	0,50	0,48
	P3	0,40	0,35	0,40
002	P4	0,42	0,46	0,39
	P5	0,43	0,37	0,36
	P6	0,34	0,42	0,49
003	P7	0,59	0,56	0,66
	P8	0,59	0,42	0,39
	P9	0,40	0,42	0,43

3.9.2. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) es uno de los factores más importantes en el control de las características físicas e hidrológicas de los suelos y una fuente de nutrientes esenciales para la producción de biomasa vegetal en los distintos ecosistemas terrestres. La MOS es además de vital importancia como fuente de energía para la flora y la fauna edáfica y sustrato para sostener la diversidad biológica del suelo y sus numerosas funciones ^(Meléndez, 2003). La mayor concentración de materia orgánica del suelo está presente en el conglomerado 002P3 a una profundidad de 10 cm y la menor concentración lo encontramos en el conglomerado 003P1 a 30 cm.

Cuadro 21. Materia orgánica

Conglomerado	Parcela	Materia orgánica (%)		
		10 cm	20 cm	30 cm
001	P1	53,35	45,75	41,73
	P2	38,55	36,84	33,85
	P3	48,59	47,55	37,05
002	P4	43,61	40,31	38,67
	P5	52,95	53,91	44,93
	P6	56,99	45,88	35,88
003	P7	40,79	36,93	28,96
	P8	41,57	45,87	41,05
	P9	49,25	44,81	37,07

3.9.3. Cuantificación de carbono

El contenido de carbono en los ecosistemas alto andinos por su origen **histosoles**, poseen alto contenido de materia orgánica, el perfil orgánico y mineral profundo mayor a un metro, posee altos niveles de carbono orgánico total (COT), los valores reportados en zonas de páramo 466 COT ton/ha en la provincia de Carchi, 364 COT ton/ha; Chimborazo 479 COT ton/ha; según reportes ^{(GTP 2011), (Ecociencia 2008)}, en perfiles de suelo a un metro de profundidad, muestran la riqueza del servicio ambiental de captura de carbono y poder

proponer proyectos de mecanismos de desarrollo limpio y proyectos REDD+ reducción por emisión deforestación y degradación, propuestos por el IPCC.

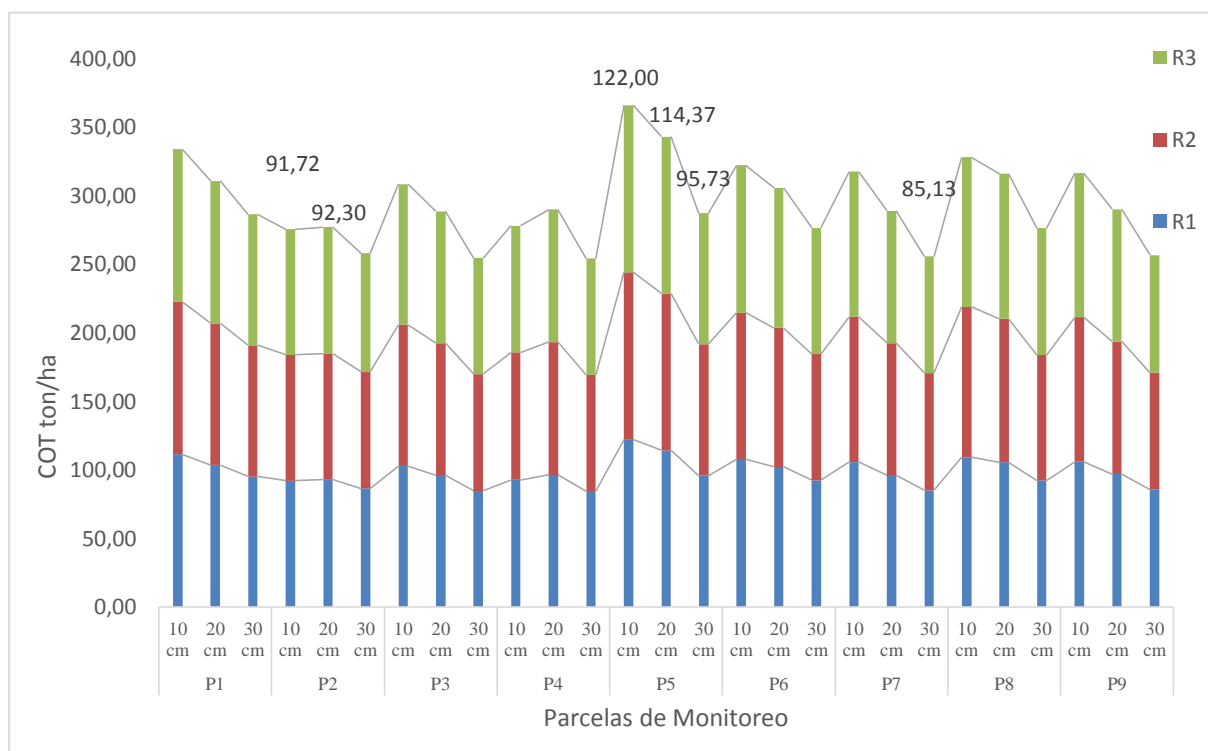


Gráfico 6-3: Variación del contenido de carbono en las parcelas de monitoreo

La variación de carbono en la zona de estudio muestra una clara tendencia de la proporcionalidad, los ecosistemas de páramo muestran una variación en relación a la profundidad, el valor máximo a 10 cm se ubicó en la parcela 05, con 122 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 02 del primer conglomerado con un valor de 91,72 ton/ha y un valor medio de 102 ton/ha; el valor máximo a 20 cm se ubicó en la parcela 05, con 114.37 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 02 del primer conglomerado con un valor de 92,30 ton/ha y un valor medio de 100,27 ton/ha; el valor máximo a 30 cm se ubicó en la parcela 05, con 95,73 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 07 del tercer conglomerado con un valor de 85,3 ton/ha y un valor medio de 89,03 ton/ha.

3.9.4. Relación del contenido de carbono y la mesofauna edáfica

Los macroinvertebrados en especial el género de las lombrices de suelo, realizan una actividad de ingeniería en el suelo, construyen galerías, oxigenan la tierra, la deposición de estos microorganismos proveen de materia orgánica humificada al suelo (Villani *et al.*, 1999); el aporte de materia orgánica por parte de la mesofauna es importante para el ciclaje de los nutrientes, ya que captan CO² de la atmosfera como insumos esenciales de la transformación y metabolismo de la materia orgánica así como procesos consumo y generación de sustancias y su relación: carbono - nitrógeno (Wolters, 2000). Los efectos estos procesos tomando en cuenta la escala a la que actúan los microorganismos son muy importantes para el equilibrio de los ecosistemas de páramo (Lavelle, 1997).

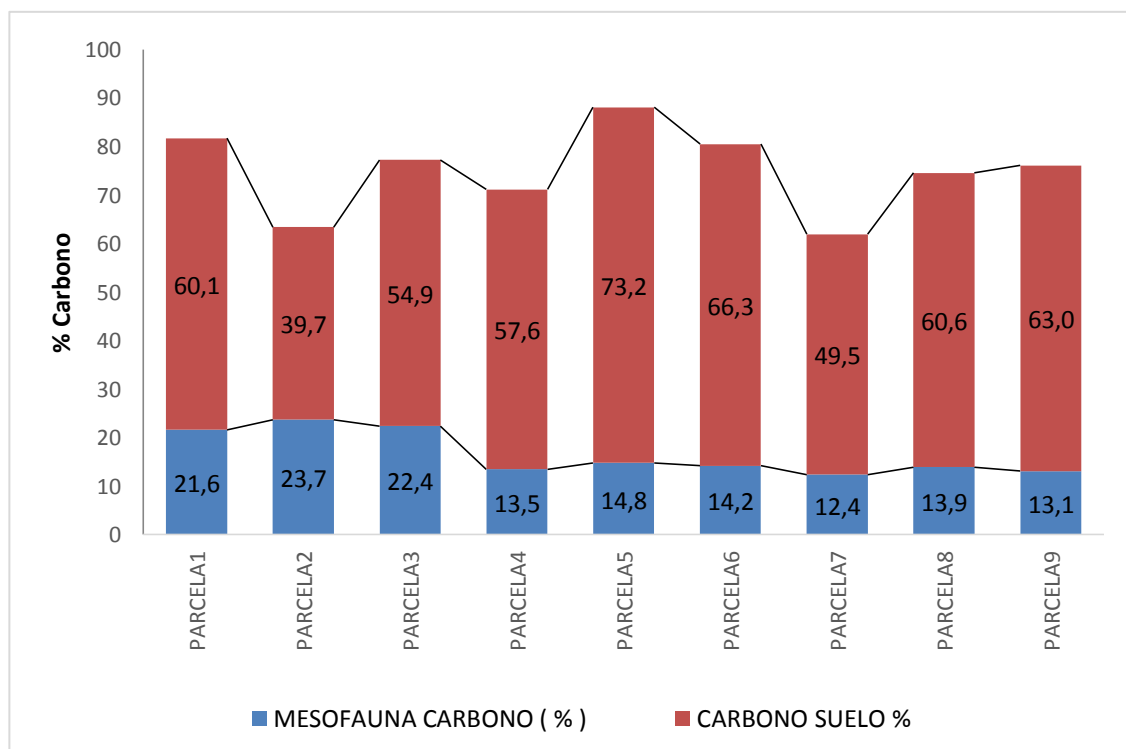


Gráfico 7-3: Relación del contenido de carbono y la mesofauna edáfica en las parcelas

