



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**  
**TÍTULO DE INGENIERA AGROPECUARIA**

“Efecto de la diversidad del estrato vegetal sobre el carbono del suelo en un Bosque Siempreverde Piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe”

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTORA:** Gusmán Montalván, Johana Patricia

**DIRECTORA:** Jiménez Álvarez, Leticia Salomé, Ph.D.

LOJA-ECUADOR

**2017**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

*Septiembre, 2017*

## APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctora

Leticia Salomé Jiménez Álvarez

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Efecto de la diversidad del estrato vegetal sobre el carbono del suelo en un Bosque Siempreverde Piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe, realizado por Gusmán Montalván Johana Patricia, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Marzo del 2017

f). . . . .

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Gusmán Montalván Johana Patricia declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Efecto de la diversidad del estrato vegetal sobre el carbono del suelo en un Bosque Siempreverde Piemontano en la provincia de Zamora Chinchipe” de la Titulación de Ingeniería Agropecuaria, siendo directora del presente trabajo: Leticia Salomé Jiménez Álvarez; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

**Autora:** Gusmán Montalván Johana Patricia

**Cédula:** 1104327216

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis dos pilares fundamentales de mi vida, mis padres Angel y Bertha, que con su ejemplo y cariño me apoyaron en todo momento y fueron ellos mi impulso para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, Eli, Diani, Angel, Pame, Lenin y mi cuñada Jesy quienes han sido mi inspiración para ser cada día mejor.

A mis dos grandes amores de mi vida Patito y Angelito, para que este triunfo les sirva de ejemplo, ya que luchando y venciendo obstáculos se gana en la vida.

Johana Patricia Gusmán Montalván

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la bendición y por su gracia permitirme lograr mis objetivos y mis metas.

A mis Padres quienes han sido mi más grande fortaleza, a mis queridos herman@s Eli, Diani, Pame, Angel, Lenin mis sobrinos Patricio y Angelito y a mi cuñada Jessenia que es como una hermana y amiga , gracias por ese apoyo incondicional e invaluable, por todos los sacrificios que han hecho para que yo realice mis estudios.

Agradezco a la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial al Departamento de Ciencias Biológicas (Anteriormente Departamento de Ciencias Agropecuarias y Alimentos), Laboratorio de Suelos Agrícolas, quienes apoyaron el desarrollo de este proyecto; al laboratorio de Análisis Instrumentales y de Química, por facilitarme los materiales e instrumentos para realizar los respectivos análisis de suelo, así como también a los propietarios de las fincas donde se realizó el muestreo.

De manera muy especial a la Dra. Leticia Salomé Jiménez Álvarez, quien me ha brindado su confianza, me ha dedicado todo el tiempo posible para el desarrollo del este proyecto y ha compartido conmigo gran parte de sus conocimientos profesionales y personales.

Igualmente agradezco al Ing. Celso Romero, Dr. Juan Ignacio Burneo, Mgrt. Geovanny Figueroa, Dr. José Guartán, Ing. Miguel Guamán y al Dr. Daniel Capa docentes de la Universidad que de diferente manera apoyaron al presente trabajo.

Al Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja, en especial al Ing. Bolívar Merino, quién ayudo en la identificación taxonómica de las especies arbóreas, herbáceas encontradas en el área de estudio.

A Frank Riera, Edwin Maurad, Martín Robles, Nora González y Cristina Briseño quienes colaboraron en las diferentes fases del proyecto.

Johana Patricia Gusmán Montalván

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
RESUMEN.....	1
ABSTRATC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
<b>1 CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
1.1. Bosques Montanos o Cejas Andinas.....	7
1.2. Beneficios del Bosque Tropical Húmedo.....	8
1.3. Composición y Estructura de la Vegetación de Bosques Tropicales - Montano .....	8
1.4. Flora de la Provincia de Zamora Chinchipe.....	9
1.5. Características de los Suelos Tropicales – Bosques Montanos.....	11
1.5.1. Carbono orgánico.....	12
1.5.2. Carbono orgánico activado .....	12
1.6. Suelos de la provincia de Zamora Chinchipe. ....	13
<b>2 CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
2.1. Zona y características del sitio de estudio.....	16
2.2. Clima y ecología: .....	16
2.3. Geología: .....	17
2.4. Formación vegetal .....	17
2.5. Metodología para el primer objetivo: .....	18
2.5.1. Fase de campo.....	18

2.5.2. Muestreo Vegetal: .....	19
<b>2.6. Metodología para el segundo objetivo: .....</b>	<b>19</b>
2.6.1. Fase de campo .....	20
2.6.2. Fase de laboratorio .....	20
2.6.3. Determinación del potencial hidrógeno (pH).....	20
2.6.4. Determinación del carbono orgánico.....	22
2.6.5. Determinación del carbono orgánico activo.....	23
<b>2.7. Análisis de datos.....</b>	<b>25</b>
2.7.1. Curvas de acumulación y rarefacción.....	25
2.7.2. Determinación de la riqueza y composición de especies.....	25
2.7.3. Análisis de la Correlación Suelo – Especies Vegetales .....	25
<b>3 CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
3.1. Determinar la composición y riqueza florística (leñosa y herbácea de un bosque) ....	27
3.1.1. Curvas de acumulación y rarefacción de especies leñosas basadas en parcelas e individuos .....	27
3.1.2. Cuantificación de la vegetación en el bosque tropical húmedo de Mutinza .....	28
3.1.3. Abundancia de familias y especies en las parcelas de 10m x 10m en relación a leñosas .....	30
3.1.4. Abundancia de familias y especies en relación a herbáceas .....	33
3.1.5. Índice de diversidad de Shannon .....	35
3.2. Relación entre el carbono orgánico total (COT); carbono orgánico activo (COA) y la diversidad de Especies Vegetales.....	36
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Mapa de ubicación del área de estudio del bosque	16
<b>FIGURA 2:</b> Diseño de las 49 parcelas experimentales en el área de estudio	18
<b>FIGURA 3:</b> Diseño para muestreo vegetal de cada parcela en el bosque	19
<b>FIGURA 4:</b> Tratamiento y codificación del material vegetal	19
<b>FIGURA 5:</b> Diseño de muestreo de suelos	20
<b>FIGURA 6:</b> Gráfico de análisis de pH	21
<b>FIGURA 7:</b> Esquema de la fase de laboratorio	21
<b>FIGURA 8:</b> Gráfico de análisis de carbono orgánico	23
<b>FIGURA 9:</b> Esquema de la base de laboratorio	24
<b>FIGURA 10:</b> Grafico de análisis de carbono activo	24
<b>FIGURA 11:</b> Curvas de acumulación y rarefacción de especies leñosas	27
<b>FIGURA 12:</b> Curvas de acumulación y rarefacción de especies herbáceas	28
<b>FIGURA 13:</b> Riqueza total de especies a nivel de leñosas	29
<b>FIGURA 14:</b> Riqueza total de especies a nivel de herbácea	29
<b>FIGURA 15:</b> Abundancia de familias para leñosas	30
<b>FIGURA 16:</b> Abundancia de individuos para especies leñosas	32
<b>FIGURA 17:</b> Abundancia de familias de herbáceas	33
<b>FIGURA 18:</b> Abundancia de individuos para especies de herbáceas	34
<b>FIGURA 19:</b> Relación diversidad por parcelas en función de la cantidad de carbono orgánico	37
<b>FIGURA 20:</b> Relación diversidad por parcelas en función de la cantidad de carbono orgánico activo	38

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Número de especies de plantas vasculares de la región sur del Ecuador.....	10
<b>TABLA 2:</b> Número de familias en la región sur del Ecuador.....	10
<b>TABLA 3:</b> Coordenadas del bosque.....	16
<b>TABLA 4:</b> Solución a (ml) $[KM_nO_4]$ .....	24
<b>TABLA 5:</b> Índice de diversidad de shannon por parcela en leñosas.....	35
<b>TABLA 6:</b> Índice de diversidad de shannon por parcela en herbáceas.....	35
<b>TABLA 7:</b> Relación diversidad vegetal frente a la cantidad de carbono orgánico total en el suelo.....	36
<b>TABLA 8:</b> Relación diversidad vegetal frente a la cantidad de carbono orgánico activo en el suelo.....	37

## RESUMEN

El trabajo se realizó en 49 parcelas de 10 x 10 m (1 ha) en Zamora Chinchipe, en donde se hizo el levantamiento florístico (leñosas y herbáceas) y de suelos. Dentro de este estudio se encontró que la familia botánica más diversa en las parcelas de leñosas fue la familia Rubiaceae con 20 especies, sin embargo es importante mencionar que la familia más abundante fue Lecythidaceae con una representatividad mayor de individuos por parcela, en cambio en herbáceas la familia botánica más abundante y diversa fue Araceae con 5 especies. En cuanto a las especies se encontró que la más representativa es *Grias peruviana* para leñosas. Respecto a arbustos, la especie con mayor abundancia fue *Bolbitis lindigii* con un número elevado de individuos. La diversidad de especies para leñosas fue 3,14 y las herbáceas 2,75, esto significa que nuestras parcelas son diversas según el índice de Shannon. Se evidenció que la relación entre el carbono del suelo y la diversidad de especies está relacionada negativamente, en este caso solo se obtuvo diferencia para especies leñosas.

**Palabras claves:** Bosque húmedo tropical, diversidad de especies, nutrientes, carbono orgánico activo, carbono orgánico total.

## ABSTRACT

The work was carried out in 49 plots of 10 x 10 m (1 ha) in Zamora Chinchipe, where the floristic survey (woody and herbaceous) and soils were carried out. Within this study it was found that the most diverse botanical family in the woody plots was the Rubiaceae family with 20 species, however it is important to mention that the most abundant family was Lecythidaceae with a greater representativity of individuals per plot, whereas in herbaceous The most abundant and diverse botanical family was Araceae with 5 species. As for the species it was found that the most representative is *Grias peruviana* for woody. Regarding shrubs, the species with the greatest abundance was *Bolbitis lindigii* with a high number of individuals. The diversity of species for woody was 3.14 and herbaceous 2.75, this means that our plots are diverse according to the Shannon index. It was evidenced that the relationship between soil carbon and species diversity is negatively related, in this case only a difference was obtained for woody species.

**Key words:** Tropical rainforest, species diversity, nutrients, active organic carbon, total organic carbon.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques del trópico húmedo son valorados por su alta riqueza de especies con su capacidad para generar diversidad de recursos naturales y ayudar a la subsistencia de las comunidades (Homeier et al., 2010). La diversidad de especies es un atributo importante de una comunidad natural, que influye en el funcionamiento de un ecosistema (Hengeveld, 1996). La composición y diversidad de especies varían, hábitat dentro de las comunidades que exponen características fisonómicas idénticas (Nautiyal & Verma, 2009). Ya que los árboles constituyen la principal base funcional de los ecosistemas de bosques pueden servir como indicadores robustos de cambios.

Myers et al. (2000), mencionan que los bosque del trópico húmedo representan uno de los ecosistemas más diversos del mundo, especialmente los Bosque Tropicales Húmedos son uno de los «puntos calientes» de biodiversidad. Según Aguirre (2004), en el Ecuador los bosques tropicales de montaña, presentan un gran número de microclimas y con ello una diversidad biológica debido a su compleja topografía, es así que estas son vulnerables al desequilibrio ecológico provocado por factores humanos y naturales.

Por otra parte, la vegetación natural de los bosques montanos, presenta características vegetales tanto de especies amazónicas como de especies andinas, siendo este tipo de formación vegetal, una zona de transición para ambas zonas geográficas (Palacios et al., 1999). Dentro de estos bosques se dan muchas interacciones bióticas y abióticas, como son con el clima, la geología, topografía, nutrientes, competencia entre especies, entre otros, lo que lo provee de una diversidad impresionante en los bosques tropicales.

Los suelos de los bosques tropicales se consideran altamente fértiles, por la diversidad de vida que mantienen, pero, no siempre esto es cierto ya que se produce la rápida descomposición de los residuos depositados sobre el suelo, liberando nutrientes que se pierden por acción de las fuertes precipitaciones, dejando un suelo pobre y deficiente de nutrientes disponibles para las plantas (Gallardo et al., 2002). La reserva de nutrientes en el Bosque Tropical Húmedo, se encuentra 30% en el suelo y 70% en la biomasa del mismo bosque (Valarezo, 2004). De esta manera, el bosque del trópico húmedo es un sistema cerrado y delicado que vive de sí mismo en una equilibrada circulación de los nutrientes entre la biomasa y la capa superior del suelo.

Una característica importante es la acumulación de carbono orgánico en el ecosistema, promoviendo el funcionamiento de sumideros de carbono en la vegetación y en suelos (Frangi et al., 2003). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos -que contienen cerca del 40 % del total del carbono- son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques.

Por lo general, en los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 9,2 millones de hectáreas, sobre todo en los trópicos (FAO, 2005) y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO<sub>2</sub>.

Las investigaciones de los bosques montanos deben ser consideradas como una prioridad, especialmente en áreas donde existe poca información. En base a lo mencionado nos hemos planteado el presente estudio "Efecto de la diversidad del estrato vegetal sobre el Carbono del suelo en un Bosque Siempreverde Piemontano en la Provincia de Zamora Chinchipe", el que pretende aportar conocimiento base, para dar a conocer la relación de este tipo de bosque con el Carbono presente en el suelo.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el efecto del estrato vegetal sobre el carbono (C) del suelo en un bosque Siempreverde Piemontano en Zamora Chinchipe.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la composición y riqueza florística (leñosa y herbácea de un bosque).
- Evaluar la relación del carbono del suelo en la diversidad vegetal en un bosque Siempreverde Piemontano.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

## 1.1 Bosques montanos o cejas andinas

En los últimos años se ha incrementado los estudios de la flora y fauna del Bosque tropical húmedo neotropical, en su mayoría endémica, lo que ha permitido que actualmente se reconozca a los Andes tropicales como uno de los principales centros de diversidad y de especiación en el mundo (Churchill et al., 1995; Myers, 2000). El Bosque tropical húmedo es considerado como uno de los puntos calientes (*hotspots*) primordiales para la conservación (Myers, 2000). La diversidad encontrada en este ecosistema se atribuye a la amplia gama de hábitats producto de la heterogeneidad topográfica y climática que existe en estos sitios (Cleef, 1980; Gentry, 1992; Rangel, 1991; Gentry, 1988; Hamilton et al., 1995; Churchill et al., 1995; Bussmann, 2002).

