



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN MANEJO Y APROVECHAMIENTO**  
**FORESTAL**

Proyecto de investigación y desarrollo  
previa la obtención del Grado Académico  
de Magíster en Manejo y  
Aprovechamiento Forestal.

**TEMA**

DIVERSIDAD FLORÍSTICA, CONCENTRACIÓN DE BIOMASA  
AÉREA Y CARBONO (C) EN UN BOSQUE SIEMPRE VERDE  
TIERRAS BAJAS DE 300 A 400 msnm., EN LA AMAZONÍA  
ECUATORIANA.

**AUTOR**

ING. FOR. LUIS AMABLE ESTRELLA CAICEDO

**DIRECTOR**

ING. BOLIER TORRES NAVARRETE, Msc

**QUEVEDO – ECUADOR**

2016





**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN MANEJO Y APROVECHAMIENTO**  
**FORESTAL**

Proyecto de investigación y desarrollo  
previa la obtención del Grado Académico  
de Magíster en Manejo y  
Aprovechamiento Forestal.

**TEMA**

DIVERSIDAD FLORÍSTICA, CONCENTRACIÓN DE BIOMASA  
AÉREA Y CARBONO (C) EN UN BOSQUE SIEMPRE VERDE  
TIERRAS BAJAS DE 300 A 400 msnm., EN LA AMAZONÍA  
ECUATORIANA.

**AUTOR**

ING. FOR. LUIS AMABLE ESTRELLA CAICEDO

**DIRECTOR**

ING. BOLIER TORRES NAVARRETE, Msc

**QUEVEDO – ECUADOR**

2016

## CERTIFICACIÓN

El Ing. Bolier Torres Navarrete, Msc, en calidad Director del Proyecto de investigación, previa la obtención del Grado Académico de Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal.

### CERTIFICA:

Que el Ing. **Luis Amable Estrella Caicedo** autor de la investigación titulada: Análisis de la diversidad florística, concentración de biomasa aérea y carbono (c) en un bosque siempre verde tierras bajas de 300 a 400 msnm., en la Amazonía Ecuatoriana, ha sido revisada en todos sus componentes, por lo que autoriza su presentación para ser sometido a evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

---

Ing. Bolier Torres Navarrete, Msc

## **AUTORÍA**

La investigación, Análisis e interpretación de resultados, Conclusiones y Recomendaciones, presentadas en esta Tesis de Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal, son de exclusiva responsabilidad del Autor.

---

Ing. Luis Amable Estrella Caicedo

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me ha dado lo necesario para poder ser una persona capaz.

A mis madre, Mercedes de Lourdes Caicedo Moreira, por ser un ejemplo y modelo a seguir y por su apoyo incondicional.

A mí esposa, Jessenia Marlene Pineda Mosquera, por ser la persona que le ha dado sentido y estabilidad a mi vida, y por su constante apoyo brindado en buenos y malos momentos.

A, mis hijos: Doménica Solange Estrella Pineda y Luis Jahel Estrella Pineda, motivos de mi superación constante en la vida.

---

Ing. Luis Amable Estrella Caicedo

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por dar la oportunidad de formar profesionales y brindar apoyo para que se efectuasen investigaciones que contribuyan a soluciones de problemas que se presentan en la sociedad.

A los docentes de la UTEQ, Ing. Bolier Torres M.Sc Director de mi proyecto de investigación, por haber compartido no solamente sus principios como docentes y profesionales, sino también la de compañero y amigo que de una otra manera fue el nexo positivo para que se realice esta investigación.

A las autoridades e investigadores de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), quienes me apoyaron para poder realizar esta tesis en el marco de sus proyectos de investigaciones realizados a través de convenios internacionales, también por la asesoría recibida durante toda la fase de investigación.

Al equipo técnico campo y oficina, quienes fueron una parte muy esencial para la realización de esta investigación debido a valioso aporte y conocimiento sobre el tema.

A mis familiares y amigos, personas que motivaron el desarrollo de esta investigación.

---

Ing. Luis Amable Estrella Caicedo

## PRÓLOGO

El contenido de esta investigación, con el tema, “Análisis de la diversidad florística concentración de biomasa aérea y carbono (c) en un bosque siempre verde tierras bajas de 300 a 400 msnm., en la Amazonía ecuatoriana”, expone de general el desarrollo del trabajo investigativo, donde el primer capítulo, describe el marco contextual de la investigación, localizada en la provincia de Napo, centrando el problema en el desconocimiento de la cantidad de carbono que se almacena en el bosque y la relación de la diversidad florística sobre este almacenamiento.

El autor desarrolla el marco teórico de la investigación, seguido de la fundamentación conceptual enmarcada en los aspectos generales de carbono, biomasa y diversidad vegetal; y la fundamentación teórica basada en la recopilación de las citas bibliográficas de autores que contribuyen evaluar la dinámica del bosque y la interrelación entre sus componentes

Basado en este contexto, el trabajo se traduce en los resultados esperados de la investigación, habiendo identificado y cuantificado las 10 familias más importantes que contribuyen en la concentración de biomasa y carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm, la diversidad florística y sus efecto en la concentración de carbono en una determinada cobertura vegetal.

Atentamente,

---

Ing. Jessenia Marlene Pineda Mosquera

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad florística, biomasa aérea y el almacenamiento de Carbono (C) en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm ubicado en la provincia de Napo en la Amazonia Ecuatoriana, para lo cual se implementaron 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m<sup>2</sup>. Los resultados muestran un promedio de concentración de 249,7 Mega gramos de Carbono por hectárea (Mg/ha) para este tipo de bosques en esta zona. Con un índice de diversidad alta de acuerdo al índice de Shannon de 3,711 y un índice de Simpson de 0,93. Las diez familias botánicas que más contribuyen al almacenamiento de carbono resultaron: Myristicaceae, Arecaceae, Lauraceae, Moreceae, Malvaceae, Melatomataceae, Lecythidaceae, Combretaceae, Urticaceae, Fabacea en orden de importancia descendente, mientras que las diez especies que más secuestran carbono resultaron: *Iriartea deltoidea*, *Ocotea* sp., *Tessmannianthus* sp., *Grias neuberthii*, *Terminalia* sp., *Otoba glydicarpa*, *Virola duckei*, *Apeiba membranaceae* y *Ruizodendron ovale*. El documento finaliza con una recomendación a los tomadores de decisiones considerar estos resultados en los futuros proyectos de reforestación con fines comerciales, de mitigación al cambio climático o de conservación de especies.