La relación de carbono es proporcional al contenido total, la profundidad del horizonte mineral cuyas características apropiadas para el desarrollo de las plantas, densidad de drenaje apropiado, textura y estructura son factores primordiales para el desarrollo de la biota del suelo, el grado de intervención también es evidente debido a que los sitios con baja presión antrópica son aptos para el desarrollo de la biota del suelo, en el grafico 07

observamos que la mayor concentración de carbono de la mesofauna edáfica (%) se lo encuentra en el primer conglomerado en la parte alta de la zona de estudio, con un valor máximo de 23.7 %, mientras que el valor más bajo lo encontramos la parcela 7, con un valor de 12.4%.

3.9.5. Porcentaje de carbono orgánico total y mesofauna edáfica

El contenido de carbono en suelo tiene una tendencia proporcional de acuerdo a su origen, es así que en los suelos de origen volcánico el perfil (A) tiene un alto contenido de carbono, en nuestro estudio muestra un valor medio de 77,83% de carbono edáfico, la intervención antrópica tiene un papel muy importante en la conservación de los ecosistemas es así que en los sectores menos intervenidos el desarrollo de la mesofauna es evidente en la parte alta con un valor de 49,87 % de carbono orgánico, de esta manera debemos proponer esfuerzos de conservación en áreas vulnerables como son los ecosistemas de páramo.

CONCLUSIONES:

1. Se delimitó el área de estudio de la microcuenca de la comunidad de Guangopud, con una superficie de 927,25 ha; la mayor parte del sector es páramo de pajonal, en la que se determinaron tres zonas de estudio: Alta con rango altitud sobre los 4200 m.s.n.m; media con rangos de 4000-4100 m.s.n.m y baja con 4000 m.s.n.m; donde se establecieron tres conglomerados con tres parcelas de 3600 m² cada uno dando un total de nueve parcelas permanentes de monitoreo. El 71% de los suelos del lugar son de tipo inceptisol de origen volcánico, su textura es arena franca; estructura de tipo granular, con una pedregosidad <5%. La biodiversidad del sector alcanza una gran variedad de formas de vida que alberga a un determinado grupo de organismos tanto de flora y fauna .Se identificaron un total de 10 especies, de los cuales 2 especies pertenecen al mismo orden (Diptera), 3 especies pertenecientes al orden (Lumbricidae), dos especies pertenecientes al orden (Coleoptera), las demás especies pertenecen a diferentes géneros (Forficulidae, Collembola y Acaria) según la metodología de los bloques de suelo de (10x10) cm; encontrando una mayor densidad de especies de la familia Lumbricidae 94,1 individuos por metro cuadrado, la cual es considerada como los organismos que aportan en su gran mayoría a la transformación del suelo, lo cual es un factor de importancia para tomar en cuenta la correlación de carbono.
2. Se determinó el valor de importancia por familia y orden, encontrando en la familia Lumbricidae un total de 35.8%, mientras que la menor importancia lo obtuvieron las familias Forficulidae y Acaria, con un valor de 8,7%; los organismos presentes en los ecosistemas edáficos tiene como nicho ecológico permanente o transitorio (fenología de las especies) lo cual provoca que algunos individuos en su etapa de adulto se trasladen hacia otros lugares, por lo cual se considera a los organismos permanentes (lombrices) a considerar como organismos transformadores de la materia orgánica. La variación de carbono en la zona de estudio muestra la tendencia de la proporcionalidad en relación a la profundidad, obteniendo un valor máximo a 10 cm en la parcela 05 del conglomerado 02, con 122 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 02 del primer conglomerado con

un valor de 91,72 ton/ha y un valor medio de 102 ton/ha; el valor máximo a 20 cm se ubicó en la parcela 05 del conglomerado 02, con 114.37 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 02 del primer conglomerado con un valor de 92,30 ton/ha y un valor medio de 100,27 ton/ha; el valor máximo a 30 cm se ubicó en la parcela 05 del conglomerado 02, con 95,73 ton/ha, mientras que el contenido más bajo se ubicó en la parcela 07 del tercer conglomerado con un valor de 85,3 ton/ha y un valor medio de 89,03 ton/ha.

3. La relación del aporte de contenido de carbono por parte de la mesofauna edáfica es proporcional al contenido total, la profundidad del horizonte mineral cuyas características apropiadas para el desarrollo de las plantas, densidad de drenaje apropiado, textura y estructura son factores primordiales para el desarrollo de la biota del suelo, el grado de intervención también es evidente debido a que los sitios con baja presión antrópica son aptos para el desarrollo de la biota del suelo, la mayor concentración de carbono de la mesofauna edáfica (%) se lo encuentra en el primer conglomerado en la parte alta de la zona de estudio, con un valor máximo de 23,7 %, y la concentración de carbono del suelo es de 60,10 %, mientras que el valor más bajo lo encontramos la parcela 7, con un valor de 12,4%, para la mesofauna edáfica y para el suelo 49,5 %.

RECOMENDACIONES

1. Replicar este tipo de investigación con el afán de obtener redes de monitoreo permanente y que permitan difundir los resultados a nivel local, nacional e internacional.

- 2 Realizar programas de educación ambiental para concientizar a los pobladores sobre las riquezas que poseen y la conservación de los recursos naturales.

- 3 Aprovechar el conocimiento ancestral de los hombres y mujeres que viven en el sector sobre prácticas de manejo de los recursos naturales y su capacidad de valoración.

- 4 Desarrollar proyectos alternativos de buenas prácticas de manejo de conservación de páramos que permitan disminuir la presión sobre este tipo de ecosistemas.

- 5 Conformar una comisión técnico administrativo para realizar una valoración dentro de la comunidad en la que se incluyan todos los servicios ambientales ya que el presente trabajo de investigación sirve como herramientas base para la elaboración de una futura estrategia de pagos por servicios ambientales en el Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, E. y MARTÍNEZ, E. Sistema de labranza y productibilidad de los suelos, Serie Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile # 8. 2003, Chile, pp. 13-25.

AGUILAR, M. Tratamiento Físico – Químico de Aguas Residuales., Murcia-España, Universidad de Murcia. 2002, pp.44-45.

AGUILERA, S.M. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos, Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo, Valdivia, Chile. 2000. Revista de Occidente-Alianza Editorial, pp. 77–85.

AIRA, M., SAMPEDRO, L., MONROY, F., DOMÍNGUEZ, J. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biology and Biochemistry*, San Francisco de Campeche. 2008, pp. 40:2511-2516.

ALBÁN, M. ARGÜELLO. Un análisis de los impactos sociales y económicos de los proyectos de fijación de carbono en el Ecuador. El caso de PROFAFOR–FACE IIED, Londres-Inglaterra. Editorial Almeida. 2001, pp.74.

ALEF, K., NANNIPIERI, P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry, Londres-Reino Unido. Academic Press, 1995, pp. 576.

ANDERSON, J.M; INGRAM, J.S.I. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods, 2nd edition, Wallinfor-Oxfordshire. 1993, pp. 221.

ANGELSEN, A Avancemos con REDD: problemas, opciones y consecuencias. CIFOR, Bogor, Indonesia. Edited by Arild Angelsen. 2009, pp. 45-55.

ARBOLEDA, J. Teoría y Práctica de la Purificación del agua (Tomo 2), 3^a ed, Bogotá-Colombia. McGraw-Hill. 2000, pp. 642-646.

BALESDENT, J. Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols de France. *Etude et Gestion des sols* 3. 1996, New York. pp. 245-260.

BAUER, A., BLACK, A. L. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1994, United States of America, pp.185-193.