Los bosques montanos y premontanos podemos encontrarlos entre los 1000 a 3500 m de altura. En América Latina, representan aproximadamente 24 millones de ha con porciones importantes en México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, en Mesoamérica; Perú, Colombia, Venezuela, Argentina y Ecuador (Kapos et al., 2000). Colombia es el primer país con mayor superficie de Bosque tropical húmedo (33 288 000 ha), y en segundo lugar está el Ecuador con una superficie de 11 200 000 ha (Brown y Kappelle, 2001(a)).

Los bosques montanos reciben numerosas denominaciones; en México “**Bosque mesófilos de montaña**”, en Costa Rica “**Bosque Nuboso**”, en Honduras “**Bosque Nublado**”, en Guatemala “**Selva Nubosa**”, en Venezuela “**Selvas nubladas**”, en Argentina “**Yungas**”, en Colombia “**Bosques o selvas andinas**”, finalmente en Ecuador se los conoce como “**Bosques Montanos**” o “**Ceja Andina**” (Lomáscolo, 2007).

En el Ecuador, el bosque tropical húmedo es considerado como un cinturón vegetal, que alberga la mitad de todas las especies de flora del Ecuador (Webster, 1995), lo cual es ratificado por Jorgensen y León-Yáñez (1999). A pesar de la gran importancia que tiene este ecosistema, es también uno de los más amenazados, por malas prácticas agrícolas y el incremento de los usos de la tierra especialmente para la ganadería, y por el crecimiento poblacional, causando una gran fragmentación a estos ecosistemas (Gibbs et al., 2010). Muchos de estos bosques han sido reducidos a pequeños remanentes siendo efecto de la deforestación (Churchill et al., 1995; Asner et al., 2005; Gibbs et al., 2010). FAO (2005) menciona que solo el 8,83% de la superficie de estos ecosistemas está siendo conservado.

## **1.2. Beneficios del bosque tropical húmedo**

En estos ecosistemas existe una amplia variedad de servicios y bienes ambientales, que proporcionan múltiples beneficios a las poblaciones aledañas, como por ejemplo la regulación de los ciclos hidrológicos y de los ciclos de nutrientes a nivel del paisaje, entre sus servicios hidrológicos más sobresalientes es el mantenimiento de la capacidad de carga de los mantos acuíferos (Toledo et al., 2009). Asegurando el régimen hídrico de las cuencas hidrográficas, pues capturan de 5 a 20% sobre el volumen normal de la precipitación (Bubb et al., 2004), es importante también mencionar que la presencia de la niebla y la lluvia, que es transportada por el viento, se convierten en un aporte adicional de agua en la zona (Tobón & Arroyave, 2007).

Los bosques tropicales montanos son importantes almacenes para el carbono, que desempeñan un papel central en el ciclo global del carbono, pues lo capturan de la atmósfera a medida que crecen y lo almacenan en sus tejidos. Debido a su enorme biomasa, los bosques del mundo constituyen una de las más grandes reservas o «sumideros» de carbono (Jobbagy & Jackson, 2000).

Entre los beneficios directos al mismo ecosistema tenemos la producción de flores, frutos, resinas, fibras, aceites, gomas, taninos, etc., que ayudan al manteniendo de la interacción entre las diferentes especies que albergan en este ecosistema, cuando esta interacción es interrumpida una de las consecuencia con las diferentes especies es cambiar su dieta alimenticia debido a la imposibilidad de mantener su abastecimiento tradicional (Hernández & Ortiz, 2005).

## **1.3. Composición y estructura de la vegetación de bosques tropicales - montano**

La diversidad que presenta un bosque depende de la cantidad de especies que lo constituyan, así cuando mayor sea el número de especies mayor será la diversidad; esta diversidad depende de los factores como el clima, tipo de suelo, competencia intra e inter específica de individuos, claros dentro del bosque y la capacidad que tenga el bosque para regenerarse (Quiros & Quesadar, 2010).

Es importante mencionar que las especies arbóreas de los bosques montanos, no sólo son numerosas sino también taxonómicamente distintas. De todas las familias botánicas, 72 están compuestas esencialmente de árboles tropicales montanos (Wadsworth, 1997).

Los bosques montanos son un elemento importante de los Andes Ecuatorianos, la mayor diversidad florística del país parece concentrarse en esta región con alrededor del 64% de las especies de Ecuador (Jørgensen & León, 1999). Entre 1500 y 2900 la familia más abundante en especies leñosas se puede encontrar a Lauraceae (mayores a 2,5 cm de DAP) seguida por las familias Rubiaceae y Melastomataceae. En elevaciones superiores, las familias Asteraceae y Ericaceae pasan a ser los elementos de la flora leñosa más rica en especies (Gentry, 1995).

Una parte fundamental de estos ecosistemas también son la presencia de epífitas y musgos que crecen en los árboles. La mayoría de especies de epífitas son orquídeas (Orchidaceae), que en Ecuador superan las 4000 especies (MAE, 2013). Otras familias también representativas tenemos: Araceae (anturios) y Bromeliaceae (huicundos) que son también abundantes en este ecosistema (Webster, 1995).

En su estudio dasométrico de composición florística y regeneración natural en la Estación Científica San Francisco, se registró 438 individuos mayores a 10 cm de DAP (Diámetro a la altura del pecho), en siete altitudes comprendidos en 30 familias, 54 géneros y 81 especies; *Nectandra* y *Miconia* fueron los géneros más representativos y las familias mayor reportadas fueron Melastomataceae y Cyrillaceae (Ordoñez 2000).

#### **1.4. Flora de la provincia de Zamora Chinchipe**

La flora en el sur del Ecuador, se incluye entre las más ricas y diversas del mundo, conformada por una amplia gama de tipos de vegetación que varían conforme a los diferentes climas. La región ha sido explorada por científicos durante más de tres siglos (Madsen, 1989; Lozano et al., 2003).

Ecuador posee actualmente 15 901 especies de plantas vasculares (Jorgensen y León Yáñez, 1999), convirtiéndose en uno de los países más ricos en especies del mundo. La megadiversidad del Ecuador es más impresionante aún, si se toma en cuenta que está

concentrada en tan solo 275 000 km<sup>2</sup> o el 2 % de América del Sur (Sierra, 1999), de este porcentaje, la provincia de Zamora Chinchipe representa el 17,7 % de las especies del Ecuador (Jorgensen & León Yáñez y Valencia et al., citados por Lozano, 2002).

Tabla 1: Número de especies de plantas vasculares de la Región Sur del Ecuador.

<b>Provincia</b>	<b>Especies</b>	<b>Porcentaje de las sp en Ecuador</b>	<b>Endémicas</b>
<b>El Oro</b>	1294	8,1 %	<b>228</b>
<b>Loja</b>	3039	19,1%	<b>639</b>
<b>Zamora Chinchipe</b>	<b>2715</b>	<b>17,7 %</b>	<b>568</b>

Un claro ejemplo de la gran diversidad de los bosques tropicales montanos, es el Parque Nacional Podocarpus, ubicado entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, que posee 211 especies endémicas, con 99 especies exclusivas de esta área (Lozano, 2002), lo cual representa el número más alto de endemismo de todas las áreas protegidas del Ecuador, de igual manera la provincia de Zamora Chinchipe, posee una gran diversidad por número de géneros por Familia en el Sur del país (Jorgensen & León Yáñez, 1999) (**Tabla 2**).

Tabla 2: Número de Familias en la Región Sur del Ecuador.

<b>Familias</b>	<b>El Oro</b>	<b>Loja</b>	<b>Zamora Chinchipe</b>
<b>Orchidaceae</b>	208	549	<b>807</b>
<b>Poaceae</b>	78	181	-
<b>Bromelicaceae</b>	68	120	<b>65</b>
<b>Asteraceae</b>	59	271	<b>84</b>
<b>Melastomataceae</b>	39	107	<b>123</b>
<b>Fabaceae</b>	33	77	-
<b>Malvaceae</b>	33	-	-
<b>Rubiaceae</b>	33	63	<b>82</b>
<b>Araceae</b>	32	-	-
<b>Solanaceae</b>	-	87	
<b>Ericaceae</b>		63	<b>65</b>

<b>Scrophulariaceae</b>	-	48	-
<b>Dryopteridaceae</b>	-	-	<b>77</b>
<b>Piperaceae</b>	-	-	<b>58</b>
<b>Gesneriaceae</b>	<b>32</b>	-	<b>57</b>

### 1.5. Características de los suelos tropicales – bosques montanos

La roca base de los Andes del sur del Ecuador, se encuentran formados por sedimentos Terciarios (Hall, 1977). Estos suelos contienen un alto porcentaje de roca en proceso de descomposición. En alturas mayores (2100 - 2700 m) el tipo común de suelos es el Petraquept, que por lo menos en parte se ha desarrollado sobre material de soliflucción, seguido por Epiaquepts en la zona más alta (Bussmann, 2005).

Los suelos de bosques montanos se forman en un ambiente de meteorización ferralítica, que se caracteriza por presentar las siguientes condiciones climáticas: precipitación anual mayor a 1200 mm y temperatura media mensual mayor a 22°C (iso-hipertérmico), sin embargo, en áreas montañosas tropicales la temperatura puede variar de 15 – 22 °C (Isotérmico). Valarezo, (2004), indica que éstos suelos cubren alrededor del 25% de la superficie terrestre, en América del Sur, se encuentran en la cuenca Amazónica y en zonas climáticas similares. En el Ecuador ocupan el 52% del territorio nacional, en su mayor parte en la Región Amazónica y en el nor-occidente del país (Esmeraldas).

Según Álvarez-Clare et al. (2013), la disponibilidad de nutrientes controlan procesos claves en todos los ecosistemas del mundo como la productividad primaria neta, el uso eficiente de nutrientes por las planta y los ciclos de descomposición de la materia. La mayoría de estos suelos tiene una capa orgánica muy amplia de hasta 48 cm de espesor (Bussmann, 2005).

Dentro de los nutrientes importantes de los Bosques montanos tenemos al carbono (C), los suelos contienen más C que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Swift, 2001). El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (Jackson, 1964).

### **1.5.1. Carbono orgánico.**

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del COS 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). La cantidad total de COS almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos (Post et al., 1982, y Swift, 2001) y su valor es cercano a 1500 Pg a 1 m de profundidad (Schlesinger, 1977; Gifford, 1994; Swift, 2001 y FAO, 2001).

El COS del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al C elemental (Jackson, 1964). En condiciones naturales, el COS del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C del suelo en forma de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Swift, 2001, y Aguilera, 2000), erosión y lixiviación. Cuando los suelos tienen condiciones aeróbicas, una parte importante del carbono que ingresa al suelo (55 Pg C año<sup>-1</sup> a nivel global) es lábil y se mineraliza rápidamente y una pequeña fracción se acumula como humus estable (0,4 Pg C año<sup>-1</sup>) (FAO, 2001).

El CO<sub>2</sub> emitido desde el suelo a la atmósfera no solo se produce por la mineralización de la MOS donde participa la fauna edáfica (organismos detritívoros) y los microorganismos del suelo, sino también se genera por el metabolismo de las raíces de las plantas (Fortín et al., 1996).

Según Barbosa (1998), señala que por lo general en bosques naturales, el C del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado.

### **1.5.2. Carbono orgánico activado.**

El carbono activo es la materia orgánica de alta calidad y fácilmente degradable. Está compuesta por biomasa microbiana, metabolitos libres, sustancias no húmicas y por ácidos fúlvicos lábiles; representan entre 10 y 20 % de la materia orgánica del suelo y tienen un recambio de 1,5 años aproximadamente (Fabrizzi et al., 2003).

El Carbono activo se compone de un 75-80 % de carbono y de un 5 -10 % de cenizas, posee una capacidad de absorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases (Puget & Lal., 2005) Es un absorbente muy versátil, porque el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura (Puget & Lal, 2004).

Según (Frabrizzi et al., 2003), el carbono activo está formado por materiales con relación C/N relativamente alta (alrededor de 15 a 30) y la mitad de estos materiales puede metabolizarse en el término de algunos meses o algunos años. Probablemente, sus componentes incluyen la biomasa viva, algunos de los detritus (llamados materia orgánica), la mayoría de los polisacáridos, sustancias no húmicas, y algunos ácidos fúlvicos mas lábiles (fácilmente descomponibles).

La fracción activa puede ser incrementada rápidamente por la adición de residuos vegetales y animales frescos, pero igualmente se puede perder cuando se reduce estas adiciones o por intensificación del laboreo. Raramente esta fracción comprende más del 10 a 20 % de la materia orgánica total (Frabrizzi et al., 2003).

#### **1.6. Suelos de la provincia de Zamora Chinchipe.**

Debido a la gran variación tanto micro-climática como en sus materiales de origen y relieves, la región sur del Ecuador, y en especial en la provincia de Zamora Chinchipe, se encuentra una diversidad de suelos, con diferencias significativas en cuanto a grado de desarrollo, propiedades físico-químicas, estado de fertilidad y capacidad de uso (Valarezo et al., 1998).

El recurso suelo de Zamora Chinchipe presenta también una topografía bastante irregular, con fuertes pendientes. A ello se suma la baja productividad del mismo, pues en general se tratan de suelos pobres en nutrientes, más bien son suelos superficiales y arcillosos Si bien una buena parte de la provincia cuenta con amplias zonas boscosas y de páramo (en la parte alta), la cobertura vegetal en estos sitios juega un rol importante para reducir los problemas de deslizamientos de tierra, comunes por la alta pluviosidad.