**Palabras claves:** *Diversidad florística, almacenamiento de carbono, bosque siempre verde, Amazonia Ecuatoriana.*

## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the floristic diversity, aboveground biomass and carbon sequestration (C) in an evergreen forest lowland 300-400 meters above sea level located in the province of Napo, where 20 temporary plots of 625 m<sup>2</sup> were implemented. The results show an average concentration of 249.7 Mega grams of Carbon per hectare (Mg/ha) in this type of forests in this area. The outcomes also display a high diversity index according to Shannon index of 3,711 and Simpson index of 0.93. The ten botanical families that contribute most to carbon storage were: Myristicaceae, Arecaceae, Lauraceae, Moreceae, Malvaceae, Melatomataceae, Lecythydaceae, Combretaceae, Urticaceae, Fabacea in descending order of importance, while the ten species most sequester Carbon were: *Iriartea deltoide*, *Ocotea* sp., *Tessmannianthus* sp., *Grias neuberthii*, *Terminalia* sp., *Otoba glyxicarpa*, *Virola duckei*, *Apeiba membranaceae* and *Ruizodendron ovale*. The paper concludes with a recommendation to decision makers consider these results in future reforestation projects with commercial, climate change mitigation or conservation of species purposes.

**Keywords:** *Floristic diversity, carbon storage, evergreen forest, Ecuadorian Amazon.*

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| PORTADA.....  | i    |
| HOJA EN BLANCO.....                                       | ii   |
| UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.....               | iii  |
| CERTIFICACIÓN.....  | iv   |
| AUTORÍA.....  | v    |
| DEDICATORIA.....  | vi   |
| AGRADECIMIENTO.....                                       | vii  |
| PRÓLOGO.....  | viii |
| RESUMEN.....  | ix   |
| ABSTRACT.....   | x    |
| ÍNDICE.....   | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                     | xiii |
| ÍNDICE DE CUADROS.....                                    | xiv  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                    | xv   |
| INTRODUCCIÓN.....   | xvi  |
| CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....     | 1    |
| 1.1 Ubicación y contextualización de la problemática..... | 2    |
| 1.2 Situación actual de la problemática.....              | 4    |
| 1.3 Problema de investigación.....                        | 5    |
| 1.3.1 Problema general.....                               | 5    |
| 1.3.2 Problemas derivados.....                            | 5    |
| 1.4 Objetivos.....  | 6    |
| 1.4.1 Objetivo general.....                               | 6    |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                          | 6    |
| 1.4.3 Descripción de la investigación.....                | 6    |
| 1.5 Justificación.....                                    | 6    |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....       | 8    |
| 2.1 Fundamentación conceptual.....                        | 9    |
| 2.1.1 Bosque.....   | 9    |
| 2.1.2 Vegetación.....                                     | 9    |
| 2.1.3 Composición florística.....                         | 9    |
| 2.1.4 Estructura del bosque.....                          | 10   |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 2.1.5  | Estructura horizontal .....  | 10 |
| 2.1.6  | Biomasa aérea .....  | 10 |
| 2.2  | Fundamentación Teórica.....  | 11 |
| 2.2.1  | Importancia de la estructura de árboles en un bosque .....   | 11 |
| 2.2.2  | Importancia de la diversidad florística.....   | 12 |
| 2.2.3  | Relación diversidad florística y carbono.....  | 12 |
| 2.2.4  | Métodos de estimación del carbono en la biomasa aérea .....  | 13 |
| 2.2.5  | Valores del Índice de Diversidad de Shannon .....  | 13 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....             |  | 15 |
| 3.1  | Tipo de investigación .....  | 16 |
| 3.2  | Método de investigación .....  | 16 |
| 3.3  | Población y muestra .....  | 20 |
| 3.3.1  | Población.....   | 20 |
| 3.3.2  | Muestra .....  | 20 |
| 3.4  | Fuentes de recopilación de la información .....  | 20 |
| 3.5  | Instrumento de la investigación .....  | 21 |
| 3.6  | Procesamiento y análisis .....   | 21 |
| CAPITULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ..... |  | 22 |
| 4.1  | Efecto de la diversidad florística sobre almacenamiento de carbono .....   | 23 |
| 4.1.1  | Diversidad florística a nivel de familia agrupada por especies y su<br>relación sobre la biomasa y almacenamiento de carbono ..... | 23 |
| 4.2  | Biomasa aérea y almacenamiento de Carbono (C) .....  | 28 |
| 4.2.1  | Cálculo de la biomasa y almacenamiento de carbono .....  | 28 |
| 4.2.2  | Especies forestales de mayor importancia relativa para almacenamiento<br>de carbono y concentración de biomasa aérea.....          | 29 |
| 4.3.   | Diversidad Florística.....   | 31 |
| 4.3.1  | Análisis del índice de diversidad .....  | 31 |
| 4.3.2  | Estructura diamétrica del bosque .....   | 35 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....               |  | 36 |
| 5.1.   | Conclusiones .....   | 37 |
| 5.2.   | Recomendaciones .....  | 39 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                               |  | 40 |
| ANEXOS .....   |  | 43 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Coordenadas de ubicación de 20 parcelas establecidas, en la Provincia de Napo.....   | 3  |
| <b>Tabla 2.</b> Diez familias botánicas más importantes y especies más representativas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. ....  | 24 |
| <b>Tabla 3.</b> Frecuencia en diez familias botánicas importantes y su relación con el almacenamiento de Carbono, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. ....  | 26 |
| <b>Tabla 4.</b> Promedios de Biomasa, Carbono y número de individuos por hectárea, determinados con una muestra de 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m <sup>2</sup> , Provincia de Napo. ....  | 28 |
| <b>Tabla 5.</b> Especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C) determinados con una muestra de 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m <sup>2</sup> , en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. .... | 29 |
| <b>Tabla 6.</b> Cálculo de los índices de diversidad de Shannon y Simpson a nivel de género y especie en 20 parcelas temporales de muestreo, Provincia de Napo. ....   | 32 |
| <b>Tabla 7.</b> Distribución por intervalo de clase diamétrica de individuos y área basal calculados por hectárea en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. ....  | 35 |

## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Índice de Shannon resultantes de las 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> (12.500 m<sup>2</sup>) en un bosque siempre verde de zonas bajas en la provincia de Napo ..... 34
- Cuadro 2.** Índice de Simpson resultantes de las 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> (12.500 m<sup>2</sup>) en un bosque siempre verde de zonas bajas en la provincia de Napo ..... 34