BELTRÁN, K. Áreas prioritarias para conservación de páramos en la provincia de Chimborazo, Quito-Ecuador. EcoCiencia y Condesan. 2010, pp. 10-12.

BENCKISER, G., BORIE, G., AGUILERA, S.M. y PEIRANO, P. Actividad biológica en suelos. Frontera Agrícola, Benckiser- España. 1997, pp. 29-32.

BROWN, G.G., I. BAROIS Y P. LAVELLE. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edafic functional domains. *Europe Journal of Soil Biology.* 2000, Internacional London. pp. 177-198.

CABRERA-DÁVILA GRISEL. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, Cuba. Editorial Rufford Foundation. 2014, pp. 45-57.

CAMBARDELLA, C. Experimental verification of simulated soil organic matter pools, In Lal L., Roma-Italia. Editorial FAO. 1998, pp. 43-44.

CARTER, M.R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal.* 2002, pp. 38-47.

CHAMORRO, C. Lombrices de tierra en relación en relación a características de páramos. *Investigaciones Subdirección Agrológico* Vol 2. No 1 1990, Universidad Nacional de Colombia., Colombia, pp. 21-45.

CHOCOBAR, E.A. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. (Tesis) (Máster en Ciencias). Colegio de Postgraduados, México D.F.-México. 2010, pp. 63.

COLEMAN, D., et al. Fundamentals of Soil Ecology, Second Edition, United States of America. Elsevier Academic Press. 2004, pp. 186-190.

DELEPORTE, S. Peuplement en Diptères Sciaridae d'une litière de Chêne. Revue D'Ecologie et de Biologie du Sol, Oxford-Londres. Editorial CNRS. 1981, pp. 231-242.

DOMÍNGUEZ, J., PARMELEE, R.W., EDWARDS, C.A. Interactions between *Eisenia andrei* and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiologia*, 47. 2003, España. pp. 53-60.

EDWARDS, C.A. Y BOHLEN, P.J. Effects of toxic chemicals on Earthworm. Reviews of environmental contamination and toxicology. Florida. Editorial Advisory Board. 1992, pp. 125: 23-99.

EDWARDS C, Y BOHLEN P. Biology and Ecology of Earthworms, Third edition, . London- United Kingdom. Chapman & Hall. 1996, pp. 2-13.

EKSCHMITT, K., et al. On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as predictors of soil faunal richness at different spatial scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2003, pp 98:273.

ELLIOT, P.W., KNIGHT, E. Y ANDERSON, J.M. Denitrification in Earthworm cast and soil from pasture under different fertilizer and drainage regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, 22- 1990, pp. 601-605.

FAO, Soil carbon sequestration for improved land management. *World soilreports* 96, 2001, Roma, pp. 58.

FELLER, C. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols : application aux sols tropicaux à texture grossière, très pauvres en humus. Cahiers ORSTOM, *série Pédologie*, 17. 1979, s.p., :pp. 339-346.

GARCÍA-ÁLVAREZ, A. & BELLO, A. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost, España. 2004, pp. 211-213

GIFFORD, R.M. The global carbon cycle: A viewpoint on the missing sink. *Australian Journal of Plant Physiology*. 21. 1994, Australia, pp. 1-15.

GREGORICH, E.G., et al. Fertilization effects on physically protected light fraction organic matter. *Soil Science Society of America Journal*. 60. 1996, United States of America, pp. 472-476.

GUINCHARD, M., & J.C. ROBERT. Approche biocénotique du système sol par l'étude du peuplement de larves d'insectes (première contribution). *Revue D'Ecologie et de Biologie du Sol*. 28. 1991, francia pp. 479-490.

HERRERA P. Servicios Ambientales: Patrimonio y derechos en juego. Revista Nuestro Patrimonio. *Revista del Ministerio Coordinador del Patrimonio*. No.19, Marzo 2011, Quito, pp. 201.

JARAMILLO, V. J. El ciclo global del carbono. Cambio climático, México D.F: México. Editorial IICA. 1988, pp. 77.

JIMENEZ, J., et al. Chapter1: Soil Macrofauna: An available but little-known natural resource. In: Jiménez, JJ & RJ Thomas (eds.) *Nature's plow: soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia*, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2001, Cali. pp. 1350-1358.

KERN, J. S., & JOHNSON, M. G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57. 1993, United States of America, pp.200-210.

KIMBLE J.M., & FOLLETT R.A. Soil processes and the carbon cycle. *CRC Press, Boca Raton FL, United States of America.* Stewart B.A. 2003, pp. 519-526.

KLADIVKO, E. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, 61. 2001, United States of America, pp. 61-76.

KULLI, B. Analysis of flow patterns. The influence of soil compaction and soil structure on the infiltration pathways of dye tracer solutions and the quantitative evaluation of flow patterns. (Thesis) (for the degree of Doctor of Natural Sciences), Swiss Federal Institute of Technology, 2002, Suiza pp. 109

LAL, R., et al. Conservation tillage in sustainable agriculture. In: C. A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R. H. Miller and G. House, Sustainable Agriculture Systems. *Soil and Water Conservation Society*, 1990, Iowa- USA., pp. 203-225.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ – enrichment. *Soil Till*, 43. 1997, United States of America, pp. 81 107.

LAVELLE, P. Métodos de la extracción de la Fauna, Paris. E.N.S. 1990, pp. 12-16.

LAVELLE, P., et al. Ingram y Anderson (eds). Soil Macrofauna. Tropical Soil Biology and Fertility, A Handbook of Methods. CAB international. 1993, pp.

LAVELLE, P., et al. P. y M. Swift (eds.). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. The Management of the Tropical Soil Biology and Fertility, Wiley-Sayce, 1994, pp. 137–169.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystems function, *Adv Ecol Res*. 27. 1997, pp. 93-132.

LORES, M., et al. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts, *Soil Biology and Biochemistry*. 38. 2006, Spain, pp. 2993-2996.

MEDINA. M., et al. Grupos funcionales microbianos en ecosistemas de bosque y pastizal en Cuba y Venezuela, VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo, La Habana-Cuba. (CD ROM). 2006.

MELLENDEZ, G. Centro de Investigaciones Agronómicas. Residuos orgánicos y la orgánica del suelo, Madrid-España. Editorial RAL-AP. 2003, pp. 456-459

MENA P. EcoCiencia, Páramo. *Órgano de Difusión del Grupo de Trabajo de Páramos del Ecuador (GTP)*. 28. 1998, Ecuador, pp. 21-24.

MORENO, I., et al. Dinámica de C y N en suelos bajo diferentes usos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, (Texto completo en CD Rom.), Pucón-Chile. 1999.

NEHER, D.A. Soil community and ecosystem processes; Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems, *Agrofor Systems*. 45. 1999, pp. 159-185.

MISCHIS, C. Las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de la provincia de Córdoba, Argentina, *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 59(3-4). 1991, Córdoba-España, pp. 197- 237.

ORELLANA-RIVADENEYRA, G., et al. Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios, *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(1). 2012, Chile, pp. 123-135.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO – IPCC. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono, Suiza. 2005

http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCC%20Sp.pdf

2014-07-12

PAUL, E.A., et al. The determination of microbial biomass. En G.P. Robertson, D.C. Coleman, C.S. Bledsoe, and P. Sollins: Standard soil methods for long-term ecological research, New York.-USA. Oxford University Press. 1999, pp. 291-317.

POWLSON, D.S., et al. Measurements of soil microbial biomass provides an early indication of changes in soil total organic matter due to straw incorporation, *Soil Biol, Biochem.* 19. 1987, pp. 159-164.

RASMUSSEN, P. E., & PARTON, W. J. Long term effect of residue management in wheat – fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58. 1994. United States of America, pp. 523-530.

REICOSKY, D. C. Long – Term Effect of Moldboard Plowing on Tillage – Induced CO₂ Loss, in J. M. Kimble, R. Lal and R. F. Follet: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil, *Lewis Publishers, Papers form symposium held July 1999 at Ohio State University, Columbus-USA.* pp. 87-96.

ROSELL, R.A. Materia orgánica, fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, (Texto completo en CD Rom.), Pucón-Chile. 1999.

ROBERT, Michel. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. *Food And Agriculture Organization, Vol. 96.* 2002. United States of America.

SALAMANCA, N., & CHAMORRO, C. La edafofauna del parámo de Monserrate – Sector Hacienda “Santa Bárbara” - (Cundinamarca – Colombia). in Mora-Osejo y Sturm (eds.): Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Andino Cordillera Oriental de Colombia, Academia Colombiana de Ciencias Naturales Exactas, Físicas y Naturales, Santafé de Bogotá-Colombia. Salamandra. 2002, pp..619- 630.