Siendo los suelos inestables debido a las pendientes y cantidad de agua que reciben, su uso más apropiado sería como bosques protectores. Otra de las posibilidades para el manejo adecuado de los suelos, considerando que son superficiales y pobres, es a través de sistemas agroforestales y silvopastoriles, en zonas no muy pendientes, a fin de aprovechar el desarrollo de ciertas especies por las condiciones climáticas (Palacios & Jaramillo, s.f.; Dinesh, 2003)

A las características naturales limitantes para el uso del suelo se suman diversas acciones humanas que están degradando este recurso: la tala indiscriminada, la ampliación de la frontera ganadera en zonas poco aptas para el manejo de ganado, el sobrepastoreo que compacta el suelo, los incendios forestales, así como a la contaminación por agroquímicos, pero además por residuos minería (Maza & Muñoz, 2004).

Según estudio de Aguirre (2003), los bosques naturales de la provincia de Zamora Chinchipe se están devastando a una velocidad alarmante, extensas áreas de bosques han sufrido el impacto de las actividades humanas, además la tala selectiva, que puede ser soportada por el ecosistema natural y la deforestación.

## **CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1. Zona y características del sitio de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe, situada al sur-este del Ecuador, en el cantón Yanzatza, sector Mutintza (Figura 1), el bosque de estudio se encuentra en la finca del señor Leonardo Zúñiga; este bosque no sufre alteración o presión antrópica, la superficie del terreno permitió establecer las parcelas necesarias para el estudio.

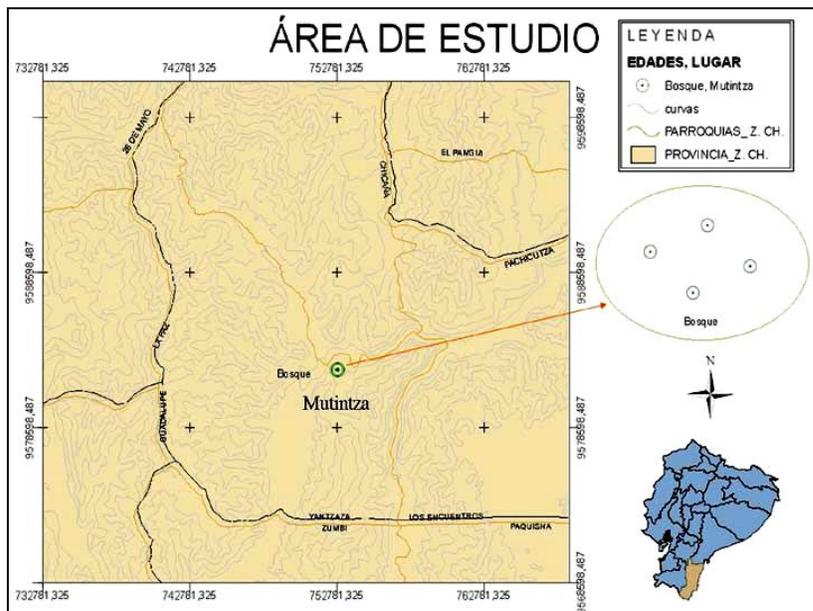


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio del bosque

El bosque se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 3: Coordenadas del bosque

N	E
9582285	752868
9582344	752799
9582327	752956
9582386	752888

## **2.2. Clima y ecología:**

La zona muestreada tienen un clima cálido tropical húmedo, con una temperatura media anual de 22,8 °C y una precipitación media anual mayor a 2000 mm (Maldonado, 2002). Según Palacios et al. (1999), el sitio de estudio, pertenece a la formación vegetal Bosque Siempreverde Piemontano, ubicado en las estribaciones de la Cordillera Oriental y Amazónica de la Región Sur del Ecuador. Ésta formación vegetal se ubica entre los 800 – 1300 m s n. m., sobre las laderas de las cordilleras, en ésta franja de vegetación se mezclan las especies amazónicas con algunos elementos andinos. El dosel alcanza los 30 metros de altura, siendo una de las características más importantes de esta formación.

## **2.3. Geología:**

Los suelos, corresponden al paleozoico, por la presencia de rocas ígneas Jurásicas, Sedimentarias Cretácicas de la edad mesozoica y una gama de depósitos superficiales del Cuaternario (Instituto Ecuatoriano de Minería DGGM, 1986). En la región del estudio, los suelos dominantes son Inceptisoles, del suborden Aquepts, del gran grupo Tropaquepts y del subgrupo Fluventic (Instituto Ecuatoriano de Minería DGGM, 1986).

Los suelos son muy ácidos (pH 4,6 y 4,8 respectivamente). El contenido de materia orgánica es muy alto en la primera capa y disminuyendo un poco en la segunda capa (Valarezo et al., 1998).

## **2.4. Formación vegetal**

Estas zonas se caracterizan por presentar un Bosque Siempreverde Piemontano Montano Bajo (Bsvmb) este tipo de bosque se caracteriza por la alta presencia de árboles del género *Podocarpus* que alcanza los 30 m de altura y 1 m DAP. El sotobosque está dominado por especies del género *Chusquea*. Las especies utilizadas para determinar este tipo de formación vegetal son la *Cecropia montana* con una rango altitudinal varía entre 500 y 1500 m (Baquero et al., 2004).

## 2.5. Metodología para el primer objetivo:

Para determinar la composición florística (leñosa y herbácea de un bosque) se desarrolló la siguiente metodología comprendida en dos fases: la fase de campo y de laboratorio.

### 2.5.1. Fase de campo

Una vez establecida el área de estudio, se realizó el ordenamiento espacial y experimental de las 49 parcelas en un ha o  $100\text{m}^2$ , las parcelas estuvieron separadas entre sí a una distancia de 5 m aproximadamente; cada una de estas parcelas estuvo conformada por dos sub-parcelas, la primera de  $10 \times 10$  m, la segunda de  $2 \times 2$  m; dentro de estas sub-parcelas se tomaron las muestras de vegetación (Figura 2).

Todas las parcelas experimentales fueron etiquetadas, y para un mejor reconocimiento en la parte de vegetación, fueron colocadas cintas en cada individuo, evitando de esta manera confusiones en el manejo del material obtenido en campo.

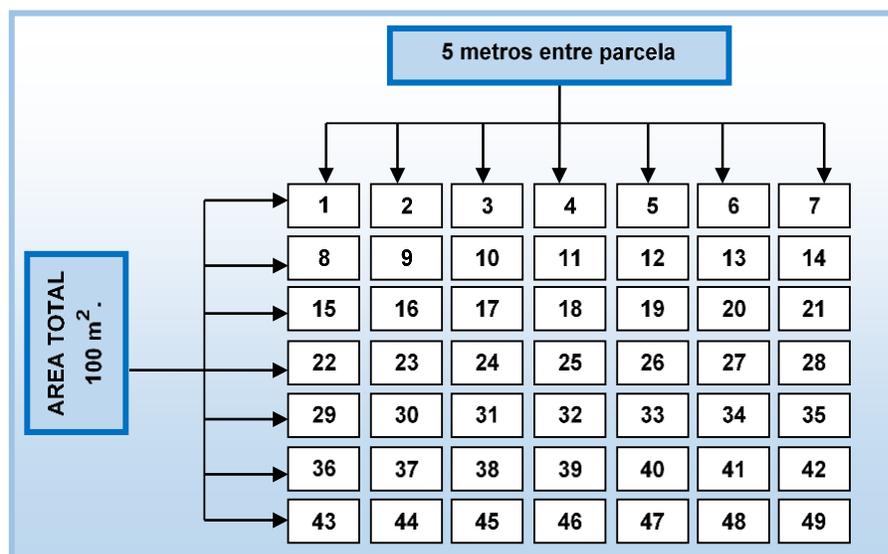


Figura 2: Diseño de las 49 parcelas experimentales en el área de estudio.

### 2.5.2. Muestreo vegetal:

En lo que respecta al muestreo vegetal, se recolectó aquellos individuos que estuvieron dentro de la parcela de 100 m<sup>2</sup>, en el caso de las leñosas que estuvieron dentro de las parcelas 10 x 10 m y herbáceas que estuvieron dentro de las parcelas de 2 x 2 m se recolectaron las muestras botánicas en buen estado para su respectiva identificación taxonómica (Figura 3).

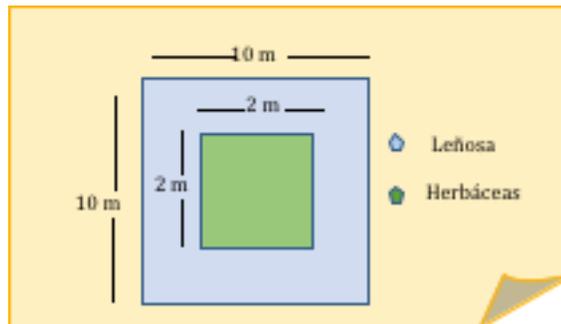


Figura 3: Diseño para muestreo vegetal de cada parcela en el bosque

Con las muestras vegetales recolectadas se procedió al prensado y secado, para su posterior identificación taxonómica (Figura 4).



Figura 4: Tratamiento y codificación del material vegetal

### 2.6 Metodología para el segundo objetivo:

Para evaluar la relación entre el carbono del suelo y la diversidad del estrato vegetal, se desarrolló la siguiente metodología en la fase de campo y de laboratorio.

### 2.6.1. Fase de campo

En las parcelas establecidas, se recolectó las muestras de suelo del horizonte mineral considerando el siguiente diseño: 5 muestras en las parcelas de 10 x 10 m<sup>2</sup>, 4 muestras en las parcelas de 5 x 5 m<sup>2</sup>, y 2 muestras en las parcelas de 2 x 2 m<sup>2</sup> (Figura 5).

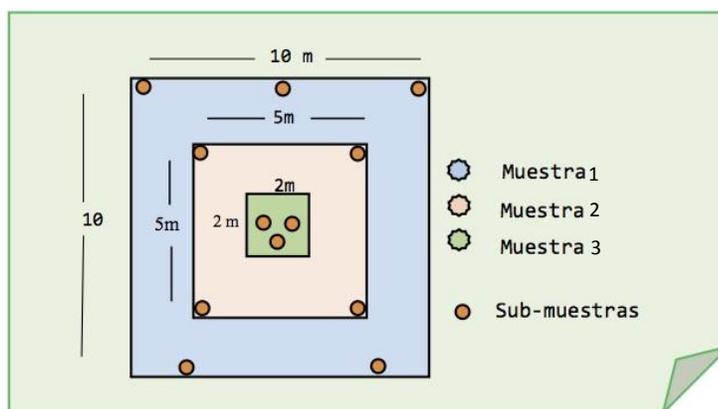


Figura 5: Diseño de muestreo de suelos.

La recolección de todas las muestras del componente mineral, se la efectuó a una profundidad de 20 cm. Todas las muestra fueron depositadas en el laboratorio para su respectivo análisis.

### 2.6.2. Fase de laboratorio

Una vez recolectadas las muestras de suelo, se procedió a la preparación de las mismas para los respectivos análisis en el laboratorio, los análisis a realizar fueron pH, Carbono orgánico total y Carbono orgánico activo.

### 2.6.3. Determinación del potencial hidrógeno (pH)

Para este parámetro nosotros utilizamos el método del Potenciómetro (suspensión de la muestra se suelo + agua des ionizada en proporción 1:2,5.), que consistió en:

Pesar 10 gr de suelo en un vaso de 100 ml y añadir 25 ml de agua des ioniza, se agita durante

5 minutos con agitador magnético, o 10 minutos con agitador mecánico, luego se deja reposar durante 30 minutos. Cuidadosamente se introduce el electrodo, y se anota el valor correspondiente al pH (Figura 6).



Figura 6: Secuencia del análisis de pH

**2.6.4. Determinación del Carbono Orgánico:** Método de Oxidación con Dicromato de potasio (Figura 7).



Figura 7: Esquema de la fase de laboratorio

**Cálculos**

$$\%C \text{ Orgánico} = \frac{(B-M) \cdot N \cdot 0,003 \cdot 1,3 \cdot 100}{W_m}$$

(1)

**De donde:** En la Ec. 1 se puede observar que:

B= Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco (ml)

M= Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra (ml)

W<sub>m</sub>= Peso de la muestra (g)

N= Normalidad real de la solución de sulfato ferroso usado en la titulación

$$N_{FeSO_4} = \frac{V_{Cr_2O_7K_2} \text{ (Blanco)}}{V_{SO_4Fe} \text{ (Blanco)}}$$

(2)

Y en las Ecs. 2 y 3 se expresa que:

V<sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>K<sub>2</sub></sub> = Volumen de dicromato de potasio del blanco (ml)

V<sub>SO<sub>4</sub>Fe</sub> = volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco (ml)

Factor 0,003 = peso en gramos de un equivalente de carbono, obtenido al dividir el peso atómico del carbono (12) entre el número de valencia del carbono (4) y luego dividiendo entre 1000.

Factor 1,3= Factor de eficiencia de oxidación del carbono orgánico al dividir 100 entre 77.

Factor 100 = conversión de porcentaje.

$$\%MO = \% C \text{ Orgánico} \cdot 1,724$$

(3)

Factor 1,724= factor de conversión del carbono orgánico en materia orgánica obteniendo al dividir 100 entre 58 (Figura 8).

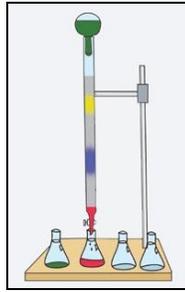


Figura 8: Gráfico de análisis de carbono orgánico

### 2.6.5. Determinación del carbono orgánico activo: Método de oxidación con permanganato de potasio.

En el presente método se determina el carbono activo, que se oxida con permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) 0,02 M. El exceso de permanganato de potásico que no ha reaccionado se calcula al medir la absorbancia a 550nm y la cantidad de carbono orgánico activo se calcula a partir de la cantidad de  $\text{KMnO}_4$  reducido.