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1.</b> | Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio: Ubicación geográfica de Ecuador y la provincia de Napo Ecuador.....   | 2  |
| <b>Figura 2.</b> | Mapa de la zona de estudio, Bosque siempre verde de tierras bajas en la Provincia de Napo Ecuador. ....   | 4  |
| <b>Figura 3.</b> | Porcentaje de frecuencia en las diez primeras Familias Botánicas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.....                        | 27 |
| <b>Figura 4.</b> | Porcentaje de almacenamiento de Carbono de las diez familias más representativas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. ....       | 27 |
| <b>Figura 5.</b> | Veinte especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C), en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo. ....       | 30 |
| <b>Figura 6.</b> | Número de individuos presentes de las veinte especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C) determinados con una muestra de 20 parcelas temporales. .... | 31 |
| <b>Figura 7.</b> | Distribución de individuos por hectárea por clase diamétrica, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.....                            | 35 |

## INTRODUCCIÓN

La vegetación forestal secuestra carbono (C) y consecuentemente CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis y lo almacena en la biomasa aérea, biomasa de raíces y en los suelos Dixon *et al.*, (1991). Por aquello es interesante realizar investigaciones en los diferentes tipos de bosques existentes en el mundo con el objeto de conocer el potencial de cada uno de ellos en lo referente al secuestro de carbono y con ello a la mitigación del cambio climático.

Sin embargo, hoy en día los stocks de carbono en cobertura vegetal están bajando debido a los procesos de deforestación y degradación forestal. En adición a esto, el secuestro de carbono por los bosques también está siendo afectado por los cambios ambientales globales, por lo cual es necesario ir evaluando estos cambios a nivel de ecosistemas.

En el Ecuador existen más de 16 mil especies agrupadas en 273 familias de plantas vasculares Jørgensen & León (1999), 1.200 especies de helechos y 3.251 de orquídeas. A nivel de diversidad vegetal, es necesario realizar estudios que relacionen el contenido de biomasa, carbono y la diversidad florística, para sugerir a los tomadores de decisiones nuevas formas de manejar los bosques con incentivos para la conservación como productos de los servicios ecosistémicos que el bosque provee.

En los últimos años se han desarrollado metodologías a través del uso de ecuaciones alométricas para determinar biomasa y carbono. En este contexto, el presente proyecto de investigación estudió la relación de la diversidad florística sobre el secuestro y almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas en la Provincia de Napo, Ecuador, con el sentido de contribuir con información local al debate de la importancia de mantener los diferentes tipos de bosques y vegetaciones sobre la mitigación y adaptación al cambio climático.

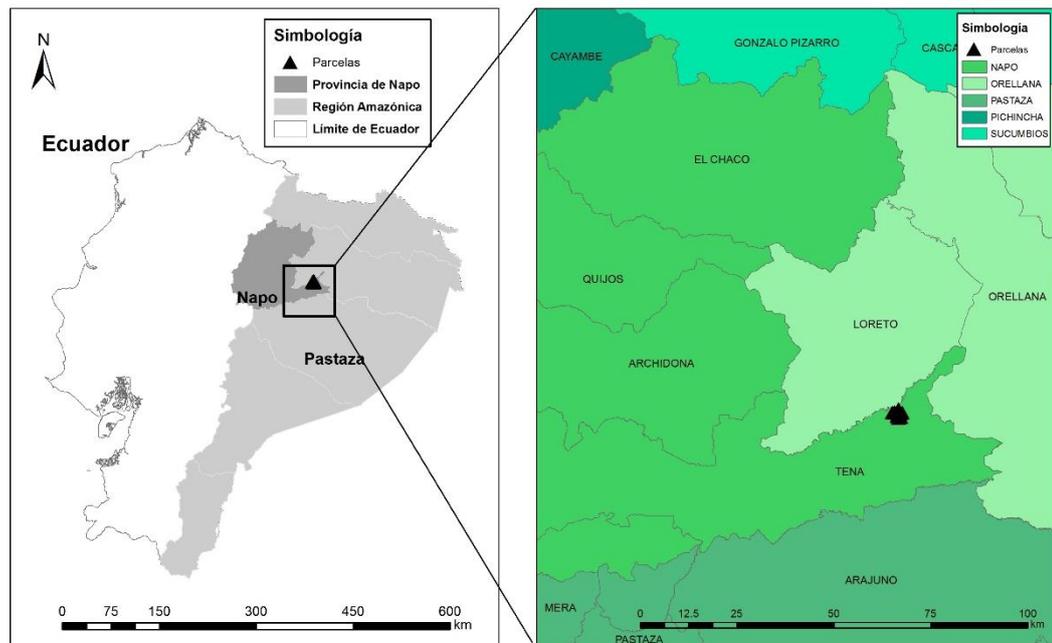
## **CAPÍTULO I**

### **MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Ubicación y contextualización de la problemática

La investigación se la realizó en Ecuador, en la Provincia de Napo, zona baja de la Reserva de Biosfera Sumaco. Los datos forestales fueron colectados en varios sitios de la Provincia de Napo (Figura 1). La Figura 2 presenta el sitio específico donde se efectuó el estudio, que corresponde a la clasificación siempre verde de tierras bajas de la Amazonia Ecuatoriana (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015)