SÁNCHEZ, J. E., et al. Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality. *Agronomy Journal*. 96. 2004, United States of America, pp. 769-775.

SCHEU, S. The soil food web: structure and perspectives, *European Journal of Soil Biology*. 38. 2002, United States of America, pp.11.

SINGER, M.J., & MUNNS, D.N. Soils. An introduction. Third edition. New Jersey-USA. Prentice-Hall. 1996, pp. 480.

SOUNTHGATE, D., & WUNDER, S. Paying for Watershed Services in Latin America: A review of Current Initiatives. Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research, *Education and Development (OIREC)*, 2007 Virginia-USA.

SUBLER, S., et al. Earthworms additions increased short-term nitrogen availability and leaching in two grain-crop agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. 29. 1997, United States of America, pp. 413-421.

STOCKDILL, S.M.J. Effect of introduced earthworms on the productivity of ., New Zeland. pasture. *Pedobiologia*, 1985, pp. 24: 29-35.

SWIFT, M.J., et al. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford-UK. s.p. 1979.

USHER, M., et al. Understanding biological diversity in soil: the UK's Soil Biodiversity Research Programme, *Applied Soil Ecology*. 33(2). 2006, Colombia, pp 101-113.

WALDHARDT, R., & OTTE, A. Indicators of plant species and community diversity in grasslands. Agriculture, *Ecosystems y Environment*. 98. 2003, Finland, pp.339.

WEST, T. O., & POST, W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66. 2002, s.p., p. 1930-1946.

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability, *Biol Fertil Soils*, 31 2000, s.p., pp. 1-19.

VILLANI, M.G.; et al. Adaptative strategies of edaphic arthropods, *Annu Rev Entomol*, , 44. 1999, s.p., pp. 233-256.

ANEXOS

ANEXO 01. Formulario para el registro de la información en campo

Ingreso al Conglomerado			
(¿ha ingresado al conglomerado directamente por esta parcela? <i>(Registre una sola respuesta)</i>)			
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
SI	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			Registrar en el formulario 1
			Presionar el formulario 2
Ubicación del LUGAR DE SALIDA			
<i>(Se considera lugar de salida el sitio más cercano a un conjunto de conglomerados donde el equipo de campo puede hospedarse y contar con servicios (ejemplo: capital provincial, cabecera cantonal o cabecera parroquial))</i>			
1. Identificación del lugar de salida: <i>(Ingresar el nombre en la línea punteada, e ingresar los códigos en la oficina)</i> Códigos			
1.01 Provincia	_____		
1.02 Cantón	_____		
1.03 Cabecera cantonal o parroquia rural	_____		
Información del VEHÍCULO antes de iniciar el acceso			
2. ¿Cuál es el medio de transporte y el tipo de vehículo utilizado para trasladarse desde el LUGAR DE SALIDA hacia la parcela del conglomerado? <i>(Mencionar todos los medios de transporte que utilizó desde la salida, y registrar el tipo de vehículo utilizado para cada medio de transporte)</i>			
		Tipo	
2.01 <input type="radio"/>	Aéreo	_____	
2.02 <input type="radio"/>	Acuático	_____	
2.03 <input type="radio"/>	Terrestre	_____	
3. ¿Cuánto fue el tiempo del viaje, en el vehículo, y cuál fue la distancia aproximada, en kilómetros, desde el lugar de salida (Pregunta 1) hasta comenzar la caminata a la parcela? <i>(Registre el tiempo y la distancia)</i>			
3.01 Tiempo:		Horas	Minutos
		<input type="text"/>	<input type="text"/>
3.02 Distancia aproximada:		<input type="text"/> km	
Ubicación del lugar donde termina el viaje en el vehículo, antes de emprender la caminata a la parcela: <i>(Utilizar el GPS)</i>			
4.01 UTM	→ 1. X (longitud)		<input type="text"/> m
	→ 2. Y (latitud)		<input type="text"/> m
4.02 Altitud	→ <input type="text"/> msnm		
4.03 Código foto	→ <input type="text"/>		
Información de la CAMINATA de ACCESO a la parcela			
5. Fecha y hora a la que comienza la caminata de acceso:			
5.01 Fecha de inicio de la caminata de acceso a la parcela	Día	Mes	Año
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5.02 Hora de inicio de la caminata de acceso a la parcela	Horas	Minutos	
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
5.03 Hora de llegada al punto de inicio de la parcela	Horas	Minutos	
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<i>(Continuar a la siguiente sección...)</i>			

Acceso a la PARCELA						
6. Puntos de referencia (PR) (identificados en la caminata de acceso a la parcela: <i>(Ingresar el nombre y puntos de referencia PR)</i>)						
Código PR	Descripción del PR	UTM X	UTM Y	Código foto	Altitud (m)	Distancia m
PR 01						
PR 02						
PR 03						
PR 04						
PR 05						
7. Croquis de Acceso <i>(Se sugiere hacer un croquis, con la ayuda del GPS, indicando el punto de inicio de la caminata hasta llegar al punto de inicio de la parcela. Incluye la leyenda de ser necesario)</i>						
Descripción del croquis:						

Ubicación del CONGLOMERADO						
8. Identificación del conglomerado: <i>(Registrar el nombre en la línea punteada, e ingresar los códigos en la oficina)</i>						
						Códigos
8.01 Clase de uso de la tierra (CUT) teórico	_____					<input type="text"/>
8.02 Conglomerado	_____					<input type="text"/>
8.03 Parcela	_____					P
8.04 Distribución Zonal MAE	_____					<input type="text"/>
8.05 Provincia	_____					<input type="text"/>
8.06 Cantón	_____					<input type="text"/>
8.07 Cabecera cantonal o parroquia rural	_____					<input type="text"/>
8.08 Nombre localidad, comunidad, recinto	_____					<input type="text"/>
8.09 Nombre Carta Topográfica	_____					<input type="text"/>
8.10 Número Carta Topográfica	_____					<input type="text"/>
						<i>(Si DAUTM que se debe utilizar es WGS84)</i>
8.11 Zona UTM	_____					<input type="text"/>
<i>(FIN DEL FORMULARIO 1)</i>						

1. Formulario 1. Acceso al conglomerado

Ubicación de la PARCELA

1. Identificación de la Parcela

1.01 Clase de Uso de la Tierra (CUT) teórico Código

1.02 Conglomerado

1.03 Parcela

(Este campo puede tomar los valores P1, P2 o P3.)

--	--

--	--	--

P	
---	--

Información del PUNTO de INICIO de la PARCELA

2. Fecha y hora en la que inician las mediciones en la Parcela:

2.01 Fecha en la que inician las mediciones en la parcela

2.02 Hora de inicio de las mediciones

2.03 Hora de finalización de las mediciones

* (Llenar si las mediciones toman más de un día)

3. Coordenadas UTM del Punto de Inicio (PI) de Campo:

3.01 X (longitud) _____ m

3.02 Y (latitud) _____ m

3.03 Código de la foto de la lectura de GPS: _____

3.04 Altitud: _____ msnm

3.05 Distancia al punto de inicio teórico: _____ m

* (Llenar sólo en caso de que el punto de inicio teórico NO sea igual al punto de inicio de campo)

4. Puntos de Referencia (PR) para identificar la posición del Punto de Inicio (PI):
(Registrar los PR con base en los puntos cardinales)

Código PR del PI	Descripción del PR del punto de inicio	Código Base	Azimut (°)	Distancia (m)
P101				
P102				
P103				

5. Esquema de ubicación de los Puntos de Referencia (PR) para el Punto de Inicio (PI): (Indicar la ubicación de los PR del PI de acuerdo a la tabla anterior. Dibujar una línea en dirección del Azimut y escribir la lectura del Azimut de la brújula.)

(Continuar a la siguiente sección.....)

Clase de Uso de la Tierra (CUT) de la Parcela

6. Datos de la Clase de Uso de la Tierra (CUT) de la Parcela:

6.01 CUT identificadas en la parcela:

6.02 ¿Se ha identificado CULTIVOS o PASTOS abandonados en la Parcela?