(El estado de oxidación de C puede variar desde -4 hasta +4. suponemos que la totalidad del carbono orgánico tiene n° de oxidación 0 (carbono elemental) y se oxida a +4)(Figura 9)

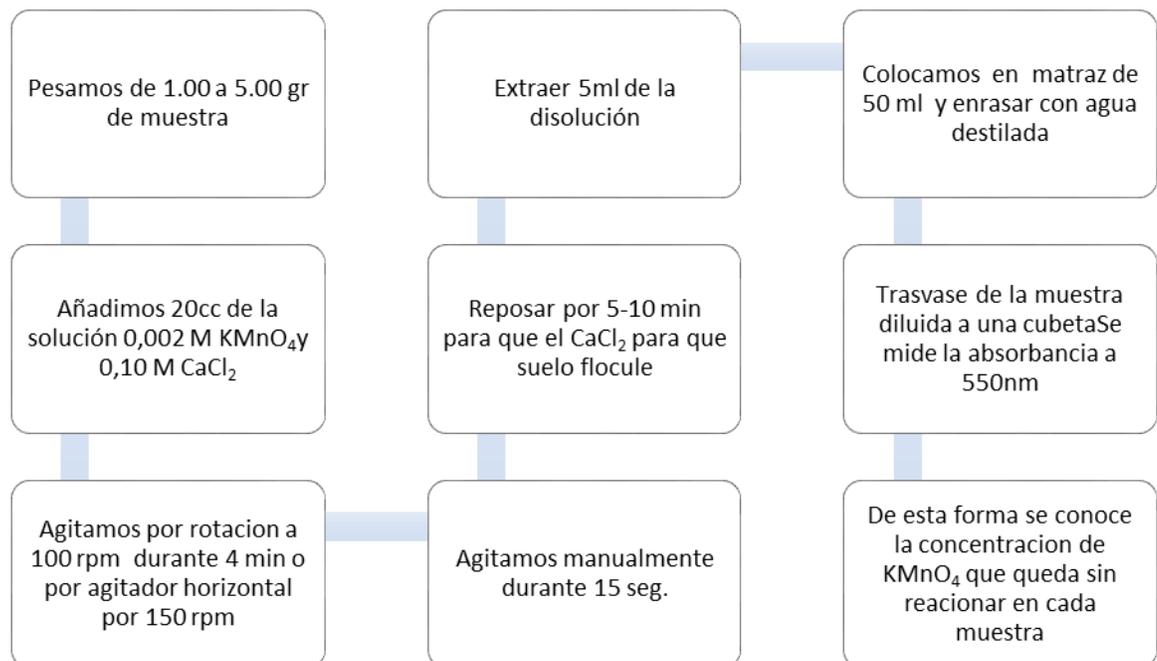


Figura 9: Esquema de la base de Laboratorio

Antes de la medida de la absorbancia de las muestras preparamos los patrones para determinar el carbono orgánico activo:

Tabla 4: Solución A (ml) [KMnO<sub>4</sub>]

Patron 1	0	0,0000
Patron 2	0,125	0,0025
Patron 3	0,25	0,0050
Patron 4	0,5	0,0100
Patron 5	1.0	0.0200

El carbono organico expresado en miligramos por kilogramos de suelo viene dado por la siguiente expresion:

$$\text{C.Organico Activo(mg/kg.suelo)}=(0,02-[KmnO_4])\cdot 9000\cdot(0,02/\text{Kg.suelo})$$

(4)

Donde: En la Ec. 4 se puede observar que:

**0,02.-** es la concentracion de KMnO<sub>4</sub> añadida al suelo.

**[KMnO<sub>4</sub>].-** es la concentracion de KMnO<sub>4</sub> (mol/l) medida por colorimetría a 550nm despues de la oxidacion del carbono.

**9000.-**son los miligramos de carbono(3/4 moles de C) oxidados por 1mol de KMnO<sub>4</sub>.

**0,02.-**son los litros de solucion reactiva añadidos a la muestra del suelo(20ml) de solución.

**Kg.suelo.-** son los kilogramos de suelo de la muestra (de 0,00500 a 0,00100 kg de suelo(Figura 10).

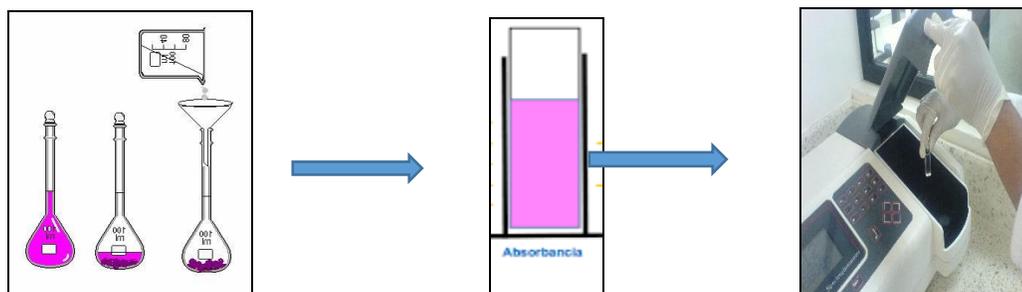


Figura 10: Gráfico de análisis de carbono orgánico activo

## **2.7. Análisis de Datos**

### **2.7.1. Curvas de acumulación y rarefacción**

Las curvas de acumulación **NO** sirven para determinar riqueza, sino muestran el número de especies acumuladas conforme va aumentando el esfuerzo de muestro en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento, en el cual el número de especies se estabilizará en una asíntota (Martella et al., 2012). Las curvas de acumulación de rarefacción basados en individuos explican, explícitamente, la abundancia relativa de las especies (Hurlbert, 1971).

### **2.7.2. Determinación de la riqueza y composición de especies**

Obtenida la información e identificación taxonómica de las especies se procedió a determinar la diversidad, utilizando el Índice de Shannon-Wiener que se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad.

Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2004). Además calculamos el rango de las especies en las parcelas, la familia y especies más representativas para leñosas y herbáceas encontradas en la zona de estudio.

### **2.7.3. Análisis de la Correlación Suelo – Especies Vegetales**

Se determinó la relación entre la diversidad de cada parcela y el contenido de carbono orgánico y carbono orgánico activo, mediante modelo lineales simples.

Todos los análisis y gráficas fueron elaborados mediante el uso del el entorno (R). Versión 3.1.0 (R Development Core Team, 2014),

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 7.1. Determinar la composición y riqueza florística (leñosa y herbácea de un bosque)

Dentro de los resultados obtenidos para la parte de leñosas en los 49 puntos de muestreo instalados, se encontró un total de 1091 individuos distribuidos en 35 familias, 68 géneros y 97 especies (Anexo 1), similar al estudio realizado por (Marcelo & Reynel, 2014) en un bosque húmedo Premontano Tropical en una ha en Perú, en la que reporta 37 familias, 67 géneros y 102 especies. En el caso de las herbáceas se reportó 321 individuos distribuidos en 16 familias y 27 especies (Anexo 2).

#### 3.1.1. Curvas de acumulación y rarefacción de especies leñosas basadas en parcelas e individuos

En base al muestreo se ha realizado una curva de acumulación considerando el número de individuos y de parcelas para especies leñosas (Figura 11) y herbáceas (Figura 12), las curvas de acumulación nos indica que nuestro esfuerzo de muestreo, cumple con las condiciones para realizar un análisis de la diversidad, siendo más fiable el inventario florístico debido a que el número de individuos y parcelas es representativo, esto ayuda cuando el tamaño de la muestra es relativamente pequeña (López & Duque, 2010).

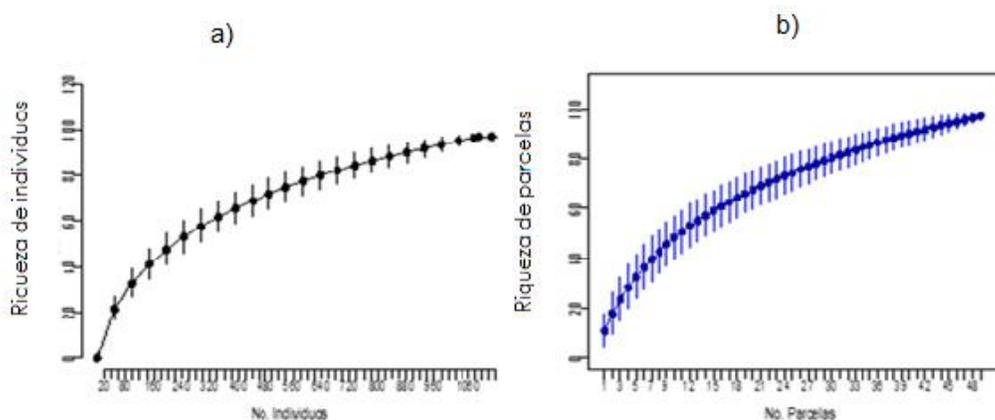


Figura 11: a) Curvas de acumulación y rarefacción basada en individuos para leñosas.  
b) Curvas de acumulación y rarefacción basada en parcelas para leñosas.

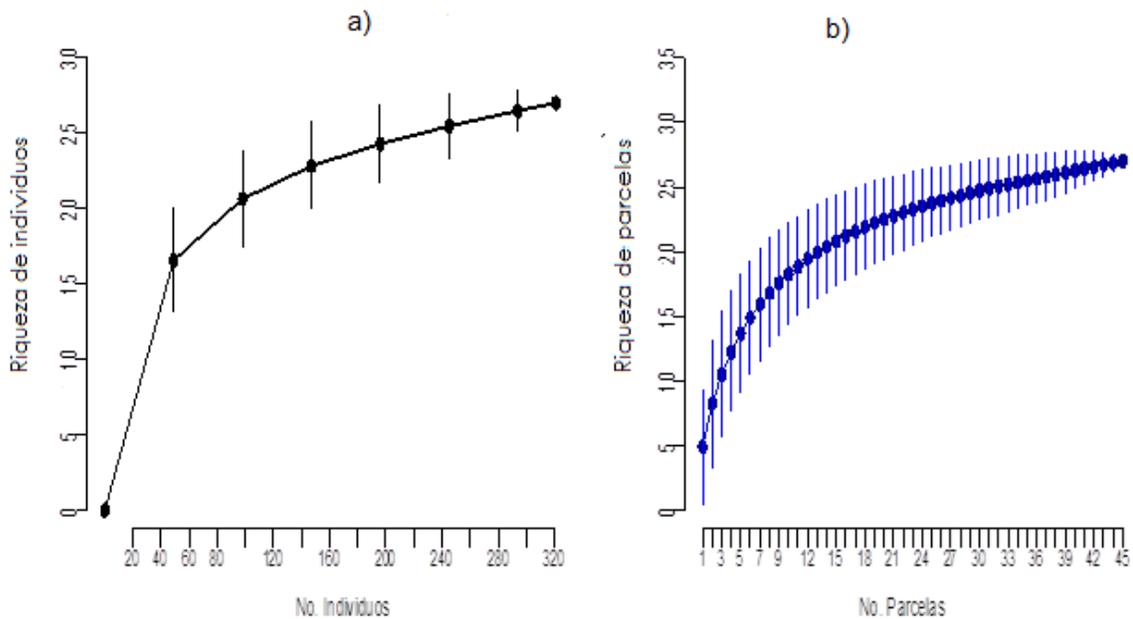


Figura 12: a) Curvas de acumulación y rarefacción basada en individuos para herbáceas.  
 b) Curvas de acumulación y rarefacción basada en parcelas para herbáceas.

### 3.1.2. Cuantificación de la vegetación en el bosque tropical húmedo de Mutinza

El rango de riqueza de especies por parcela en cuanto a la vegetación leñosa, fue de 4 a 19 especies por parcela, datos similares indican (Rocha-Loredo et al. 2010) en parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en un bosque tropical caducifolio, en donde las especies variaron entre 13 y 18, un valor mucho más alto hallaron (Duivenvoorden & Lips, 1995) en Colombia en parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, allí los rangos oscilaron entre 4 y 57 especies arbóreas. En nuestro estudio la parcela 2 con mayor número de especies y la parcela 42 con el menor número de especies (Figura 13).

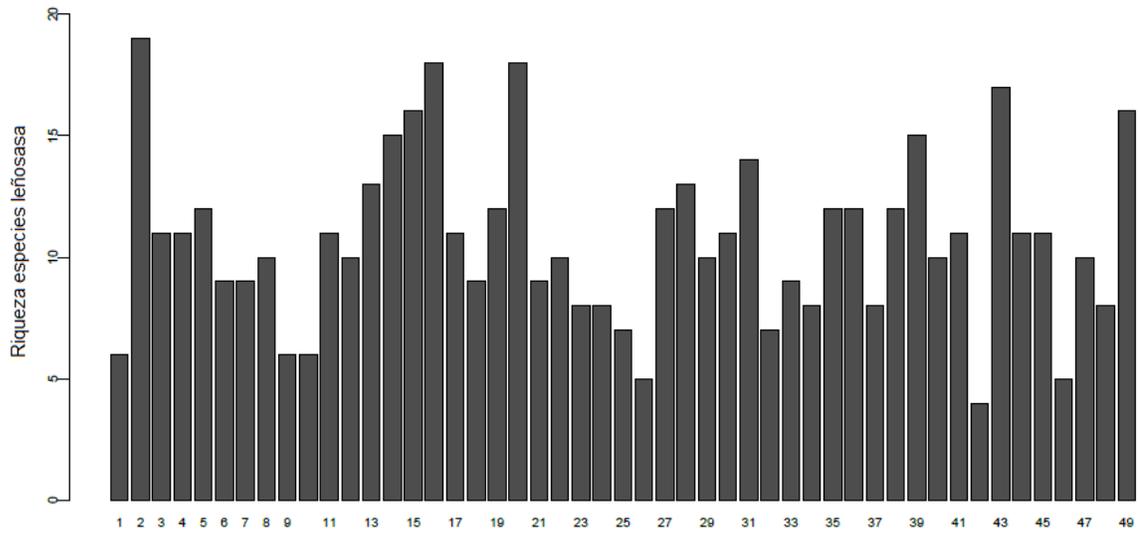


Figura 13: Riqueza total de especies a nivel de Leñosas

Con respecto a la vegetación herbácea el rango de especies va de 2 a 11 especies por parcela, donde la parcela 4 es la más diversa y la parcela 8, 23, 27, 33 y 44 la menos diversa (Figura 14).