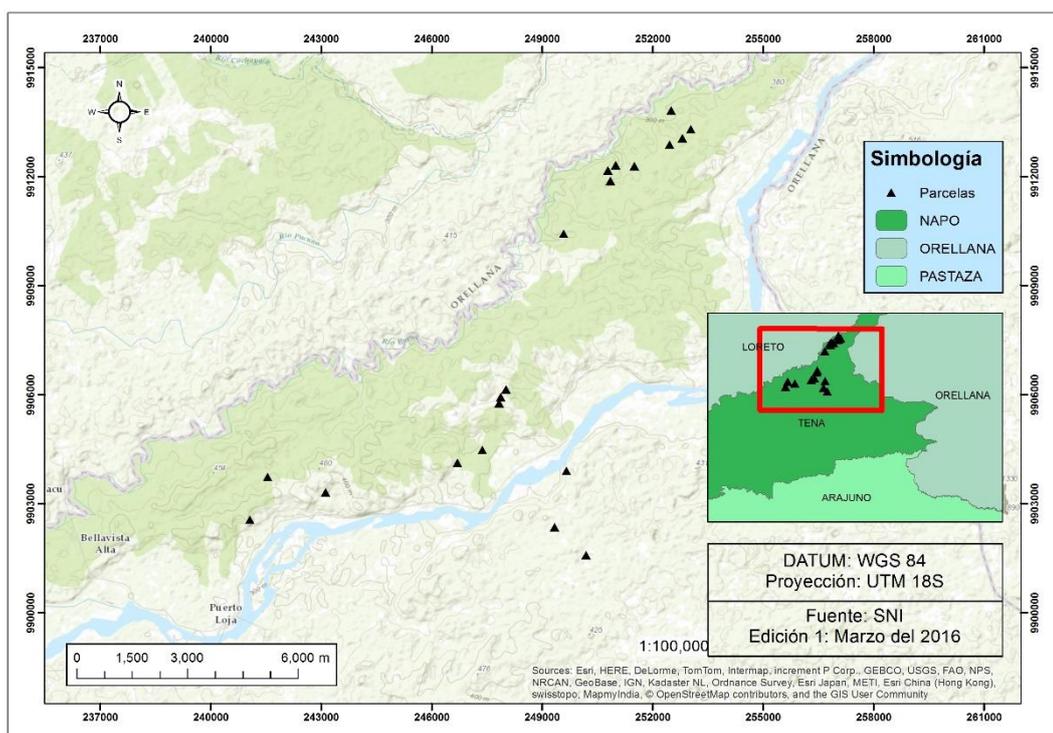
Se trabajó en bosques de 300 a 400 m.s.n.m., los inventarios se realizaron en 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> cada uno.



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio: Ubicación geográfica de Ecuador y la provincia de Napo Ecuador.

**Tabla 1.** Coordenadas de ubicación de 20 parcelas establecidas, en la Provincia de Napo.

| <b>ID</b> | <b>Latitude</b> | <b>y_proj</b> | <b>Elevación<br/>Medida en<br/>ArcMAP</b> |
|-----------|-----------------|---------------|---|
| 010E      | -0,8635601      | 9.904.346,62  | 322                                       |
| 011E      | -0,8897223      | 9.901.445,86  | 390                                       |
| 012E      | -0,882709       | 9.902.223,57  | 386                                       |
| 013E      | -0,8686727      | 9.903.778,04  | 359                                       |
| 015E      | -0,8484746      | 9.906.016,96  | 360                                       |
| 016E      | -0,8667522      | 9.903.993,71  | 313                                       |
| 017E      | -0,8518589      | 9.905.642,27  | 371                                       |
| 018E      | -0,8741992      | 9.903.172,37  | 347                                       |
| 019E      | -0,8503313      | 9.905.811,43  | 385                                       |
| 020E      | -0,8702576      | 9.903.610,50  | 396                                       |
| 021E      | -0,8808422      | 9.902.438,63  | 313                                       |
| 022E      | -0,7939757      | 9.912.051,13  | 324                                       |
| 023E      | -0,7926938      | 9.912.192,94  | 334                                       |
| 024E      | -0,7966214      | 9.911.758,00  | 335                                       |
| 025E      | -0,7875634      | 9.912.759,91  | 343                                       |
| 026E      | -0,7790452      | 9.913.703,44  | 331                                       |
| 027E      | -0,8098121      | 9.910.298,04  | 338                                       |
| 028E      | -0,7933597      | 9.912.118,71  | 341                                       |
| 029E      | -0,7859862      | 9.912.934,30  | 348                                       |
| 030E      | -0,7838436      | 9.913.171,43  | 349                                       |



**Figura 2.** Mapa de la zona de estudio, Bosque siempre verde de tierras bajas en la Provincia de Napo Ecuador.

## 1.2 Situación actual de la problemática

La región amazónica del Ecuador corresponde a la composición florística de la Amazonía noroccidental si la vemos a nivel de la Pan Amazonía y gran parte de ella corresponde a uno de los mayores centros de diversidad biológica de los bosques húmedos tropicales definida como la región Napo (Gentry, 1998; Valencia, Balslev, & Paz y Miño, 1994)

La región del Napo y sus bosques ha sido un lugar de invasiones y recolonizaciones constantes de especies coincidentes con los patrones de oscilaciones en temperatura y humedad. Estas fluctuaciones climáticas probablemente resultaron en condiciones favorables para procesos de especiación.

Esta diversidad resulta en más de 4.800 especies de plantas vasculares, equivalente al 32% de la riqueza total de especies descritas para el Ecuador (Jørgensen & León, 1999; Alvear, Urrea, Huaiquilao, Astorga, & Reyes, 2007)

Ante esta realidad se ha visto la necesidad de iniciar un proceso para conservar y estudiar la composición florística sobre la concentración de biomasa aérea y carbono (C) en un bosque siempre verde tierras bajas de 300 a 400 msnm., en la Amazonía Ecuatoriana con finalidad de determinar cuáles son las especies más representativas para la biomasa y el almacenamiento de carbono de la zona en estudio.

### **1.3 Problema de investigación**

#### **1.3.1 Problema general**

La pregunta responder con la investigación es ¿Cuál es la relación entre la diversidad florística sobre la biomasa y el almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas en los pisos altitudinales 300 a 400 msnm., de la Amazonía Ecuatoriana?

#### **1.3.2 Problemas derivados**

- ¿Cuáles son los efectos de la diversidad florística sobre la biomasa y el almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas en los pisos altitudinales 300 a 400 msnm., de la Amazonía Ecuatoriana?
- ¿Cuál es la estructura, del bosque siempre verde de tierras bajas en los pisos altitudinales 300 a 400 msnm?
- ¿Cuáles son las especies más representativas en el bosque primario, en los pisos altitudinales 300 a 400 msnm?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Evaluar la diversidad florística biomasa y el almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm., en el cantón Tena, Napo, Ecuador.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la diversidad florística sobre la biomasa y el almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm.
- Identificar las especies más representativas para la biomasa y el almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm.
- Determinar el índice de diversidad *Shannon* y *Simpson* en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm.

### **1.4.3 Descripción de la investigación**

**Campo:** Ciencias forestales

**Área:** Ecológica

**Aspecto:** Composición florística y estructural de bosque primario  
Mediante instalación de unidades de muestreo temporales.

**Sector:** Forestal

## **1.5 Justificación**

Este estudio propone una metodología muy rigurosa tanto en el proceso de toma de datos, como en la fase de análisis de la composición y estructura florística del bosque siempre de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo con el objeto de conocer la realidad del bosque en esta zona.