1. SI 2. NO

A) Tipo, clase o nombre del CULTIVO o PASTO:
(Detallar todos los cultivos o pastos identificados)

6.03 Código de las fotos tomadas sobre la CUT o cambios de CUT:
(Tomar al menos 2 fotografías en base a los puntos cardinales)

Norte	Sur	Este	Oeste
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Norte	Sur	Este	Oeste
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* (Llenar sólo si se identifica un tipo CUT)

6.04 Detallar la historia de los cambios de la CUT para los siguientes intervalos de tiempo:

- 2 años atrás:
Motivo:

- 5 años atrás:
Motivo:

- 10 años atrás:
Motivo:

6.05 ¿La parcela presenta características del estrato de bosque contiguo?

1. SI 2. NO Razones:

7. Área efectiva de medición en la parcela: _____ M²

* (Llenar únicamente en el caso que la Parcela NO sea accesible en su TOTALIDAD)

8. Croquis de la Parcela

LEYENDA	
XXXXXX	Delimitación de propiedad.
-----	Carretera de primer, segundo o tercer orden.
- - - - -	Río, quebrada permanente o quebrada intermitente.
NNNN	Inundado.
=====	Límite de CUT
□	Otro: _____

60 m

Faja 3
Faja 2
Faja 1

Distancias de intersección del límite del CUT y el centro central de las Fajas Inundadas, de Sur a Norte cuando existe 2 CUT en la parcela.

Distancias de intersección del límite del CUT y el centro central de las Fajas Inundadas, de Sur a Norte cuando existe un tipo CUT.

(Continuar a la siguiente página.....)

2. Formulario 2.1. Datos generales de la parcela

Propietario / Ocupante de la Parcela			
9. Identificación del Propietario / Ocupante de la Parcela (PP):			
Código del propietario	Área que ocupa el propietario (N) Además en base al total de la parcela	Tenencia de la Tierra 1- Estatal 2- Municipal 3- Comunal 4- Privado independiente 5- Privado empresarial 6- Mista 7- Se desconoce 8- Otro _____	Tipo de tenencia 1- Con título de propiedad 2- Sin título de propiedad
PP 01			
PP 02			
PP 03			

Perturbaciones y Estados de la Vegetación	
10. ¿Cuál es la función asignada para el bosque?	
10.01 <input type="radio"/> No aplica	10.07 <input type="radio"/> Energético
10.02 <input type="radio"/> Conservación	10.08 <input type="radio"/> Sociocultural
10.03 <input type="radio"/> Producción forestal	10.09 <input type="radio"/> Científico - Educativo
10.04 <input type="radio"/> Múltiple	10.10 <input type="radio"/> Recreación
10.05 <input type="radio"/> Regulación hídrica	10.11 <input type="radio"/> Turístico
10.06 <input type="radio"/> Protección de suelos	10.12 <input type="radio"/> No determinado

Perturbaciones Naturales:	
11. ¿Qué perturbaciones naturales se detectan?: <i>(Seleccionar todas las opciones que apliquen)</i>	
11.01 <input type="radio"/> Sin perturbación	Para Pregunta 14
11.02 <input type="radio"/> Sequía	11.06 <input type="radio"/> Daños por viento
11.03 <input type="radio"/> Inundación	11.07 <input type="radio"/> Plagas y enfermedades
11.04 <input type="radio"/> Erosión	11.08 <input type="radio"/> Erupción volcánica
11.05 <input type="radio"/> Deslizamiento de tierra	11.09 <input type="radio"/> Otro _____ <i>(Especifique)</i>

12. ¿Cuál es la magnitud de la perturbación natural?:	
12.01 <input type="radio"/> Levemente perturbado	
12.02 <input type="radio"/> Moderadamente perturbado	
12.03 <input type="radio"/> Fuertemente perturbado	
12.04 <input type="radio"/> No determinado	

13. Código de la Foto de la perturbación <input type="text"/>	
<i>(Se sugiere utilizar una nomenclatura adecuada. Por ejemplo, para este caso podría usarse el código F_PW)</i>	

14. Estructura vertical del bosque:	
14.01 <input type="radio"/> No aplica	
14.02 <input type="radio"/> Tres doseles: dominante (superior), co-dominante (intermedio) y sotobosque	
14.03 <input type="radio"/> Dos doseles: dosel dominante y codominante	
14.04 <input type="radio"/> Dos doseles: dosel dominante o codominante y sotobosque	
14.05 <input type="radio"/> Un dosel	

(Continuar a la siguiente sección.)

Perturbaciones humanas y aprovechamiento:	
15. ¿Qué perturbaciones humanas se detectan?: <i>(Seleccionar todas las opciones que apliquen)</i>	
15.01 <input type="radio"/> Sin perturbación	Para Pregunta 18
15.02 <input type="radio"/> Incendio	A) Tipo de incendio: 1. <input type="radio"/> Copas 2. <input type="radio"/> Rastro o superficial B) Tiempo de incendio: 1. <input type="radio"/> Sin evidencia 2. <input type="radio"/> Incendio reciente (< 1 año) 3. <input type="radio"/> Incendio antiguo (> 1 año)
15.03 <input type="radio"/> Pastoreo	
15.04 <input type="radio"/> Minería	
15.05 <input type="radio"/> Infraestructura vial	
15.06 <input type="radio"/> Cultivos	
15.07 <input type="radio"/> Otro _____ <i>(Especifique)</i>	

16. ¿Cuál es la magnitud de la perturbación humana?:	
16.01 <input type="radio"/> Levemente perturbado	16.03 <input type="radio"/> Fuertemente perturbado
16.02 <input type="radio"/> Moderadamente perturbado	16.04 <input type="radio"/> No determinado

17. Código de la Foto de la perturbación <input type="text"/>	
<i>(Se sugiere utilizar una nomenclatura adecuada. Por ejemplo, para este caso podría usarse el código F_PH)</i>	

18. ¿Qué aprovechamiento se detecta?: <i>(Seleccionar todas las opciones que apliquen)</i>	
18.01 <input type="radio"/> Sin aprovechamiento	Para Pregunta 21
18.02 <input type="radio"/> Aprovechamiento de madera	18.07 Aprovechamiento de plantas medicinales: 1. <input type="radio"/> Doméstico 2. <input type="radio"/> Comercial 18.08 Aprovechamiento de plantas ornamentales (E): musgos, orquídeas, bromelias: 1. <input type="radio"/> Doméstico 2. <input type="radio"/> Comercial 18.09 Otro _____ <i>(Especifique)</i>
18.03 <input type="radio"/> Aprovechamiento de leña	
18.04 <input type="radio"/> Aprovechamiento de postes	
18.05 <input type="radio"/> Aprovechamiento de carbón	
18.06 <input type="radio"/> Aprovechamiento de resina	
18.10 <input type="radio"/> No aplica	

19. ¿Cuál es la magnitud del aprovechamiento?:	
19.01 <input type="radio"/> Levemente aprovechado	19.03 <input type="radio"/> Fuertemente aprovechado
19.02 <input type="radio"/> Moderadamente aprovechado	19.04 <input type="radio"/> No determinado

20. Código de la Foto del aprovechamiento <input type="text"/>	
<i>(Se sugiere utilizar una nomenclatura adecuada. Por ejemplo, para este caso podría usarse el código F_PA)</i>	

21. Existencia y aplicación del plan de manejo:	
21.01 <input type="radio"/> No aplica	21.02 <input type="radio"/> Sin plan de manejo
21.03 <input type="radio"/> Plan de manejo formulado y no aplicado	21.04 <input type="radio"/> Plan de manejo formulado y aplicado

22. Sucesión del bosque:	
22.01 <input type="radio"/> No aplica	22.04 <input type="radio"/> Bosque secundario maduro
22.02 <input type="radio"/> Bosque primario	22.05 <input type="radio"/> Bosque secundario joven
22.03 <input type="radio"/> Bosque primario intervenido	

23. Origen del bosque	
23.01 <input type="radio"/> No aplica	23.03 <input type="radio"/> Natural
23.02 <input type="radio"/> Plantación	23.04 <input type="radio"/> Misto (enriquecimiento)
	23.05 <input type="radio"/> Otro _____ <i>(Especifique)</i>