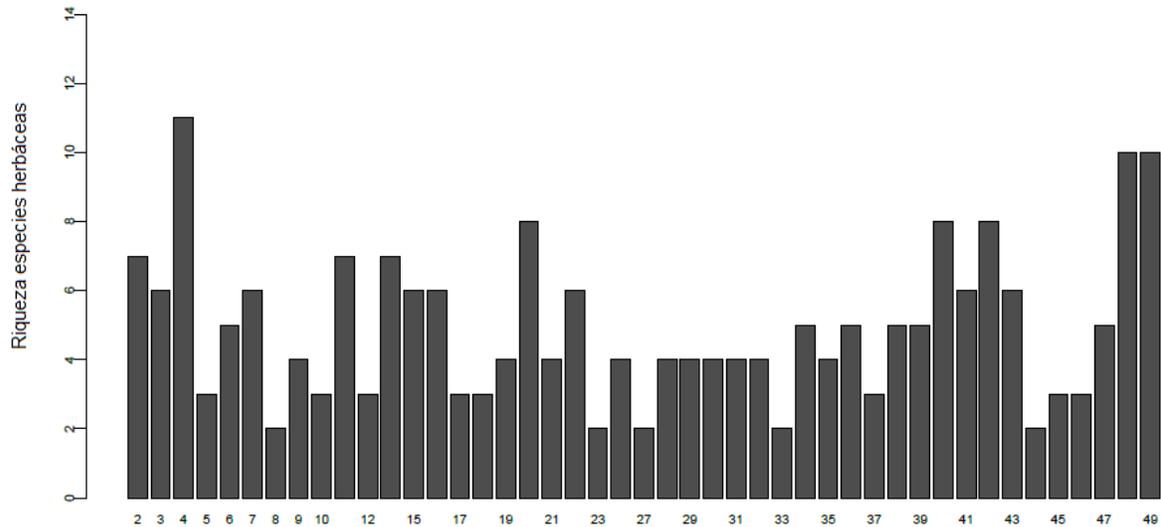


Figura 14: Riqueza total de especies a nivel de Herbáceas

### 3.1.3. Abundancia de familias y especies en las parcelas de 10 m x 10 m en relación a leñosas

Se ha encontrado que la familia más abundante para leñosas fue Lecythidaceae con 297 individuos, que incluyó dos especies, esto es muy similar a lo comentado por (Lü et al., 2010), los que encontraron que, Lecythidaceae estuvo representado por una sola especie, siendo la familia más abundante presente en 1 ha de estudio en un bosque tropical, seguido de Arecaceae con 242 y Piperaceae con 117 individuos, estas familias son las tres más representativas de nuestro muestreo y representan el 60,12 % del total de individuos, en cambio en el estudio realizado por (Marcelo & Reynel, 2014) indica, que las cinco familias más abundantes representaron el 73,4 % del total de individuos (Figura 15).

Las familias Aquifoliaceae, Boraginaceae, Monimiaceae, Myrsinaceae, Nyctaginaceae, Polygonaceae, Simaroubaceae, Solanaceae, Verbenaceae son las de menor presencia en las parcelas muestreadas con 1 individuo por parcela (Anexo 3)

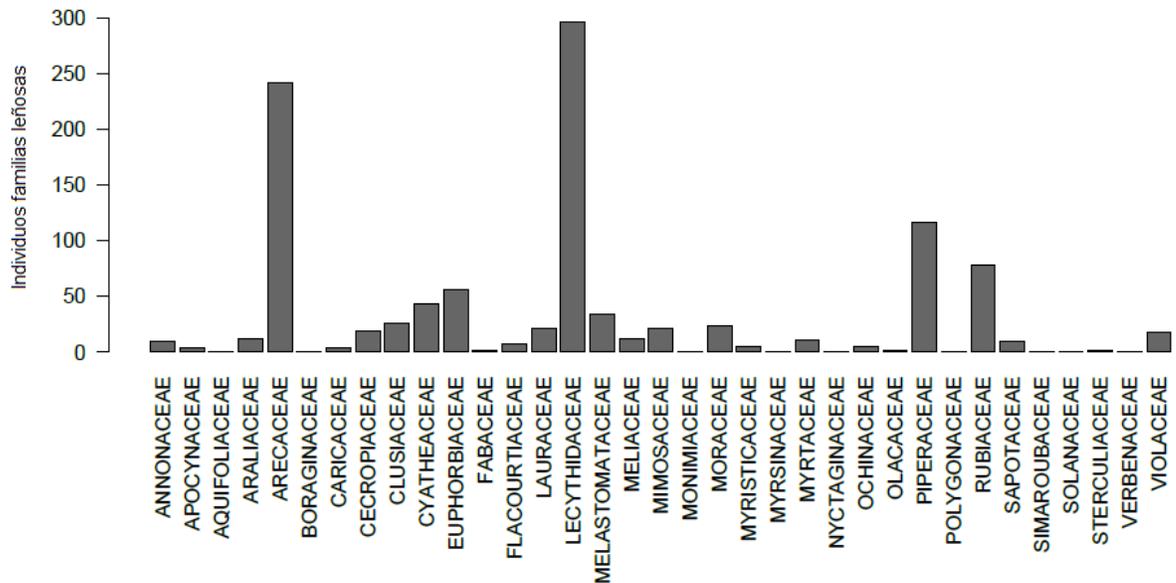


Figura 15: Abundancia de familias para leñosas.

En cuanto a la abundancia de especies dentro del muestreo en las parcelas para leñosas se encontró que la especie más abundante es: *Grias peruviana* con 295 individuos e *Iriartea deltoidea* con 173 individuos, estas dos especies constituyeron el 43 % de total de los individuos arbóreos, lo que coincide con otros trabajos desarrollados en este tipo de ecosistemas, así (Pitman et al., 2001) encontraron que *Iriartea* fue la especie más abundante y se la encontró en el 73 % de las parcelas de Ecuador y el 56 % de las de Perú; en nuestro caso se la identificó en casi el 92 % del área de estudio. En cambio las especies menos abundantes que tenemos son *Aegiphila* sp, *Axinaea* sp entre otras (Anexo 3) con un individuo (Figura. 16)

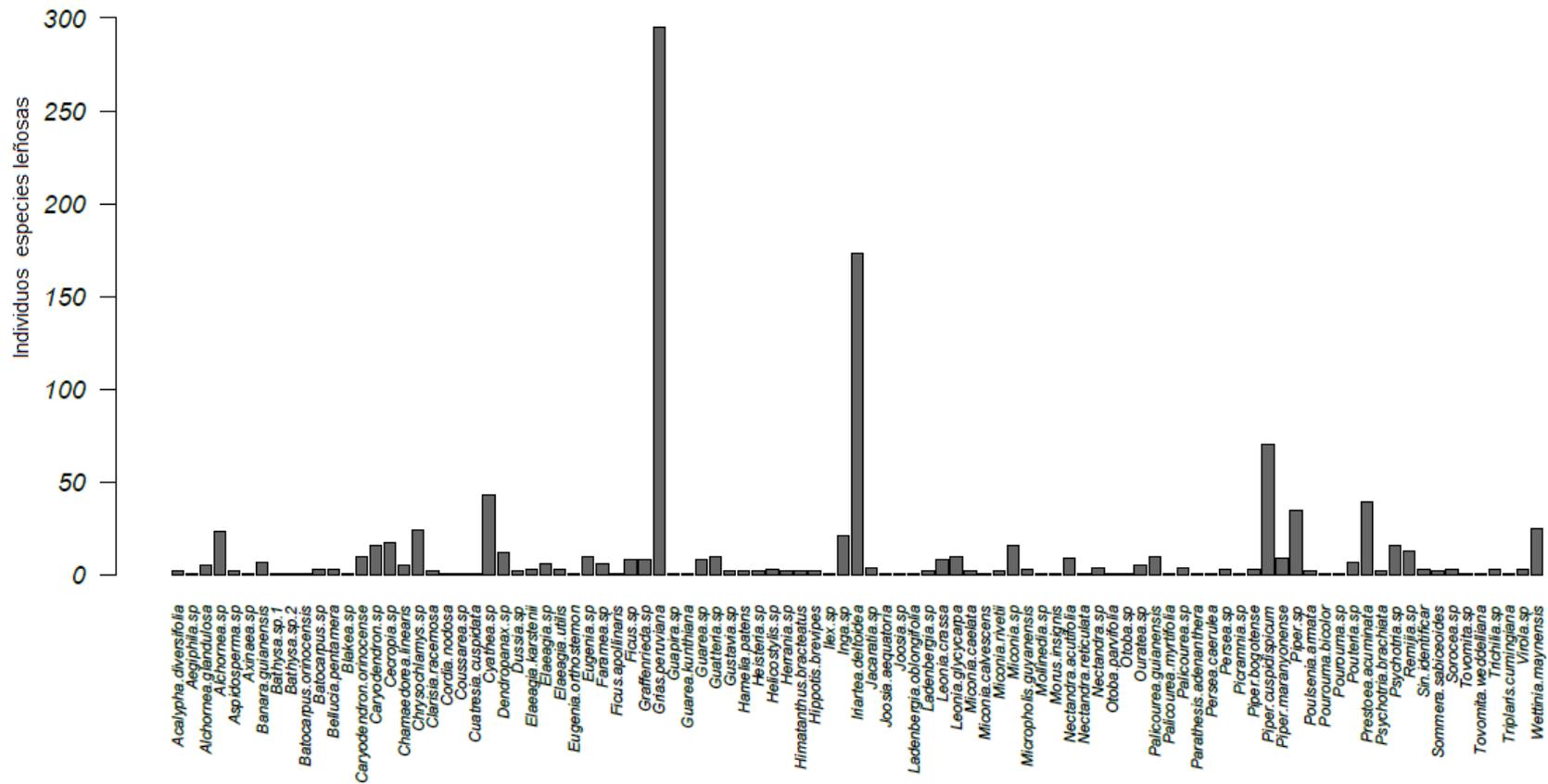


Figura 16: Abundancia de individuos para especies Leñosas

### 3.1.4. Abundancia de familias y especies en relación a herbáceas

Hemos encontrado que la familia más abundante para leñosas fue Araceae con 55 y Lomariopsidaceae con 53 individuos, estas familias son las tres más representativas de nuestro muestreo (Figura 17). Las familias Bignonaceae, Dioscoreaceae, Mendoniaceae, son las de menor presencia en las parcelas muestreadas con 1 individuo por parcela.

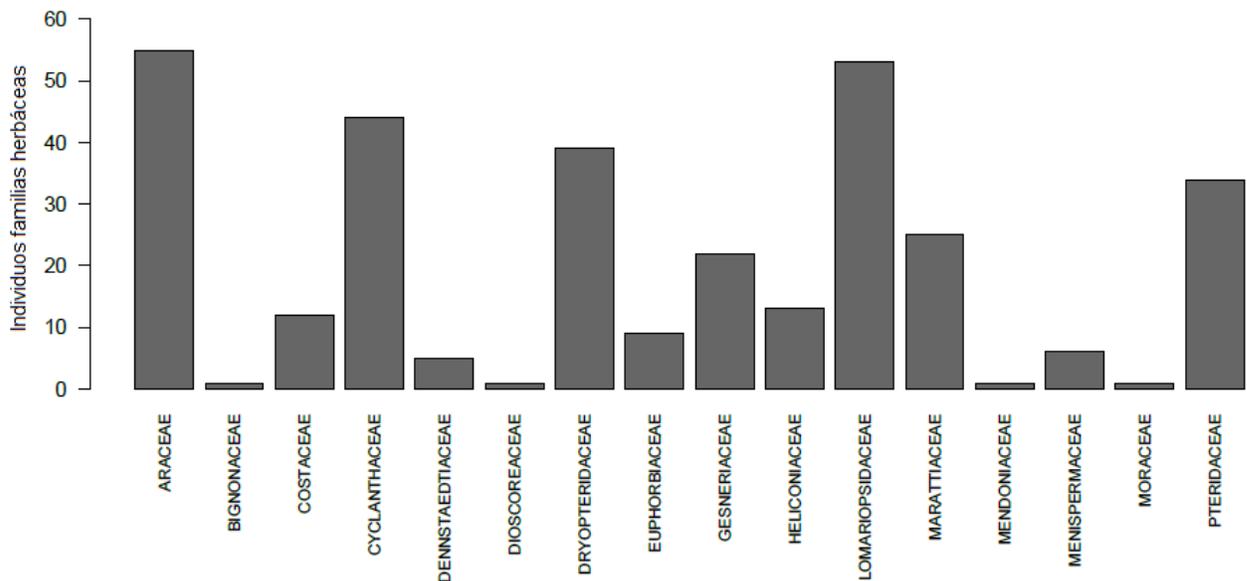


Figura 17: Abundancia de familias de herbáceas

Con respecto a la abundancia de especies para herbáceas se encontró que la especie más abundante es: *Bolbitis lindigii* con 53 individuos y la especie menos abundante fue *Caladium* sp con 4 individuos (Figura 18, anexo 4).