Particularmente, este proyecto se justifica por el potencial de información y conocimiento científico que se va a desarrollar sobre la estructura, composición y reservas de biomasa en bosques naturales siempre verde de tierras bajas en la Provincia \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Napo

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Fundamentación conceptual**

### **2.1.1 Bosque**

El bosque puede definirse de una forma simple en función de los árboles que lo componen y que son los que le dan a la comunidad su fisionomía característica; también se puede definir tomando en consideración las interrelaciones obvias que existen entre los demás organismos y los árboles predominantes del bosque. Una definición general es la que considera al bosque como “tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ* FAO (2014).

### **2.1.2 Vegetación**

La vegetación es el conjunto de plantas salvajes o cultivadas que nacen espontáneamente en un lugar y se compone de árboles, arbustos, matorrales y las hierbas. La vegetación está integrada por grupos de plantas individualizados por su tamaño y por su fisionomía. Los tres tipos básicos de vegetación son: bosque, matorral y prado. La distribución de la vegetación sobre el planeta depende de los factores climáticos y de los suelos, ya que la vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de especies que habitan en un espacio continuo y es el reflejo del clima, la naturaleza del suelo, disponibilidad de agua y de los nutrientes, así como, los factores antropogénicos y bióticos González & Narváez (2005).

### **2.1.3 Composición florística**

La composición florística se refiere a la cantidad de árboles que existen por especie en un área determinada, se debe además conocer de qué familia proceden y cuantos individuos hay por cada especie. La composición florística de un bosque está determinado por factores ambientales, la dinámica del bosque y la ecología de sus especies. La composición florística de un bosque se enfoca como

la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza y representatividad González & Narváez (2005).

#### **2.1.4 Estructura del bosque**

Es la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal o una asociación de plantas. Trata sobre la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión. Por tanto, habitualmente son las distribuciones de frecuencia de los atributos de los árboles las herramientas empleadas para describir la estructura del bosque. Dicha estructura viene determinada no solo por la distribución más o menos regular de los árboles en el terreno, sino sobre todo, por la mezcla espacial de las distintas especies y el grado de mezcla de árboles con diferentes dimensiones Gadow *et al.* (2007)

#### **2.1.5 Estructura horizontal**

Es la forma en la que se encuentran distribuidos y asociados las diferentes especies e individuos que forman un bosque. Para el análisis de comunidades sucesionales en lo referente a la estructura horizontal de los bosques, se consideran parámetros como abundancia, frecuencia, dominancia y el Índice de Valor de Importancia (IVI). Aunque los valores de estos parámetros sean absolutos o relativos, ofrecen una idea aislada y parcial sobre la estructura del bosque Marcelo *et al.* (2007)

#### **2.1.6 Biomasa aérea**

Según Brown (1997) las estimaciones de biomasa a nivel regional, nacional o mundial no deberían basarse en pocas parcelas de medición directa porque las muestras a esta escala no son representativas. En estas situaciones proponen utilizar la información de inventarios forestales los que logran suficiente cobertura de superficie para representar la población de interés. A partir de datos de inventarios forestales, se tienen dos diferentes métodos de cálculo de estimación

de biomasa: el primero basado en ecuaciones matemáticas y el segundo en factores de expansión.

### **2.1.7. Carbono aéreo**

La acumulación de carbono es influenciada principalmente por factores físicos, edáficos y por patrones de disturbio que afectan la estructura comunitaria y las reservas de biomasa y carbono en los bosques tropicales. La variación de la estructura y de los patrones de distribución de biomasa en los bosques tropicales se asocian principalmente con gradientes latitudinales y altitudinales que se relacionan con las diferencias climáticas, con las características físicas y químicas de los suelos, las condiciones topográficas y con las condiciones de humedad del suelo Alves *et al.*, (2010), citado por Vásquez & Arellano (2012).

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques tropicales Brown (1997).

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **2.2.1 Importancia de la estructura de árboles en un bosque**

La estructura del bosque es de gran importancia en la comprensión de la dinámica las especies presentes en un bosque. Herrera (2008) en un estudio realizado en el bosque del cantón Puyo, provincia de Pastaza analizó los componentes del bosque a través de la instalación de nueve unidades muestrales en un área de 40.3 ha y categorizó al bosque en 2 tipos: Perturbados y Poco Perturbado. Además, se determinó el IVI y los valores de diversidad. En este bosque se identificaron 1358 individuos entre árboles, arbustos y palmas de los cuales se registraron 82 especies, de estas, 15 especies son las más representativas por la cantidad de individuos que presentan (>64% de la población).

La similitud florística, según el coeficiente de Jaccard, fue de 59.72 % entre los dos tipos de bosque. De acuerdo con el valor calculado de la prueba de t ( $t=3.752$ ,  $gl=1717$ ), los bosques son diferentes ( $p<0.01$ ). Estos datos indican que el bosque se encuentra en un proceso de cambio, que la cubierta vegetal que lo conforma pertenece a un bosque de tipo secundario Herrera (2008). Estos datos son de mucha utilidad para planificar el manejo del bosque.

### **2.2.2 Importancia de la diversidad florística**

La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal, Schulze, *et al.*, (2000). Una estimación de la cantidad de carbono en un bosque requiere que inicialmente se estime el peso seco de la biomasa. El método destructivo en conjunto con el desarrollo de ecuaciones alométricas locales es el más preciso para estimar la biomasa aérea (Návar *et al* 2004).

La diversidad y la composición florística son atributos de las comunidades que permiten su comprensión y comparación. El concepto de diversidad tiene dos componentes principales: la riqueza de especies McIntosh (1967) y la equitatividad Lloyd & Ghelardi (1964). El primero se refiere al número de especies en una comunidad y el segundo a las proporciones relativas de cada especie, teniendo en cuenta que puede haber especies dominantes y especies raras en una comunidad (Krebs, 1999). Por su parte, la composición florística se entiende como la enumeración de las especies de plantas presentes en un lugar, usualmente teniendo en cuenta su densidad, su distribución y su biomasa.

### **2.2.3 Relación diversidad florística y carbono**

Los bosques contribuyen a la provisión de bienes y servicios ambientales, tales como la conservación de diversidad biológica, captura de carbono y a la regulación del ciclo hidrológico y el clima Rey Benayas *et al.*, (2009), Seppelt *et al.*, (2011). A pesar de esta importancia, los bosques del mundo se encuentran

altamente fragmentados o degradados en su composición, estructura y funcionamiento (Price et al 2011).