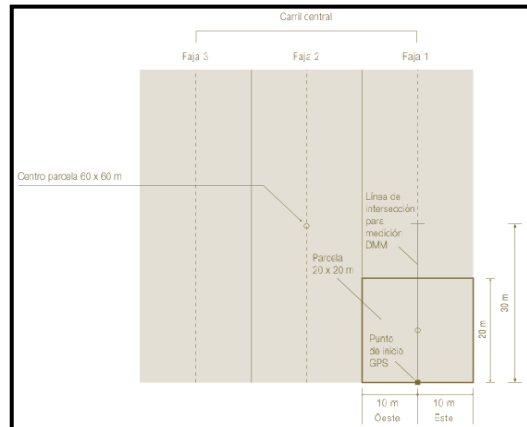
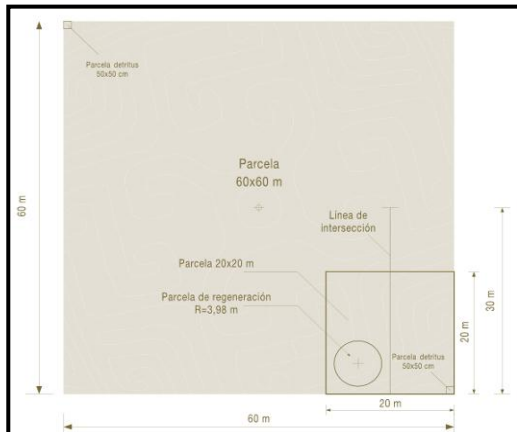
(FIN DEL FORMULARIO 2)

3. Formulario 2.2. Datos generales de la parcela

Ubicación	
1. Identificación de la Parcela:	Códigos
1.01 Clase de Uso de la Tierra (CUT) teórico	<input type="text"/> <input type="text"/>
1.02 Conglomerado	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
1.03 Parcela	P <input type="text"/> <input type="text"/>
Caracterización del Medio Natural	
2. ¿Cuál es la Accesibilidad de la parcela?: (seleccionar una sola opción)	
2.01 <input type="radio"/> Fácil	2.06 <input type="radio"/> Inaccesible por áreas restrictivas
2.02 <input type="radio"/> Difícil	2.07 <input type="radio"/> Inaccesible por cuerpo de agua
2.03 <input type="radio"/> Muy difícil	2.08 <input type="radio"/> Otro tipo de inaccesibilidad
2.04 <input type="radio"/> Inaccesible por pendiente	2.05 <input type="radio"/> Inaccesible por negativa del dueño
3. ¿Cuál es la litografía del medio natural?: (seleccionar una sola opción)	
3.01 <input type="radio"/> Oms de colina	3.06 <input type="radio"/> Terraza
3.02 <input type="radio"/> Ladera alta	3.07 <input type="radio"/> Depresión
3.03 <input type="radio"/> Ladera media	3.08 <input type="radio"/> Planicie
3.04 <input type="radio"/> Pie de monte	3.09 <input type="radio"/> Otro
3.05 <input type="radio"/> Valle	
4. Pendiente promedio estimada de la parcela:	
<input style="width: 50px;" type="text"/> %	Considerar un promedio de la pendiente luego de recorrer las tres figuras de la parcela
Suelo	
5. Información del Suelo:	
5.01 Profundidad PRIMER horizonte	Centímetros <input style="width: 50px;" type="text"/> cm
5.02 Color de Suelo	Código del color <input style="width: 50px;" type="text"/>
(Utilizar los códigos según la tabla de colores de MUNSELL, E: 7.38 2/6)	
6. ¿Cuál es la textura del Suelo?: (seleccionar una sola opción)	
6.01 <input type="radio"/> Hay suelo	Códigos
	Código del tipo de textura del suelo <input style="width: 50px;" type="text"/>
6.02 <input type="radio"/> No hay suelo	(N, AMF - Arena Muy Fina)
7. Estructura del suelo: (seleccionar una sola opción)	
7.01 <input type="radio"/> No hay suelo	7.04 <input type="radio"/> Prismático
7.02 <input type="radio"/> Granular	7.05 <input type="radio"/> Laminar
7.03 <input type="radio"/> En bloque	
8. Pedregosidad en el PRIMER horizonte: (seleccionar una sola opción)	
8.01 <input type="radio"/> < 5 %	8.04 <input type="radio"/> 51 - 90 %
8.02 <input type="radio"/> 5 - 20 %	8.05 <input type="radio"/> > 91 %
8.03 <input type="radio"/> 21 - 50 %	
(Continuar a la siguiente sección.)	
9. Muestras de suelo: (toma de muestras hasta 10, 20 y 30 cm de profundidad)	
9.01 Muestra de 0 a 10 cm para carbono orgánico y raíces	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 10 COR
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
9.02 Muestra de 10 a 20 cm para carbono orgánico y raíces	
<input type="radio"/> No aplica	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 20 COR
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
9.03 Muestra de 20 a 30 cm para carbono orgánico y raíces	
<input type="radio"/> No aplica	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 30 COR
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
9.04 Muestra de 0 a 10 cm para densidad aparente y retención de humedad	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 10 DAH
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
9.05 Muestra de 10 a 20 cm para densidad aparente y retención de humedad	
<input type="radio"/> No aplica	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 20 DAH
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
9.06 Muestra de 20 a 30 cm para densidad aparente y retención de humedad	
<input type="radio"/> No aplica	
Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	Código <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> P <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> 30 DAH
(CUT teórico)	(Conglomerado) (Parcela) (Muestra)
(Recoger las muestras de suelo de la colcata con base en el procedimiento establecido en el Manual de campo, y enviar las muestras a la UT o laboratorio)	
10. Resultados de laboratorio para carbono:	
(Ingresar los datos remitidos por la UT o el laboratorio)	
10.01 0 a 10 cm de profundidad	
Carbono orgánico <input style="width: 50px;" type="text"/> %	Masa del suelo seco <input style="width: 50px;" type="text"/> g
	Peso fresco y peso seco de raíces <input style="width: 50px;" type="text"/> g <input style="width: 50px;" type="text"/> g
10.02 10 a 20 cm de profundidad	
<input type="radio"/> No aplica	
Carbono orgánico <input style="width: 50px;" type="text"/> %	Masa del suelo seco <input style="width: 50px;" type="text"/> g
	Peso fresco y peso seco de raíces <input style="width: 50px;" type="text"/> g <input style="width: 50px;" type="text"/> g
10.03 20 a 30 cm de profundidad	
<input type="radio"/> No aplica	
Carbono orgánico <input style="width: 50px;" type="text"/> %	Masa del suelo seco <input style="width: 50px;" type="text"/> g
	Peso fresco y peso seco de raíces <input style="width: 50px;" type="text"/> g <input style="width: 50px;" type="text"/> g
11. Resultados de laboratorio para capacidad de retención de humedad	
0 a 10 cm de profundidad <input style="width: 50px;" type="text"/> %	10 a 20 cm de profundidad <input type="radio"/> No aplica
	20 a 30 cm de profundidad <input type="radio"/> No aplica
	<input style="width: 50px;" type="text"/> % <input style="width: 50px;" type="text"/> % <input style="width: 50px;" type="text"/> %
(FIN DE FORMULARIO 4)	

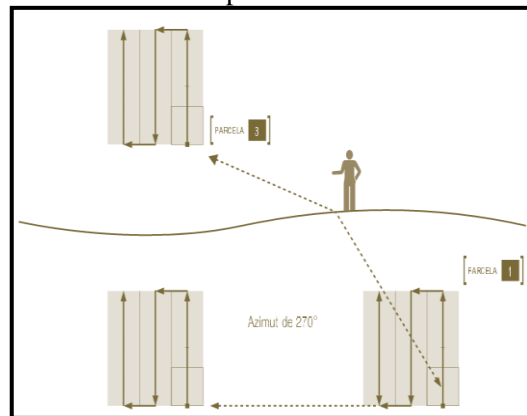
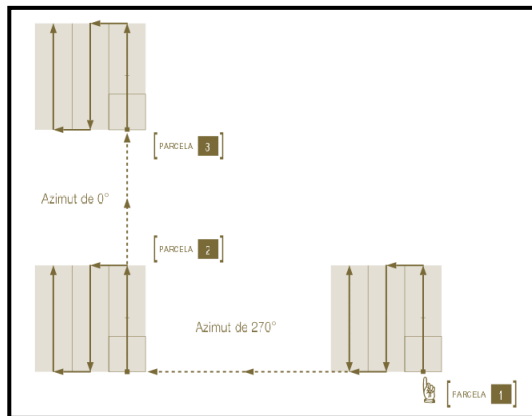
4. Formulario 4. Suelo

ANEXO 02. Diseño para el establecimiento de las PPM



1. Diseño distribución y tamaños de las parcelas anidadas donde se realizan las diferentes mediciones.

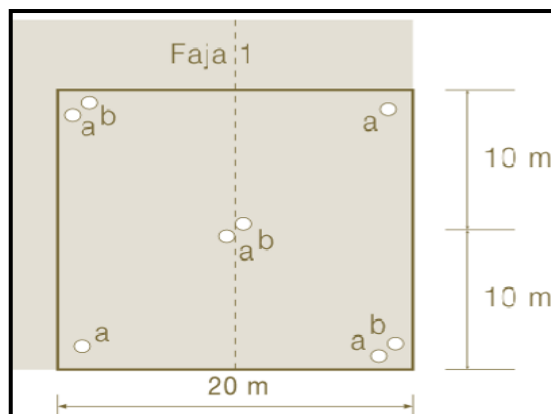
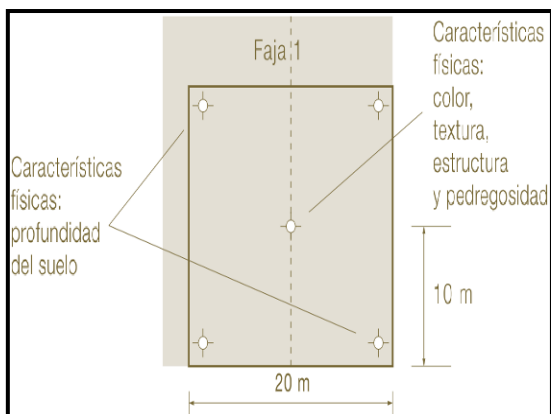
2. Esquema del trazado o instalación de las parcelas de 60 x 60 m, 20 x 20 m y línea de intersección para la biomasa.