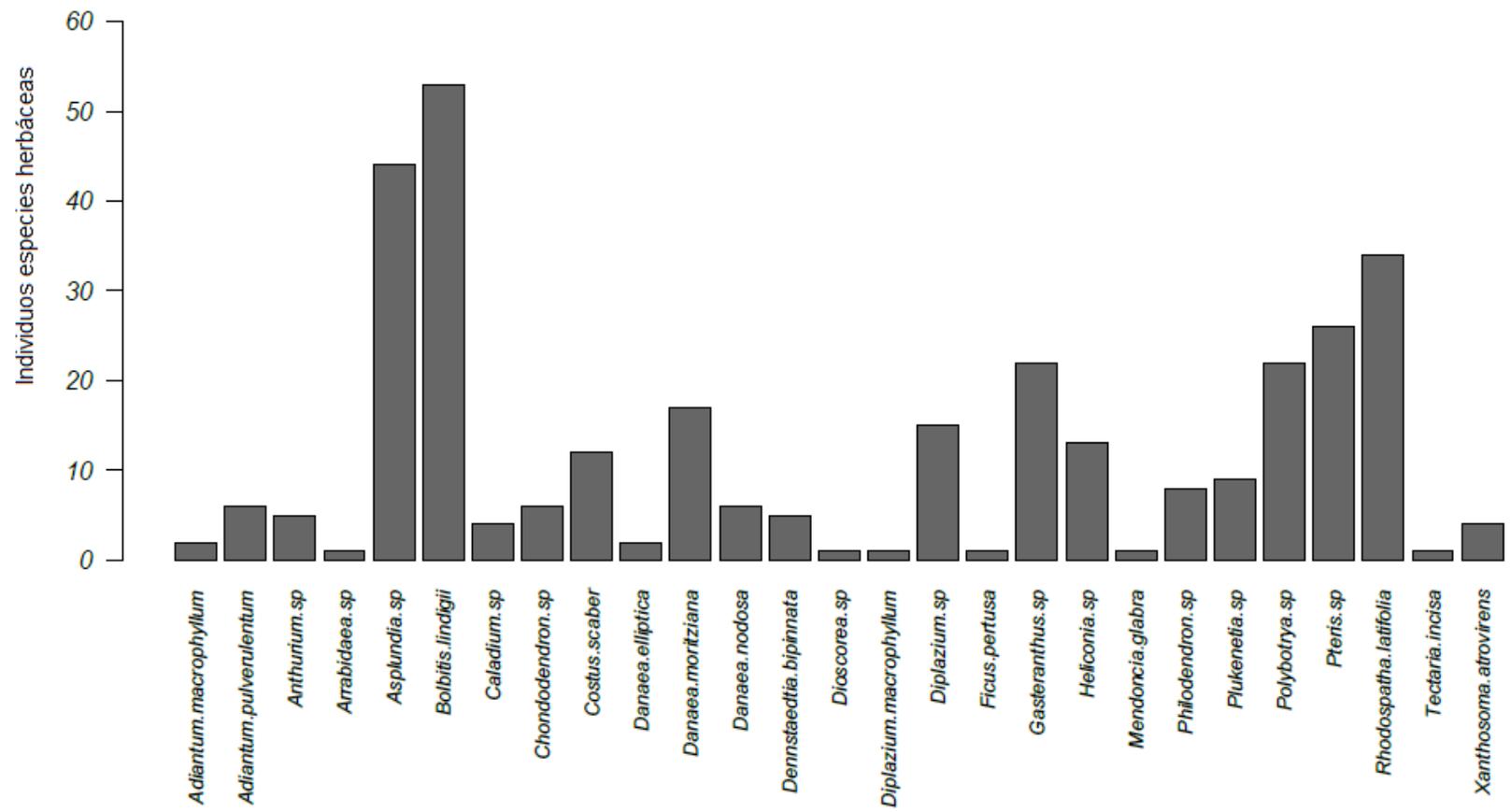


Figura 18: Abundancia de individuos para especies de herbáceas

### 3.1.5 Índice de diversidad de Shannon

Los resultados encontrados en las parcelas muestreadas ponen de manifiesto, que nuestra comunidad es diversa con un 3,14, para leñosas y para herbáceas el 2,75, en la 49 parcelas, además se calculó la diversidad de cada parcela, siendo la parcela 16 la más diversa con un 2,87 y la menos diversa la parcela 26 con un 1,20 (Tabla 5).

Tabla 5: Índice de diversidad de Shannon por parcela en Leñosas

<b>Parcela</b>	<b>Diversidad de mayor a menor</b>
<b>16</b>	2,87
<b>2</b>	2,75
<b>20</b>	2,69
<b>15</b>	2,64
<b>43</b>	2,64
<b>1</b>	1,34
<b>42</b>	1,32
<b>46</b>	1,26
<b>26</b>	1,20

Con respecto a las herbáceas el índice de diversidad de Shannon en la parcela 4 fue la más diversa con un 2,34 y la menos diversa la parcela 44 con un 0,5 (Tabla 6).

Tabla 6: Índice de diversidad de Shannon por parcela en herbáceas

<b>Parcela</b>	<b>Diversidad</b>
<b>4</b>	2,34
<b>49</b>	2,27
<b>8</b>	0,64
<b>33</b>	0,64
<b>44</b>	0,50

Los estudios de evaluación de la diversidad de especies pueden facilitar la gestión, sirviendo como punto inicial para la investigación básica en ecología comunitaria. Por estas razones, es necesario identificar e implementar métodos efectivos para estimar la diversidad de especies por ejemplo, Simpson (1949), (Shannon & Weaver (1963), Peet (1974). Una forma es el realizar

inventarios florísticos utilizando metodologías rápidas y complementarias que suministren información representativa tanto de la riqueza y composición de especies como de la estructura de la vegetación (Villarreal et al., 2006). Con respecto a los bosques montanos, se han realizado actualmente varias investigaciones que han aportado con el conocimiento de la flora presente en esta zona (Gentry, 1995; Jørgensen et al., 1999; Myers et al., 2000; Hamilton, 1995; Kappelle & Brown, 2001(b); Homeier et al., 2010, Salas-Morales et al., 2015).

En estudios realizados por Gentry (1995) reportó que Lauraceae es la familia de plantas leñosas más rica en especies en todos los bosques andinos entre 1500 y 2900 m de elevación, seguida de Melastomataceae y Rubiaceae, ésta aseveración no se confirma en el presente estudio, En nuestro casos la familia Rubiaceae fue la más diversa con 20 especies y seguidamente se encuentra Moraceae con 9 especies y Melastomataceae con 8 especies.

### 3.2 Relación entre el carbono orgánico total (COT); carbono orgánico activo (COA) y la diversidad de especies vegetales

Dentro de los resultados encontrados con respecto a la relación de COT con la diversidad nosotros encontramos que existe una relación negativa significativa (Tabla 7).

Tabla 7: Relación diversidad vegetal frente a la cantidad de carbono orgánico total en el suelo

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
<b>(Intercept)</b>	2,77173	0,33413	8,295	9,27E-11	***
<b>Diversidad</b>	-0,02299	0,01035	-2,221	0,0312	*

**Signif. codes: 0'\*\*\*' 0.001'\*\*\*' 0.01'\*\*'**

**Residual standard error: 0,3729 on 47 degrees of freedom**

**Multiple R-squared: 0,09497, Adjusted R-squared: 0,07571**

**F-statistic: 4,932 on 1 and 47 DF, p-value: 0,03122**

Es decir mientras aumenta la disponibilidad de carbono, la diversidad de especies leñosas disminuye (Figura 19).

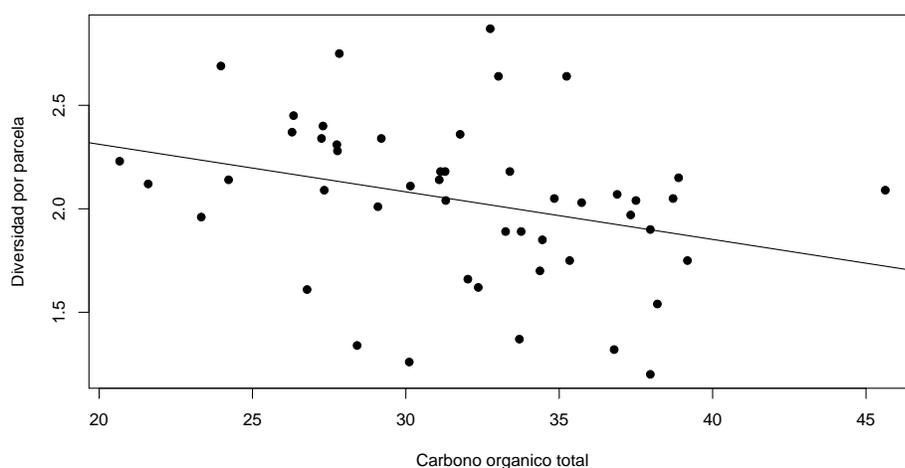


Figura 19: Relación diversidad por parcelas en función de la cantidad de carbono orgánico total

Existen varios estudios en donde se ha detectado relación positiva entre la diversidad de especies y las variables edáficas (Sahu et al., 2012; Sarvade et al., 2016), en esta investigación se observa que el carbono orgánico total está relacionado de manera significativa ( $p\text{-value}=0,03$ ) en la diversidad vegetal. Resultados similares en bosques tropicales y subtropicales reportaron (Sahu et al., 2012 & Sarvade et al., 2016) en donde los índices de diversidad presentaron una fuerte correlación entre la diversidad y el carbono orgánico total, en este caso positiva. A diferencia de (Nadeau & Sullivan, 2015) que no encontraron relación entre la diversidad y la relación carbono – nitrógeno.

Como sabemos el suelo es la mayor reserva de carbono orgánico (C) terrestre almacenando incluso más que el que se encuentra en las plantas y en la atmósfera combinado (Schlesinger 1997). La abundancia de C orgánico en el suelo afecta y se ve afectada por la producción vegetal y la descomposición presente en los ecosistemas (Jenny, 1941; Schlesinger, 1977). Es importante mencionar que en climas húmedos, tanto la producción como la descomposición aumentan con la temperatura, pero los aumentos relativos en la descomposición son mayores (Nakane, 1975; Schlesinger, 1977; Oades, 1988).

Con respecto a los resultados encontrados con respecto a la relación de COA con la diversidad nosotros encontramos que existe una relación negativa significativa (Tabla 8)

Tabla 8: Relación diversidad vegetal frente a la cantidad de carbono orgánico Activo en el suelo.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
<b>(Intercept)</b>	2,52E+00	1,97E-01	12,814	<2e-16	***
<b>Diversidad</b>	-0,000315	0,0001238	-2,545	0,0143	*

**Signif.codes: 0\*\*\*\* 0,001\*\*\* 0,01\*\***

**Residual standard error: 0,3675 on 47 degrees of freedom**

**Multiple R-squared: 0,1211, Adjusted R-squared: 0,1024**

**F-statistic: 6,475 on 1 and 47 DF, p-value: 0,01429**

Es decir mientras aumenta la cantidad de carbono orgánico activo, la diversidad disminuye para las especies leñosas (Figura 20).

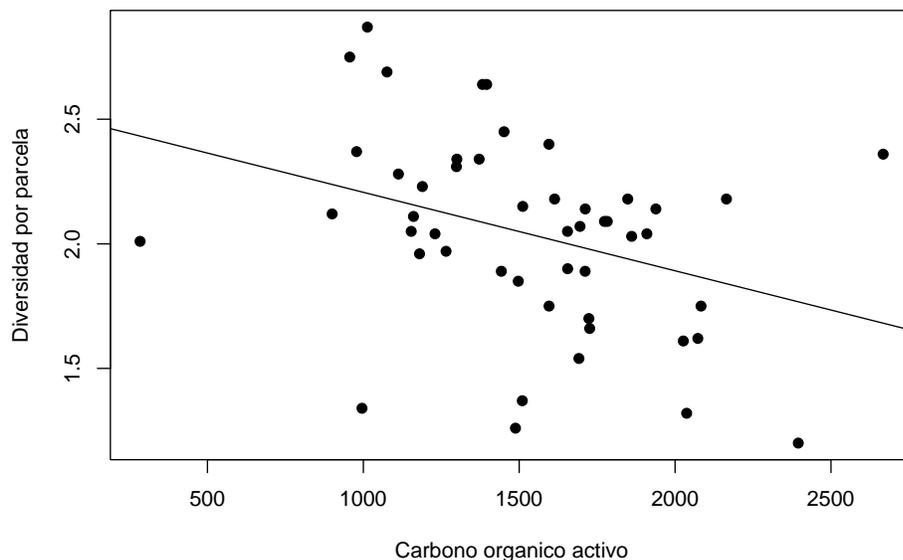


Figura 20: Relación diversidad por parcelas en función de la cantidad de carbono orgánico activo.

Aunque las propiedades del suelo son indicadores de la fertilidad para el crecimiento de las plantas y sus funciones biogeoquímicas (Reiners et al., 1994), en este caso se observó que las características del suelo, específicamente el carbono orgánico activo influye negativamente en la diversidad florística, esto se puede atribuir que pocas especies toleran mayores cantidades de carbono. Cabe indicar que en el caso de las herbáceas no encontramos ninguna relación en cuanto a la diversidad y el carbono orgánico total y el carbono orgánico activo.

## Conclusiones

- ❖ La riqueza registrada en los 49 puntos de muestreo en el sector Mutinza fue de: 1091 individuos, distribuidos en 35 familias, 68 géneros y 97 especies, siendo la especie más abundante *Grias peruviana* con 295 individuos y el arbusto con mayor dominancia fue *Bolbitis lindigii* con 53 individuos
- ❖ De acuerdo al índice de Shannon la diversidad para leñosas fue 3,14 y las herbáceas 2,75. Los resultados apoyan el hecho que los bosques montanos tropicales son más diversos con respecto a otros bosques, por lo que en su manejo debe considerarse su fragilidad y los problemas de fragmentación.
- ❖ Con respecto a la relación entre el carbono del suelo y la diversidad de especies está relacionada negativamente, es decir menor diversidad mayor carbono, en este caso solo se obtuvo diferencia para especies leñosas.