#### **2.2.4 Métodos de estimación del carbono en la biomasa aérea**

La biomasa sobre el suelo en los componentes vegetales, tanto arbóreos como arbustivos, se calcula mediante el uso de métodos directos destructivos o indirectos no destructivos Salas & Infante (2006). Los métodos directos son de alto costo y demorados pero son de fundamental importancia para calibrar ecuaciones alométricas utilizadas por los métodos indirectos Watzlawick (2001). El método directo consiste en medir variables básicas de un árbol: el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, diámetro de copa y longitud de copa. Posteriormente se tala el árbol y se calcula la biomasa, pesando cada uno de sus componentes: fuste, ramas, hojas y raíces González (2009).

El método indirecto se utiliza cuando se tienen datos dasométricos como el (DAP), la altura total y la densidad (o la gravedad específica) de la madera. Esto permite calcular el carbono almacenado en la biomasa total de cada árbol, basado en ecuaciones alométricas previamente derivadas. Existen ecuaciones alométricas generales a nivel de biomas tropicales, así como ecuaciones más específicas por grupo ecológico e inclusive para especies particulares Navár (2009), Chave *et al.* (2005), Brown *et al.* (1997). El método indirecto es 13 aplicado cuando la disponibilidad de recursos y tiempo es limitada, cuando existen árboles de muy amplias dimensiones y en casos que no se requiere o no existe la posibilidad de cortar o talar árboles (áreas protegidas) González (2009).

#### **2.2.5 Valores del Índice de Diversidad de Shannon**

El índice de Shannon  $H'$  aumenta a medida que: 1) aumenta la riqueza (el número de especies en la muestra) y 2) los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies. El valor de  $H'$  se ha calculado en muchos estudios ecológicos, los cuales muestran que  $H'$  generalmente varía entre 1.5 y 3.5 y que raramente pasa de 4.5, con este índice, todas las especies tienen igual peso.

El índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) se calcula con la fórmula siguiente (Somarriba, 1999) citado por Cunuhay & Egüez (2008).

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i;$$

donde:  $p_i$  es la abundancia relativa de cada especie y es igual a  $n_i/N$ ;  $n_i$  es la abundancia de la especie de rango  $i$  y  $N$  al número total de ejemplares recolectados. Los logaritmos se calculan en base 2.

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Tipo de investigación

El presente trabajo es de carácter descriptivo (diagnóstico), debido a que su propósito es determinar la diversidad florística y el contenido de biomasa y carbono que existe en el bosque siempre verde de tierras bajas.

### 3.2 Método de investigación

#### Parámetros usados para estimar biomasa aérea:

- **Estimación de la biomasa seca viva sobre el suelo y cálculo de carbono (C)**

Se usó la ecuación alométrica de Chave et al (2005), para especies de bosque tropicales, la biomasa seca viva sobre el suelo (BSS en toneladas métricas) de un árbol individual se puede calcular en base a la fórmula:

$$BSS_{\text{árbol}} = (p * \exp(-1.499 + (2.148 * \ln(D)) + (0.207 * \ln(D)^2) - (0.0281 * \ln(D)^3)) * 0.001$$

Donde:

D = es el diámetro a la altura del pecho (cm).

p = es la densidad de madera (g/cm<sup>3</sup>)

Luego de calcular la biomasa seca viva se calculó el contenido de carbono (C), el cuál fue estimado considerando el 0.5 del resultado del cálculo de la biomasa aérea.

#### Parámetros Ecológicos:

- **Densidad Absoluta**

Se define como el número total de individuos por unidad de superficie en una determinada especie y se calculó con la siguiente formula:

$$Densidad\ Absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

- **Densidad relativa**

Es la suma de todos los individuos de una especie, divididos para el total de todos los individuos de la unidad muestral. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}} \times 100$$

- **Frecuencia Absoluta**

Se determinó por el número de subparcelas en que está presente una especie. El número total de subparcelas representa el 100 % es decir, que la frecuencia absoluta indica el porcentaje de ocurrencia de una especie en una determinada área. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia Absoluta} = \frac{\text{Nº de parcelas en las que se presenta cada especie}}{\text{Número total de parcelas muestreadas}}$$

Donde:

$$Fa = \text{Frecuencia absoluta}$$

- **Frecuencia Relativa**

Es la suma total de las frecuencias absolutas de una parcela, que se considera igual al 100 %, es decir, indica el porcentaje de ocurrencia de una especie en relación a las demás. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Frecuencia Relativa} = \frac{\text{Frecuencia Absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia Absoluta de todas las especies}} \times 100$$

- **Dominancia Absoluta**

Es la proporción de terreno ocupado por una proyección vertical del contorno de las partes aéreas del vegetal hacia el suelo, otra forma de expresarla, es también por el área cubierta por la extensión foliar del vegetal.

$$(Da) = \text{área basal (Ab) de la especie}$$

Donde:

$$(Da) = \textit{Dominancia absoluta}$$

- **Dominancia relativa**

La dominancia relativa es la proporción de la dominancia de una especie comparada con la dominancia total de todas las especies. Se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\textit{Dominancia Relativa} = \frac{\textit{Dominancia de una especie}}{\textit{Dominancia total de las especies}} \times 100$$

- **Índice de Valor de Importancia**

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad. Se lo determina con la siguiente fórmula:

$$\textit{Indice Valor Importancia} = \textit{Densidad Relativa} + \textit{Dominancia Relativa}$$

- **Índice de Valor de Familias**

El índice de valor de familias es la sumatoria de la diversidad relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa de todos los individuos de una familia en una

muestra, para posicionar la importancia de las familias de árboles. Se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice Valor Familia} = \text{Diversidad Relativa} + \text{Densidad Relativa} + \text{Dominancia Relativa}$$

### **Índices estructurales:**

- **Índice de diversidad de Shannon**

Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad o hábitat están representadas en la muestra. El mismo se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H = -(P_i \times \ln P_i)$$

#### **Donde:**

$P_i = n_i/N$  (valor de importancia)

$N =$  Total de todas las especies

$n_i =$  Abundancia para la especie  $i$

$\ln P_i =$  Logaritmo natural de  $P_i$ .

El valor del índice de Shannon (H) suele hallarse entre 1,5 y 3,5 y sólo raramente sobrepasa 4,5.

- **Índice de diversidad de Simpson**

Este índice mide la heterogeneidad de la comunidad, el valor máximo es indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Oscila entre los valores de 1.5 a 3.5 y solo de manera extraordinaria llega a un valor de 4.5, el cálculo de este índice se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

**Donde:**

$$IDS = 1 - S (Pi)^2$$

**IDS** = Índice de diversidad de Simpson corregido

**S** = Sumatoria de la proporción de individuos al cuadrado

**(Pi)<sup>2</sup>** = Proporción de individuos al cuadrado

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

El estudio investigativo se realizó en un bosque siempre verde de tierras bajas, y se utilizó como método y procedimiento para la recopilación de información la estadística descriptiva. Para la recopilación de información se consideró una población de un piso altitudinal de 300 a 400 msnm.