3. Esquema de la ruta a seguir en la instalación y medición de las tres parcelas cuando el acceso es únicamente por la primera parcela.

4. Esquema de la ruta a seguir en la instalación y medición de las tres parcelas cuando el acceso es por la primera y tercera parcela.

ANEXO 03. Observaciones y muestras de suelo



1. Diseño distribución y tamaños de las parcelas anidadas donde se realizan las diferentes mediciones.

2. Ubicación de los puntos para la caracterización física del suelo y calicatas para extracción de muestras de suelo.



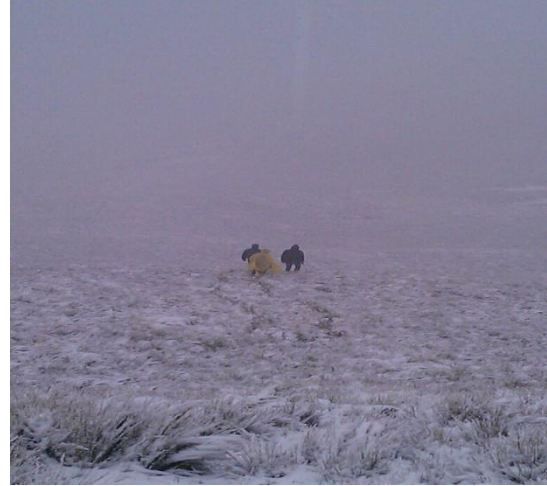
3. Extracción de las muestras de suelo por profundidad.

4. Extracción del cilindro del perfil del suelo con pan de tierra y etiquetado de las muestras.

ANEXO 04. Toma de muestras de suelo en campo



1. Visita de la directora de tesis al área de estudio



2. Acceso al área de estudio



3. Establecimiento del PI de la parcela



4. Excavación de la calicata



5. Extracción del monolito



6. Observación de la macrofauna del suelo



7. Recolección de muestras de suelo



8. Etiquetado de las muestras de suelo



9. Extracción de las muestras de suelo para determinación de carbono



10. Mesofauna edáfica



11. Mesofauna edáfica

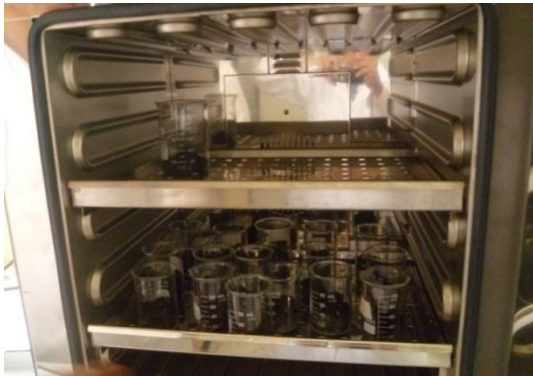
ANEXO 05. Análisis de muestras en el laboratorio



1. Preparación de muestras de suelo en el Laboratorio



2. Pesado de las muestras



3. Secado de muestras en la estufa



4. Determinación del carbono (Pérdida por ignición)

ANEXO 06. Análisis del contenido de carbono en el suelo

CONGLOMERADO	PARCELA	PROF. MUESTRA (cm)	D A P (g/cm ³)	M. ORGANICA (%)	CARBONO (%)	CARBONO (Tn/ha)
001 PANGOR	P1	10	0.36	53.35	30.94	111.29
		20	0.39	45.75	26.54	103.58
		30	0.40	41.73	24.21	95.45
		Total parcela				
	P2	10	0.43	38.55	22.36	91.88
		20	0.45	36.84	21.37	92.34
		30	0.44	33.85	19.64	86.01
		Total parcela				
	P3	10	0.37	48.59	28.18	102.82
		20	0.35	47.55	27.58	96.20
		30	0.40	37.05	21.49	84.84
		Total parcela				
	Promedio	Conglomerado				
002 PANGOR	P1	10	0.38	43.61	25.30	92.70
		20	0.42	40.31	23.38	96.63
		30	0.38	38.67	22.43	84.74
		Total parcela				
	P2	10	0.40	52.95	30.71	122.04
		20	0.37	53.91	31.27	114.36
		30	0.37	44.93	26.06	95.76
		Total parcela				
	P3	10	0.33	56.99	33.05	107.39
		20	0.39	45.88	26.61	101.93
		30	0.45	35.88	20.81	92.18
		Total parcela				
	Promedio	Conglomerado				
003 PANGOR	P1	10	0.49	40.79	23.66	105.89
		20	0.48	36.93	21.42	96.31
		30	0.55	28.96	16.80	85.26
		Total parcela				
	P2	10	0.50	41.57	24.11	109.39
		20	0.40	45.87	26.60	105.31
		30	0.39	41.05	23.81	92.08
		Total parcela				
	P3	10	0.37	49.25	28.57	105.49
		20	0.38	44.81	25.99	96.72
		30	0.40	37.07	21.50	85.55
		Total parcela				
	Promedio	Conglomerado				

ANEXO 07. Determinación de la macrofauna del suelo

Orden	Familia	Conglomerado 001				X/m2	Conglomerado 002				X/m2	Conglomerado 003				X/m2	Total	%
		M_1	M_2	M_3	Media		M_1	M_2	M_3	Media		M_1	M_2	M_3	Media			
<i>Trombidiidae</i>	Acaria	3	1	1	16.7	5.6	5	2	4	36.7	12.2	2	0	4	20.0	6.7	24.4	8.7
<i>Indet sp1</i>	Coleoptera	6	5	5	53.3	17.8	7	8	5	66.7	22.2	5	8	2	50.0	16.7	56.7	20.1
<i>Indet sp2</i>	Diptera	4	2	5	36.7	12.2	0	3	1	13.3	4.4	2	0	0	6.7	2.2	18.9	6.7
<i>Indet sp3</i>	Diptera	1	3	0	13.3	4.4	2	1	0	10.0	3.3	3	0	1	13.3	4.4	12.2	4.3
<i>Indet sp3</i>	Collembola	5	7	2	46.7	15.6	5	2	3	33.3	11.1	4	2	0	20.0	6.7	33.3	11.8
<i>Forficula</i>	Forficulidae	3	1	2	20.0	6.7	4	1	2	23.3	7.8	8	1	0	30.0	10.0	24.4	8.7
<i>Carabidae</i>	Coleoptera	0	2	1	10.0	3.3	1	2	2	16.7	5.6	1	0	1	6.7	2.2	11.1	3.9
<i>Lombricus sp1</i>	Lumbricidae	3	1	7	36.7	12.2	2	5	3	33.3	11.1	5	3	4	40.0	13.3	36.7	13.0
<i>Lombricus sp2</i>	Lumbricidae	4	2	3	30	10.0	1	3	1	16.7	5.6	0	2	1	10.0	3.3	18.9	6.7
<i>Lombricus sp3</i>	Lumbricidae	8	9	4	70	23.3	6	1	4	36.7	12.2	5	1	3	30.0	10.0	45.6	16.1
Total		37	33	30	333.3	111.1	33	28	25	286.7	95.6	35	17	16	226.7	75.6	282.2	100

ANEXO 08. Descripción de la mesofauna del suelo

Género: Trombidium

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Acarina

Suborden: Actinedida

Familia: Trombidiidae



Características

Son especies terrestres, en ocasiones habitan zonas bien húmedas. Sus larvas son parásitos en artrópodos. Este tipo de ácaros engloban unas 250 especies. Por lo general se alimentan de huevos de insectos cuando están en estado adulto, mientras que cuando son larvas actúan como parásitos de arañas.