## **Recomendaciones**

- ❖ Se recomienda que se realice una guía de plantas para poder identificar mejor las especies presentes en el sector.
- ❖ Se recomienda que el presente inventario se mantenga actualizado y ha aprovechado para futuros estudios florísticos del lugar, para así poder comparar la evolución y conservación de este remanente de bosque.
- ❖ Se realice varios muestreos para determinar si las condiciones climáticas influyen en la disponibilidad del carbono.
- ❖ Se recomienda analizar otros nutrientes que pueden influir en la diversidad de especies.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, S.M., 2000. Importancia de La protección de la materia orgánica en suelos. Simposio proyecto ley protección de suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. P. 77–85.
2. Aguirre, Z. 2004. La diversidad de la región amazónica del ecuador, Pp. 55-67 en Aguirre, Z; Maldonado, N. Ecosistema, biodiversidad, etnias, y cultura de la región amazónica ecuatoriana Universidad Nacional De Loja- Promsa, Loja, Ec.
3. Aguirre, Z., Cabrera, O., Sánchez, A., Merino, B., & Maza, B. 2003. Composición florística, endemismo y etnobotánica de la vegetación del sector oriental, parte baja del Parque Nacional Podocarpus. *Lyonia*, 3(1), 5-14.
4. Alvarez-Clare, S., Mack, M. C. & Brooks, M. 2013. A direct test of nitrogen and phosphorus limitation to net primary productivity in a lowland tropical wet forest. *Ecology*, 94(7), 1540 – 1551.
5. Asner, G. P., Knapp, D. E., Broadbent, E. N., Oliveira, P. J., Keller, M., & Silva, J. N. 2005. Selective logging in the brazilian amazon. *Science*, 310(5747), 480-482.
6. Baquero, F; Sierra, R; Ordóñez, L; Tipán, M; Espinosa, L; Rivera, M; Soria, P. 2004. La vegetación de los andes del ecuador: Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los andes del ecuador, a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. Ecociencia/cesla/corporación ecopar/mag sigagro/cdc-jatun sachá/división geográfica-igm. Quito. P. 56.
7. Barbosa, R. I. 1998, Suelos y tipo de vegetación en los llanos centrales de Venezuela.
8. Brown, A. D., & Kappelle, M. 2001(a). Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. bosques nublados del neotrópico, 27-40.
9. Brown, A.D.; Kappelle, M. 2001(b). introducción a los bosques nublados de latinoamerica. Una síntesis regional. In: Brown, A.D., Kappelle, M. (Eds.), Bosques nublados de latinoamerica. Editorial inbio, Costa Rica, P. 29.
10. Bubb, P,I.May L. Miles & J.Sayer 2004. Cloud foreste agenda.unep\_wcmc, cambridge Inglaterra.32.P.
11. Bussmann, R. W. 2002. Estudio Fitosociológico de la vegetación en la reserva biológica San Francisco (ecsf) Zamora Chinchipe. Loja (Ec) herbario Loja, departamento de botánica y ecología nº 8: p 1-6.

12. Bussmann, R. 2005. Bosques andinos del sur del Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *rev. peru. biol.* 12(2): 203 - 216 Facultad de ciencias biológicas Unmsm.
13. Churchill, S.P., H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (Eds.). 1995. Biodiversity and conservation of neotropical montane forest. The New York botanical garden, Nueva York. 702 P.
14. Cleef, A. M., 1980, Posición Fitogeográfica de la flora vascular del páramo Neotropical. *Rev. Inst. Geogr. Augustin Codazzi*, 7, 68-86.
15. Dokuchaev, V. V. 1883. Russian Chernozem. St. Petersburg Evdokimova 1883.
16. Duivenvoorden, J.F., & Lips, J.M. 1995. A land-ecological study of soils, vegetation, and plant diversity in Colombian Amazonia. The tropenbos foundation. The Netherlands. Wageningen.
17. Fabrizzi, Kp; A. Morón & Fo García. 2003. Soil C and N organic fraction in degraded vs. non-degraded. mollisols in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1831-1841.
18. FAO, 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. World soil reports 96. Rome, 58 P.
19. FAO, 2005. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. 2005 – 15 Resultados Claves FAO (FRA 2005). <http://www.fao.org/forestry/site/fra2005/en/>
20. Fortin, M.-C., Rochette, P., Pattey, E., 1996. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small grain cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 1541-1547.
21. Frangi, J.L.; Arturi M.F.; Goya J.F.; Vaccaro S.; Oliveri N.J. Y G.A. Píccoli. 2003. Lineamientos para el manejo de capuerras del centro sur de misiones. Inta, ediciones, publicaciones regionales, boletín técnico N° 5: 39 P. Cerro Azul, Misiones.
22. Gallardo, J.; González, M.; Pérez, C. 2002. La materia orgánica del suelo. Salamanca, Es. Centro de edafología y biología aplicada. P. 50.
23. Gentry, A., 1988. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Ann. Missouri bot. Gard. 1:75, 1-34.
24. Gentry, A. 1992 Diversity and floristic composition of Andean forest of Peru and adjacent countries: Implications for their conservation. *Mem. Mus. Hist. Nat. "Javier Prado"* 21: 11–29.

25. Gentry A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forest. Pp. 103–126. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (Eds.) Biodiversity and conservation of neotropical montane.
26. Gibbs, Holly K., et al. "Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s." *Proceedings of the national academy of sciences* 107.38 (2010): 16732-16737.
27. Gifford, R.M., 1994. The Global carbon cycle: A viewpoint on the missing sink. *Aust. J. plant physiol.* 21, 1-15.
28. Hall, M. 1977. *El Volcanismo En El Ecuador*. Quito: Abya Yala.
29. Hamilton, L.S.; Juvik, J.O. & Skatena, F.N. (Eds.). 1995. *Tropical montane cloud forests*. Ecological studies vol. 110. Springer Verlag, Nueva York. 407p.
30. Hengeveld, R. 1996. Measuring Ecological Biodiversity. *Biodiversity Letters*, 58-65.
31. Hernández, L & Ortiz, J. 2005. Avances del estudio sobre dinámica de bosques a lo largo de un gradiente climático entre sierra de lema y la gran sabana. IV Congreso forestal venezolano. Universidad Nacional Experimental de Guayana, Centro de investigaciones ecológicas de Guayana.
32. Hilgard, E. 1906. *Soils, their formation, properties, compositions, and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions*. Macmillan, New York, New York, Usa.
33. Homeier, J., Breckle, S. W., Günter, S., Rollenbeck, R. T., & Leuschner, C. 2010. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42(2), 140-148.
34. Hurlbert, S. H. 1971. The Nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577- 586.
35. Instituto ecuatoriano de minería.; 1986. *Compilado del igm. Paquisha, Escala 1:100000*,
36. Jackson, M. L., 1964. *Análisis químico de suelos (traducido por J. Beltrán)*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 P.
37. Jenny, H. 1941. *Factors of soil formation*. Mcgraw-Hill, New York, New York, Usa.
38. Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423-436.
39. Jørgensen , P.M & León-Yáñez. 1999. *Catálogo de plantas vasculares del ecuador*. Missouri botanical garden. St Louis, Usa.

40. Kappelle, M. & A.D. Brown (Eds). 2001. Bosques nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia.
41. Kapos, V.; Rhind, J.; Edwards, M. & Price, M.F. 2000. Developing a map of the world's mountain forest. In: Price, M.F. & Butts, N. (Eds.). Forest in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000. Commonwealth agricultural bureau (cab) international, Wallingford.
42. Lal, R., 1997. Residue Management, Conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub> – Enrichment. Soil Till. Res. 43, 81-107.
43. Lal, R., Eckert, D. J., Fausey, N. R., Edwards, W. M., 1990. 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, Iowa, Usa, Pp. 203-225.
44. Lomascolo, T. 2007. Diagnostico socio-ambiental de la reserva nacional el nogalar de los toldos y su área de influencia. Proyecto alto bermejo, fundación Proyungas. Página 37. Argentina.
45. López, W., & Duque, Á. 2010. Patrones de diversidad alfa en tres fragmentos de bosques montanos en la región norte de los andes, Colombia. Revista de Biología Tropical, 58(1), 483-498.
46. Lozano, P. 2002. Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. Pp. 29-49 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & H. Balslev (Eds.). Botánica Autoecuatoriana. Abya Yala, Quito.
47. Lozano, P.; T. Delgado & Z. Aguirre M. 2003. Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el occidente del parque Nacional Podocarpus. Publicaciones de la fundación ecuatoriana para la investigación y desarrollo de la botánica. Loja, Ecuador. P. 1-180.
48. Lü, X.T., Yin, J.X, & Tand, J.W. 2010. Structure, tree especies diversity and composition of tropical seasonal rainforest in xishuangbanna, south-west china. Journal of Tropical Forest Science, 22(3), 260-270.
49. Madsen, J. E. 1989. Aspectos generales de la flora y vegetación del parque Nacional Podocarpus. En Boletín informativo sobre la biología, conservación y vida silvestre. PP. 59-74. Universidad Nacional De Loja, Facultad De Ciencias Veterinarias. Loja Ecuador

50. Maldonado, N. 2002. Clima y vegetación de la región sur del Ecuador. In Aguirre, Z., Madsen, J., Cotton, E., Balslev, H. (Eds.). *Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de el Oro, Loja y Zamora Chinchipe*. Ediciones Abya Yala, Quito. Ec.
51. Marcelo-Peña, J., & Reynel, C. 2014. Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia*, 65(1), 035-047.
52. Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. 2012. Manual De Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*, 5(1).
53. Maza, H; Muñoz, F. 2004. Problemas y oportunidades de los recursos naturales renovables y de la agroforestería de la Región Amazónica Ecuatoriana. UNL-PROMSA. 156p.
54. Ministerio Del Ambiente Del Ecuador (Mae). 2013. *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito, Ecuador: Ministerio del ambiente del Ecuador.
55. Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca G.A.B & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(25), 853-858.
56. Nadeau, M., & Sullivan, T. 2015. Relationship between plant biodiversity and soil fertility in a mature tropical forest, Costa Rica. Hindawi publishing corporation, [Http://Dx.Doi.Org/10.1155/2015/732946](http://Dx.Doi.Org/10.1155/2015/732946)
57. Nakane, K. 1975. Dynamics of soil organic matter in different parts on a slope under evergreen oak forest. *Japanese journal of ecology* 25:205–216. Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5:33–70.
58. Nautiyal, P. R. A. K. A. S. H., & Verma, J. Y. O. T. I. 2009. Taxonomic richness and diversity of the epilithic diatom flora of the two biogeographic regions of the Indian subcontinent. *Bulletin of the national institute of ecology*, 19, 1-4.
59. Oades, J.M., The retention of organic matter in soils, *Biogeochemistry*, 5: 33-70, 1988.
60. Ordoñez, R. 2000. Estudio dasométrico, composición florística y regeneración natural del bosque alterado de montaña en la estación científica San Francisco. Tesis previa a la obtención del título de ingeniero forestal. Unl
61. Palacios, W; Cerón, C; Valencia, R, 1999. Las formaciones naturales de la amazonia del Ecuador, pp. 119 en Sierra, R. propuesta preliminar de un sistema de clasificación de

vegetación para el Ecuador continental. Proyecto Inefan/gef y eco ciencia. Quito, Ec. Editorial Universitaria UtpI-Loja.

62. Palacios, W; Jaramillo, N. s.f. Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo (en línea). Consultado 03 sep. 2009. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev36/Pagina46-50.pdf>
63. Peet, P.K. 1974, "The measurement of species diversity," Annual review of ecology and systematics 15: 285-307.
64. Pitman, N.C.A., Terborgh, J., Silman, M.R., Nuñez, P., Neill, D.A., Cerón, C.E., Palacios, A., & Aulestia, M. 2001. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forest. Ecology, 8(82), 2101 -2117. doi: 10.1890/0012-9658(2001)082[2101:Dadots]2.0.Co;2
65. Pla L 2004 Bootstrap Confidence Intervals for the Shannon biodiversity index: A simulation study. J. Agric. Biol. Env. Stat. 9: 42–56.
66. Post, W. M., Emanuel, W. R, Sinke, P. J., Stangenberger, A. G., 1982. Soil carbon pools and world life zones. Nature, 298, 156-159.
67. Puget, P&R.Lal.2004.Soil organic carbon and nitrogen In A Mollisols In Central As Affected By Tillage And Land Used.Soil.Tillage Res. 80:201-213.
68. Puget, P & R Lal. 2005. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil Tillage Res.* 80: 201-213.
69. Quiros, K & Quesadar,R. 2010. Composición florística y estructural de un bosque primario. Escuela de Ingeniería forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica
70. R Development core team. R: A language and environment for statistical computing; R foundation for statistical computing. Vienna. 2014.
71. Rangel, J.O. 1991. Ecología de ecosistemas andinos en Colombia. Ph.D. Dissertation. Universidad De Amsterdam, Amsterdam. 392p.
72. Reiners, W. A., Bouwman, A. F., Parsons, W. F. J., & Keller, M. 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. Ecological Applications, 4(2), 363-377.
73. Rocha-Loredo, A.G., Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la depresión de Chiapas. Boletín de la sociedad botánica de México, 87, 89-103.

74. Sahu, S.C., Kumar, N., Lal, B., & Mohanty, R.C. 2012. Differences in tree species diversity and soil nutrient status in a tropical sacred forest ecosystem on niyangiri hill range, Eastern Ghats, India. *Journal of mountain science*, 9, 492-500. Doi:10.1007/S11629-012-2302-0
75. Salas-Morales, S.H., **J.A. Meave** E I. Trejo 2015. Meteorological patterns along a large elevational gradient in a seasonally dry region of southern Mexico: Implications for changes in floristic richness. *International journal of biometeorology*, 59 (12): 1861-1874. [Doi: 10.1007/S00484-015-0993-Y]
76. Sarvade, S., Gupta, B., & Singh, M. 2016. Composition, diversity and distribution of tree species in response to changing soil properties with increasing distance from water source – a case study of gobind sagar reservoir in India. *Journal of mountain science*, 13(3), 522-533. doi:10.1007/s11629-015-3493-y
77. Schlesinger, W. H. 1977. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual review of ecology and systematics* 8:51–81.
78. Schlesinger, W. H. 1997. *Biogeochemistry, an Analysis of global change*. Academic Press, San Diego, California, Usa.
79. Shannon, C. E. 1949, "The mathematical theory of communication," In Shannon, C. E. Y W. Weaver (1963), *the mathematical theory of Communication*. Urbana: University Of Illinois Press, Pp. 29-125.
80. Sierra, R (Ed). 1999. *Propuesta Preliminar De Un Sistema De Clasificación De Vegetación Para El Ecuador Continental*. Proyecto Inefan/Gefbirf Y Ecociencia. Quito, Ec.
81. Simpson, E. (1949), "Measurement Of Diversity," *Nature* 163: 688
82. Swift, R. S., 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.*, 166, 858-871.
83. Tiessen, H., E. Cuevas, & P. Chacon. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371:783– 785.
84. Tobón, C., Y Arroyave, F., 2007. Inputs by fog and horizontal precipitation to the páramo ecosystems and their contribution to the water balance. *Proceedings of the fog conference, la serena, Chile, 2007*.
85. Toledo-Aceves, T., Purata-Velarde, S., & Peters, C. M. 200). Regeneration of commercial tree species in a logged forest in the selva Maya, Mexico. *Forest ecology and management*, 258(11), 2481-2489.
86. Valarezo, C; Iñiguez, M; Guaya, P; Valarezo, L. 1998. *Condiciones físicas de los suelos de la región sur del ecuador*. Loja, Ec. 227p.