#### **3.3.2 Muestra**

Se establecieron 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> cada uno distribuidas al azar establecidas en el piso altitudinal de 300 a 400 msnm. En la provincia de Napo.

### **3.4 Fuentes de recopilación de la información**

La información necesaria para la investigación se obtuvo a través de la medición y estimación de las variables a evaluar en las diferentes unidades de muestreo establecidas en el piso altitudinal de 300 a 400 msnm en un bosque siempre verde de tierras bajas del Napo, donde se establecieron 20 parcelas temporales para la recolección de datos.

Para la elaboración del marco teórico se recurrió a las diferentes fuentes bibliográficas disponibles, en bibliotecas nacionales o extranjeras de ser el caso.

### **3.5 Instrumento de la investigación**

En la instalación de las parcelas temporales, se utilizó instrumentos como la brújula, GPS y cinta métrica. Para la toma de datos en el campo, se requerirá de cinta diamétrica para medir los diámetros de los árboles e hipsómetro Sunnto para las alturas comerciales. Los árboles inventariados serán marcados con spray de color rojo.

Dentro de cada una de las parcelas establecidas de 625 m<sup>2</sup> se midió el DAP y altura de cada uno de las especies forestales presentes, para lo cual se tomó en consideración solo a los individuos mayores o iguales a 10 cm de diámetro.

En lo que se refiere a la identificación de las especies, para su correcta identificación se contó con el apoyo de un Botánico quien facilitó los nombres comunes. Para su clasificación taxonómica se colectó muestras fértiles del material vegetal, se identificaron en un herbario y sus nombres científicos se registraron a la base de datos (Plant list) de plantas vasculares.

Para garantizar la confiabilidad y validez de los instrumentos, se constató que éstos se encuentren en óptimas condiciones y para el caso del GPS, se revisó la configuración del mismo, que esté acorde a las necesidades requeridas.

### **3.6 Procesamiento y análisis**

Una vez obtenida la información, se procedió a procesarla mediante el uso de paquetes informáticos como hoja electrónica Excel y se realizaron los cálculos estadísticos con el programa SPSS.

**CAPITULO IV**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS**  
**RESULTADOS**

## **4.1 Efecto de la diversidad florística sobre almacenamiento de carbono**

### **4.1.1 Diversidad florística a nivel de familia agrupada por especies y su relación sobre la biomasa y almacenamiento de carbono**

Las familias más representativas por su diversidad sobre la biomasa y almacenamiento de carbono tenemos: Myristicaceae, Arecaceae, Lauraceae, Moreceae, Malvaceae, Melastomataceae, Lecythidaceae, Combretaceae, Urticaceae, Fabaceae.

La diversidad florística a nivel de familia fue determinada para las primeras 10 familias con importancia en el almacenamiento de carbono y su abundancia. La familia más representativa a nivel de carbono (C) fue la Myristicaceae que contribuye al 13,26% de Carbono en todas las 20 parcelas inventariadas, tal y como se muestra en la tabla 2. Sin embargo, esta misma familia obtuvo un porcentaje de 9,94% de los individuos.

La segunda familia más representativa dentro de las unidades de muestreo inventariadas es la Arecaceae, que a pesar de representar el 27,48 % de los individuos contribuyen con un 10,35 % de carbono (C) en todas las unidades.

Otras familias presentes en las unidades de muestreo evaluadas, tenemos a las Laureceae que contribuye con el 8,50 % de carbono representada con el 2,45% de los individuos, Moraceae con el 8,44% de (C) y 7,35% de individuos, Malvaceae con el 7,22% de (C) y 2,19 de individuos, Melastomataceae con el 6,87% de (C) y 3,35% de individuos, Lecythidaceae 5,80% de (C) y 8,65% de individuos, Combretaceae con el 5,76% de (C) y 0,26% de individuos, Urticaceae con el 4,11% de (C) y 1,03% de individuos y la familia Fabaceae con el 3,95% de (C) y 3,10% de individuos.

La diversidad florística a nivel de las 10 familias más representativas y su importancia en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea se obtuvo aportan con el total de 74,3 % de carbono, y representan el 65,8% del total de los

individuos evaluados en la 20 unidades de muestreo establecidas en el área de estudio. Esto nos muestra el efecto o importancia en términos de almacenamiento de carbono de las especies que se encuentran dentro de estas familias botánicas, las cuales deberían ser estudiadas con mayor profundidad para proporcionar información más profunda a los diversos proyectos de desarrollo que se están emprendiendo en la Amazonia Ecuatoriana.

**Tabla 2.** Diez familias botánicas más importantes y especies más representativas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

| No.                        | Familias      | Especies                      |
|----------------------------|---------------|-------------------------------|
| 1                          | Myristicaceae | <i>Otoba glycicarpa</i>       |
|                            |               | <i>Viola duckei</i>           |
|                            |               | <i>Viola flexuosa</i>         |
|                            |               | <i>Viola obovata</i>          |
|                            |               | <i>Viola</i> sp.              |
| 2                          | Arecaceae     | <i>Aphandra Natalia</i>       |
|                            |               | <i>Astrocaryum murumuru</i>   |
|                            |               | <i>Euterpe precatoria</i>     |
|                            |               | <i>Iriartea deltoidea</i>     |
|                            |               | <i>Oenocarpus bataua</i>      |
|                            |               | <i>Socratea exorrhiza</i>     |
| 3                          | Lauraceae     | <i>Aniba</i> sp.              |
|                            |               | <i>Beilschmiedia</i> sp.      |
|                            |               | <i>Caryodaphnopsis</i> sp.    |
|                            |               | <i>Endlicheria</i> sp.        |
|                            |               | <i>Nectandra membranacea</i>  |
|                            |               | <i>Nectandra</i> sp.          |
| 4                          | Moraceae      | <i>Batocarpus orinocensis</i> |
|                            |               | <i>Batocarpus</i> sp.         |
|                            |               | <i>Brosimum</i> sp.           |
|                            |               | <i>Clarisia racemosa</i>      |
|                            |               | <i>Ficus</i> sp.              |
|                            |               | <i>Maquira guianensis</i>     |
|                            |               | <i>Maquira</i> sp.            |
|                            |               | <i>Perebea guianensis</i>     |
|                            |               | <i>Perebea</i> sp.            |
|                            |               | <i>Poulsenia armata</i>       |
|                            |               | <i>Pseudolmedia laevigata</i> |
|                            |               | <i>Sorocea muriculata</i>     |
|                            |               | <i>Sorocea</i> sp.            |
| <i>Sorocea steinbachii</i> |               |                               |
| 5                          | Malvaceae     | <i>Apeiba aspera</i>          |
|                            |               | <i>Apeiba membranacea</i>     |
|                            |               | <i>Apeiba</i> sp.             |
|                            |               | <i>Ceiba pentandra</i>        |
|                            |               | <i>Ceiba samauma</i>          |
|                            |               | <i>Matisia longiflora</i>     |
|                            |               | <i>Matisia</i> sp.            |
| <i>Pachira aquatica</i>    |               |                               |