Orden: Coleoptera

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota



Características

Sus alas superiores son unidas al borde interno en línea recta, se los llama élitros, en la cabeza poseen antenas de 11 articulaciones, ojos cortados en facetas, ninguno liso. El tórax consta de tres anillos al primero se lo llama coselete, los anillos del abdomen no pasan de seis a siete. Estos insectos pasan por un proceso completo de metamorfosis iniciando por la fase de huevos, larvas; esta se asemeja a un gusano de cabeza escamosa, en estado ninfa es inactiva y no toma ni alimento. Son de diferente variedad de colores, diversas formas, sólidos en su exoesqueleto.

Orden: Diptera

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota



Orden: Diptera

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterigota



Características

Los dípteros que significa dos alas, ya que el segundo par de alas está transformado en unos muñones llamados halterios que le sirven para estabilizar el vuelo, siendo los dípteros los organismos mejor adaptados al vuelo. Necesitan alimentarse de comida líquida ya que no poseen un aparato masticador, sino lamedor-chupador. Suelen alimentarse de fluidos vegetales como el néctar o la savia, fluidos animales como la sangre, sudor o fluidos de la descomposición de los animales muertos u otro tipo de fluidos que encuentran en sus hábitats. Poseen unas etapas juveniles con forma de larva generalmente sin estructuras diferenciadas, las cuales sí que poseen mandíbulas y pueden alimentarse de materiales sólidos. Estas larvas suelen vivir en lugares húmedos, ya sea en agua, suelo húmedo, lodos y materiales en descomposición, cadáveres o en el interior de organismos vivos, donde se comportan como parásitos. Las larvas pasan por un estadio de pupa para transformarse en el adulto. Por lo general habitan en casi todos los ecosistemas del globo excepto en los submarinos. Viven desde en suelos desérticos o charcas hipersalinas hasta el agua de los lagos polares, aunque su mayor diversidad aparece en los trópicos húmedos. Son uno de los últimos órdenes en originarse dentro de la evolución de los insectos. Aparecieron en el Triásico medio, estando ya ampliamente repartidos por el mundo en el Triásico superior.

Orden: Collembola

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Entognatha



Características

Estos son individuos pequeños que alcanzan como máximo los 10 mm de longitud. Cuerpos alargados o globosos, en adultos presentan un desarrollo ametabolo, la cutícula presenta granulaciones ordenadas de manera geométrica. Su cuerpo se divide claramente en: cabeza, tórax y abdomen. El cuerpo está cubierto por varias formas de sedas y coloraciones complicadas en donde predominan el azul, morado o blanco. (Avila & Jaramillo, 2009). Sus antenas son segmentadas en 4 partes, tiene un máximo de 8 ocelos a cada lado de la cabeza, sus patas terminan en uñas. Presentan dimorfismo sexual y en algunos grupos se realiza rituales de cortejo y apareamiento (Avila & Jaramillo, 2009). Son bastante famosos por ser excelentes bioindicadores del suelo por ser sensibles a factores ecológicos, de ahí que se ha establecido estas características como indicadores:

- Son los más numerosos junto con los ácaros
- Se reproducen en cualquier época y cuando las condiciones son adecuadas
- Su ciclo vital es corto y cuando las condiciones son adecuadas se nota su efecto en la población
- Respiración cutánea, por lo que dependen de la variación microclimática en especial de la humedad. (Avila & Jaramillo, 2009)

Género: Forficula

Reino: Animalia

Filo: arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Dermaptera

Familia: Forficulidae



Características

Son insectos oscuros, de antenas cortas, fácilmente identificables por las tijeras al final del abdomen llamadas fórceps con las que someten a sus presas. En los machos son

encorvadas y en las hembras rectas. Alcanzan una longitud entre los 14 a 13 mm. (Ramírez, 2006)

Comportamiento

Son insectos de una gran fuerza que incluso la hembra puede jalar un pequeño vagón de hasta 7000 veces su peso. Prefieren áreas húmedas, poseen hábitos nocturnos, en el día normalmente se esconden encontrándose comúnmente en hojas, materia orgánica, residuos, grietas. Se alimentan de material vegetal vivo o muerto y de pequeños insectos. (Ramírez, 2006)

Estructura, ciclo y reproducción

Los adultos son asparos o alados. Los alados poseen tegmitas o élitros el primer par de alas y el segundo es membranoso y grande doblándose bajo el primer par cuando están en reposo. Aparato bucal masticador. Su metamorfosis es incompleta, sus ninfas son muy similares a los adultos. Para reproducirse excavan unos centímetros bajo la tierra, piedra o madera y deposita una ristra de huevos de hasta 30, luego se marcha el macho y la hembra permanece junto a ellos, lamiéndoles y dándolos vueltas para evitar el ataque de hongos y si son perturbados esta los recogerá y llevara a otro lugar. Cuando eclosionan esta si que protegiendo y alimentando a la camada. Normalmente generan una camada por año. (Ramírez, 2006)

Clasificación científica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Coleoptera

Familia: Carabidae



Características

Cuando se encuentran en estado larval el labrum es completamente fusionado con la cabeza de la capsula, el tergo abdominal con 8 divisiones y subterminal. 6 patas segmentadas en las que también posee garras. Alcanzan tamaños de hasta 10 mm (Pérez & Pérez, 2013)

En edad adulta algunos pueden llegar a alcanzar los 80 mm, muchos son negros o de colores oscuros. Antenas filiformes y largas con 10 a 11 segmentos, mandíbulas grandes y proyectadas hacia adelante. Ojos grandes y prominentes. Por lo general carecen de escamas pero, todos tienen algunas setas táctiles en los élitros y el pronoto ^(Pérez & Pérez, 2013).

Se caracterizan por poseer patas largas y ser muy veloces para correr, algunos viven en el suelo particularmente en los páramos y presentan alas reducidas o no las tienen. Todos los insectos pertenecientes a esta familia presentan glándulas de defensa en el extremo del abdomen, en las que se producen sustancias nocivas para evitar ser atacados. Algunos pasan su ciclo de vida en los árboles, se los considera depredadores, algunos incluso hasta parásitos, las larvas se encuentran en los mismos sitios que los adultos y alimentándose igual ^(Pérez & Pérez, 2013).

Género: Lumbricus

Reino: Animalia

Filo: Annelida

Clase: Clitellata

Subclase: Oligochaeta

Orden: Haplataxida

Familia: Lumbricidae

Género: *Lumbricus*

Especie: *terrestris*

Nombre científico: *Lumbricus terrestris*

Nombre común: Lombriz



Especies de lombrices más comunes

Características	<i>Eisenia fetida</i>	<i>Eisenia andrei</i>	<i>Lumbricus terrestris</i>
Color	Rojo pardo (lornbriz tigre)	Rojo fresa	Café oscuro
Tamaño (cm)	8-10	7- 9	30-35
Peso adulta (g)	1.5-2.3	1.5-2.7	4-4.5
Reproducción	Alta	Alta	Baja
Cápsulas, capullos o cocones	1 cada 7 días	1cada 5 días	Hasta 12 por año
Número de lombrices/cápsula	De 6 a 8	De 6 a 11	De 1a 2
Ciclo de vida	De 90 a 1 00 días	De 80 a 90 días	180 días
Adaptabilidad	De 0 a 3000 msnm	De 0 a 3000 rnsnm	Zonas tropicales
Voracidad	Alta	Alta	Baja

Características

Son bastantes voraces llegando a ingerir hasta el 90% de su propio peso al día y expulsan entre un 50 y 60 % convertido en nutrientes naturales de alta calidad conocido como humus de lombriz. (Rehinez & Rodríguez, 1998). No posee dientes, la efectividad se debe a al aparato digestivo. Pueden llegar a medir tan solo unos cuantos mm hasta longitudes mayores a un metro. Poseen ambos sexos en el mismo individuo. (Rehinez & Rodríguez, 1998).

Comportamiento

Necesitan vivir en suelos húmedos con un alto contenido de materia orgánica, en las capas superiores, se entierran más en caso de heladas y días soleados, rehúyen a la luz del día y salen solo en caso de lluvias torrenciales. Normalmente salen en la noche para alimentarse y expulsar sus detritos. Se alimentan de partículas orgánicas. Son de mucho beneficio a la agricultura por las galerías que excavan aireando la tierra (Bressan, 2012).