87. Valarezo, C. 2004. Gestión de la fertilidad del suelo en el trópico húmedo, en la región amazónica ecuatoriana y bajo sistemas agroforestales. Universidad Nacional De Loja. Promsa. Loja, Ec.
88. Valencia, R., Balslev, H., Paz Y Miño, G., 1994. High Tree Alpha-Diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 3, 21-28.
89. Villareal H., Alvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M., & Umaña, A. M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.
90. Wadsworth, F. 1997. Forestal production for tropical America. United States department of agriculture. (En línea). Consultado 29 Ago. 2007. Disponible en [Http://Www.Fs.Fed.Us/Research/Publications/Forest\\_Production\\_For\\_Tropical\\_América](Http://Www.Fs.Fed.Us/Research/Publications/Forest_Production_For_Tropical_América)
91. Webster, G.L. 1995. The Panorama of Neotropical cloud forests. *Biodiversity and conservation of Neotropical motatne forests* 53-77.

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Familia y Especies de Leñosas encontradas en las parcela de muestreo**

<b>Familias</b>	<b>Especies por familia</b>
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex</i> sp
BORAGINACEAE	<i>Cordia nodosa</i>
MONIMIACEAE	<i>Mollinedia</i> sp
MYRSINACEAE	<i>Parathesis adenanthera</i>
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira</i> sp
POLYGONACEAE	<i>Triplaris cumingiana</i>
SIMAROUBACEAE	<i>Picramnia</i> sp
SOLANACEAE	<i>Cuatresia cuspidata</i>
VERBENACEAE	<i>Aegiphila</i> sp
FABACEAE	<i>Dussia</i> sp
OLACACEAE	<i>Heisteria</i> sp
STERCULIACEAE	<i>Herrania</i> sp
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma</i> sp
	<i>Himatanthus bracteatus</i>
CARICACEAE	<i>Jacaratia</i> sp
MYRISTICACEAE	<i>Otoba.parvifolia</i>
	<i>Otoba</i> sp
	<i>Virola</i> sp
OCHINACEAE	<i>Ouratea</i> sp
FLACOURTIACEAE	<i>Banara guianensis</i>
ANNONACEAE	<i>Guatteria</i> sp
SAPOTACEAE	<i>Micropholis guyanensis</i>
	<i>Pouteria</i> sp
MYRTACEAE	<i>Eugenia orthostemon</i>
	<i>Eugenia</i> sp
ARALIACEAE	<i>Dendropanax</i> sp
MELIACEAE	<i>Guarea kunthiana</i>
	<i>Guarea</i> sp
	<i>Trichilia</i> .sp
VIOLACEAE	<i>Leonia crassa</i>

	<i>Leonia glycyarpa</i>
CECROPIACEAE	<i>Cecropia</i> sp
	<i>Pourouma bicolor</i>
	<i>Pourouma</i> sp
LAURACEAE	<i>Nectandra acutifolia</i>
	<i>Nectandra reticulata</i>
	<i>Nectandra</i> sp
	<i>Persea caerulea</i>
	<i>Persea</i> sp
MIMOSACEAE	<i>Inga</i> sp
MORACEAE	<i>Batocarpus orinocensis</i>
	<i>Batocarpus</i> sp
	<i>Clarisia racemosa</i>
	<i>Ficus apollinaris</i>
	<i>Ficus</i> sp
	<i>Helicostylis</i> sp
	<i>Morus insignis</i>
	<i>Poulsenia armata</i>
<i>Sorocea</i> sp	
CLUSIACEAE	<i>Chrysochlamys</i> sp
	<i>Tovomita</i> sp
	<i>Tovomita weddelliana</i>
MELASTOMATACEAE	<i>Axinaea</i> sp
	<i>Bellucia pentamera</i>
	<i>Blakea</i> sp
	<i>Graffenrieda</i> sp
	<i>Miconia caelata</i>
	<i>Miconia calvescens</i>
	<i>Miconia rivetii</i>
<i>Miconia</i> sp	
CYATHEACEAE	<i>Cyathea</i> sp
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha diversifolia</i>

	<i>Alchornea glandulosa</i>
	<i>Alchornea</i> sp
	<i>Caryodendron orinocense</i>
	<i>Caryodendron</i> sp
RUBIACEAE	<i>Bathysa</i> sp1
	<i>Bathysa</i> sp2
	<i>Coussarea</i> sp
	<i>Elaeagia karstenii</i>
	<i>Elaeagia</i> sp
	<i>Elaeagia utilis</i>
	<i>Faramea</i> sp
	<i>Hamelia patens</i>
	<i>Hippotis brevipes</i>
	<i>Joosia aequatoria</i>
	<i>Joosia</i> sp
	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>
	<i>Ladenbergia</i> sp
	<i>Palicourea guianensis</i>
	<i>Palicourea myrtifolia</i>
	<i>Palicourea</i> sp
	<i>Psychotria brachiata</i>
	<i>Psychotria</i> sp
	<i>Remijia</i> sp
<i>Sommeria sabiceoides</i>	
PIPERACEAE	<i>Pipe bogotense</i>
	<i>Pipe cuspidispicum</i>
	<i>Pipe maranyonense</i>
	<i>Piper</i> .sp
ARECACEAE	<i>Chamaedorea linearis</i>
	<i>Iriartea deltoidea</i>
	<i>Prestoea acuminata</i>
	<i>Wettinia maynensis</i>

LECYTHIDACEAE	<i>Grias peruviana</i>
	<i>Gustavia</i> sp

**Anexo 2: Familia y Especies de Herbáceas encontradas en las parcela de muestreo**

Familias	Especies				
<b>ARACEAE</b>	<i>Anthurium</i> sp	<i>Caladium</i> sp	<i>Philodendron</i> sp	<i>Rhodospat</i> <i>ha latifolia</i>	<i>Xanthoso</i> <i>maatrovirens</i>
<b>BIGNONACEAE</b>	<i>Arrabidaea</i> sp				
<b>COSTACEAE</b>	<i>Costusscaber</i>				
<b>CYCLANTHACEAE</b>	<i>Asplundiasp</i>				
<b>DENNSTAEDTIAC EAE</b>	<i>Dennstae</i> <i>dtiabipinnata</i>				
<b>DIOSCOREACEAE</b>	<i>Dioscorea</i> sp				
<b>DRYOPTERIDACE AE</b>	<i>Diplazium</i> <i>macrophyllum</i>	<i>Diplazium</i> sp	<i>Polybotrya</i> sp	<i>Tectaria</i> <i>incisa</i>	
<b>EUPHORBIACEAE</b>	<i>Plukenetia</i> sp				
<b>GESNERIACEAE</b>	<i>Gasteranthus</i> sp				
<b>HELICONIACEAE</b>	<i>Heliconia</i> sp				
<b>LOMARIOPSIDAC EAE</b>	<i>Bolbitis lindigii</i>				
<b>MARATTIACEAE</b>	<i>Danaea</i> <i>elliptica</i>	<i>Danae</i> <i>eamoritzia</i> <i>na</i>	<i>Danaea</i> <i>nodosa</i>		
<b>MENDONIACEAE</b>	<i>Mendoncia</i> <i>glabra</i>				
<b>MENISPERMACEA E</b>	<i>Chondo</i> <i>dendronsp</i>				
<b>MORACEAE</b>	<i>Ficus pertusa</i>				
<b>PTERIDACEAE</b>	<i>Adiantum</i> <i>macrophyllum</i>	<i>Adiantum</i> <i>pulverulent</i> <i>um</i>	<i>Pteris</i> sp		

### Anexo 3: Familia y Especies de Herbáceas encontradas en las parcela de muestreo

Especies	Número de individuos
<i>Grias peruviana</i>	295
<i>Iriartea deltoidea</i>	173
<i>Piper cuspidispicum</i>	70
<i>Cyathea</i> sp	43
<i>Prestoea acuminata</i>	39
<i>Piper</i> sp	35
<i>Wettinia maynensis</i>	25
<i>Chrysochlamys</i> sp	24
<i>Alchornea</i> sp	23
<i>Inga</i> sp	21
<i>Cecropia</i> sp	17
<i>Caryodendron</i> sp	16
<i>Miconia</i> sp	16
<i>Psychotria</i> sp	16
<i>Remijia</i> sp	13
<i>Dendropanax</i> sp	12
<i>Caryodendron orinocense</i>	10
<i>Eugenia</i> sp	10
<i>Guatteria</i> sp	10
<i>Leonia glycyarpa</i>	10
<i>Palicourea guianensis</i>	10
<i>Nectandra acutifolia</i>	9
<i>Piper maranyonense</i>	9
<i>Ficus</i> sp	8
<i>Graffenrieda</i> sp	8
<i>Guarea</i> sp	8
<i>Leonia crassa</i>	8
<i>Banara guianensis</i>	7
<i>Pouteria</i> sp	7
<i>Elaeagia</i> sp	6

<i>Faramea</i> sp	6
<i>Alchornea glandulosa</i>	5
<i>Chamaedorea linearis</i>	5
<i>Ouratea</i> sp	5
<i>Jacaratia</i> sp	4
<i>Nectandra</i> sp	4
<i>Palicourea</i> sp	4
<i>Batocarpus</i> sp	3
<i>Bellucia pentamera</i>	3
<i>Elaeagia karstenii</i>	3
<i>Elaeagia utilis</i>	3
<i>Helicostylis</i> sp	3
<i>Micropholis guyanensis</i>	3
<i>Persea</i> sp	3
<i>Piper bogotense</i>	3
<i>Sin identificar</i>	3
<i>Sorocea</i> sp	3
<i>Trichilia</i> sp	3
<i>Virola</i> sp	3
<i>Acalypha diversifolia</i>	2
<i>Aspidosperma</i> sp	2
<i>Clarisia racemosa</i>	2
<i>Dussia</i> sp	2
<i>Gustavia</i> sp	2
<i>Hamelia patens</i>	2
<i>Heisteria</i> sp	2
<i>Herrania</i> sp	2
<i>Himatanthus bracteatus</i>	2
<i>Hippotis brevipes</i>	2
<i>Ladenbergia</i> sp	2
<i>Miconia caelata</i>	2
<i>Miconia rivetii</i>	2
<i>Poulsenia armata</i>	2

<i>Psychotria brachiata</i>	2
<i>Sommeria sabiceoides</i>	2
<i>Aegiphila</i> sp	1
<i>Axinaea</i> sp	1
<i>Bathysa</i> sp1	1
<i>Bathysa</i> sp2	1
<i>Batocarpus orinocensis</i>	1
<i>Blakea</i> sp	1
<i>Cordia nodosa</i>	1
<i>Coussarea</i> sp	1
<i>Cuatresia cuspidata</i>	1
<i>Eugenia orthostemon</i>	1
<i>Ficus apollinaris</i>	1
<i>Guapira</i> sp	1
<i>Guarea kunthiana</i>	1
<i>Ilex</i> sp	1
<i>Joosia aequatoria</i>	1
<i>Joosia</i> sp	1
<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	1
<i>Miconia calvescens</i>	1
<i>Mollinedia</i> sp	1
<i>Morus insignis</i>	1
<i>Nectandra reticulata</i>	1
<i>Otoba parvifolia</i>	1
<i>Otoba</i> sp	1
<i>Palicourea myrtifolia</i>	1
<i>Parathesis adenanthera</i>	1
<i>Persea caerulea</i>	1
<i>Picramnia</i> sp	1
<i>Pourouma bicolor</i>	1
<i>Pourouma</i> sp	1
<i>Tovomita</i> sp	1
<i>Tovomita weddelliana</i>	1

<i>Triplaris cumingiana</i>	1
<b>Total general</b>	<b>1091</b>

Anexo 4: Abundancia Especies de Herbáceas encontradas en las parcela de muestreo

<b>Especies</b>	<b>Número de especies</b>
<i>Bolbitis lindigii</i>	53
<i>Asplundia</i> sp	44
<i>Rhodospatha latifolia</i>	34
<i>Pteris</i> sp	26
<i>Gasteranthus</i> sp	22
<i>Polybotrya</i> sp	22
<i>Danaea moritziana</i>	17
<i>Diplazium</i> sp	15
<i>Heliconia</i> sp	13
<i>Costus scaber</i>	12
<i>Plukenetia</i> sp	9
<i>Philodendron</i> sp	8
<i>Adiantum pulverulentum</i>	6
<i>Chondodendron</i> sp	6
<i>Danaea nodosa</i>	6
<i>Anthurium</i> sp	5
<i>Dennstaedtia bipinnata</i>	5
<i>Caladium</i> sp	4
<i>Xanthosoma atrovirens</i>	4
<i>Adiantum macrophyllum</i>	2
<i>Danaea elliptica</i>	2
<i>Arrabidaea</i> sp	1
<i>Dioscorea</i> sp	1
<i>Diplazium macrophyllum</i>	1
<i>Ficus pertusa</i>	1
<i>Mendoncia glabra</i>	1
<i>Tectaria incisa</i>	1
<b>Total general</b>	<b>321</b>