|              |                 |                                     |
|--------------|-----------------|-------------------------------------|
|              |                 | <i>Pachira insignis</i>             |
|              |                 | <i>Pachira</i> sp.                  |
| 6            | Melastomataceae | <i>Miconia grandiflora</i>          |
|              |                 | <i>Miconia</i> sp.                  |
|              |                 | <i>Tessmannianthus heterostemon</i> |
|              |                 | <i>Tessmannianthus</i> sp.          |
| 7            | Lecythidaceae   | <i>Grias neuberthii</i>             |
|              |                 | <i>Grias</i> sp.                    |
|              |                 | <i>Gustavia longifolia</i>          |
|              |                 | <i>Gustavia</i> sp.                 |
| 8            | Combretaceae    | <i>Terminalia oblonga</i>           |
|              |                 | <i>Terminalia</i> sp.               |
| 9            | Urticaceae      | <i>Cecropia membranacea</i>         |
|              |                 | <i>Cecropia sciadophylla</i>        |
|              |                 | <i>Cecropia</i> sp.                 |
|              |                 | <i>Coussapoa</i> sp.                |
|              |                 | <i>Pourouma minor</i>               |
|              |                 | <i>Pourouma tomentosa</i>           |
| 10           | Fabaceae        | <i>Acacia</i> sp.                   |
|              |                 | <i>Bauhinia</i> sp.                 |
|              |                 | <i>Browneopsis ucayalina</i>        |
|              |                 | <i>Cedrelinga catenaeformis</i>     |
|              |                 | <i>Erythrina amazonica</i>          |
|              |                 | <i>Inga auristellae</i>             |
|              |                 | <i>Inga edun</i>                    |
|              |                 | <i>Inga marginata</i>               |
|              |                 | <i>Inga</i> sp.                     |
|              |                 | <i>Lespedeza</i> sp.                |
|              |                 | <i>Pterocarpus</i> sp.              |
| <b>Total</b> |                 | <b>70</b>                           |

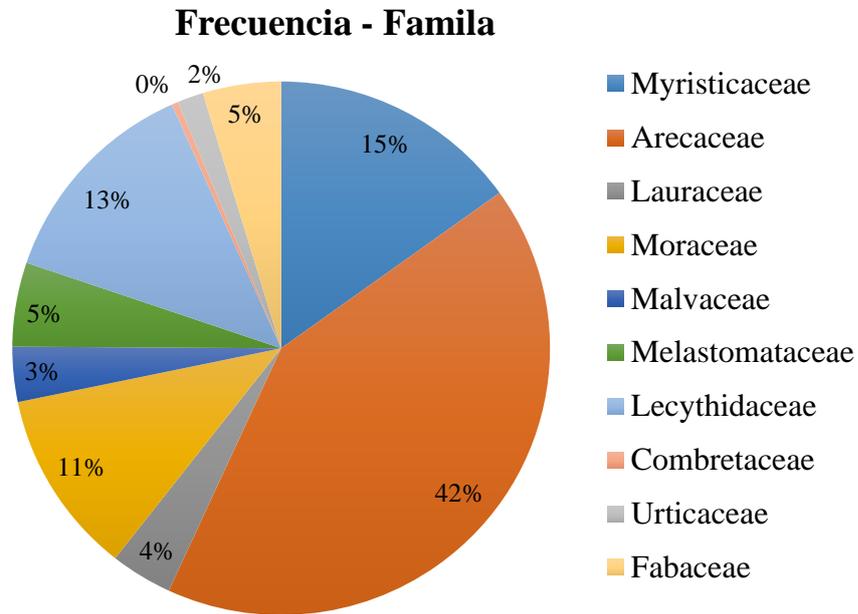
**Tabla 3.** Frecuencia en diez familias botánicas importantes y su relación con el almacenamiento de Carbono, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

| No.   | Familias        | N%    | Carbono (%) |
|-------|-----------------|-------|-------------|
| 1     | Myristicaceae   | 9,94  | 13,26       |
| 2     | Arecaceae       | 27,48 | 10,35       |
| 3     | Lauraceae       | 2,45  | 8,5         |
| 4     | Moraceae        | 7,35  | 8,44        |
| 5     | Malvaceae       | 2,19  | 7,22        |
| 6     | Melastomataceae | 3,35  | 6,87        |
| 7     | Lecythidaceae   | 8,65  | 5,8         |
| 8     | Combretaceae    | 0,26  | 5,76        |
| 9     | Urticaceae      | 1,03  | 4,11        |
| 10    | Fabaceae        | 3,1   | 3,95        |
| TOTAL |                 | 65,8  | 74,3        |

Si consideramos solo el número de individuos en las diez familias botánicas y lo relacionamos con el almacenamiento de carbono en toneladas por hectáreas (Mega gramos por hectáreas), los resultados que se muestran en la Figura 3 demuestran que la familia Arecacia (palmas) con una frecuencia de 42% del total de individuos contribuye solo con el 14% del total de Carbono almacenado en Toneladas por hectáreas, como se muestra en la figura 4 esto se debe a que esta familia representa todas las especies de palmas que se encuentran en esta zona y que por su composición leñosa tienen baja densidad y por lo tanto bajo contenido de carbono, mientras que la familia Myristicaceae con una presencia del 15% como total de individuos lo cual se puede considerar abundante, contribuye con el 18% del Carbono almacenado. La familia Lauraceae que encierra a importantes especies forestales maderables muy apetecidas por el mercado como los géneros *Ocotea* spp., y *Nectandra* spp., conocidos comúnmente como canelos son árboles maderables muy apetecidos por el mercado.

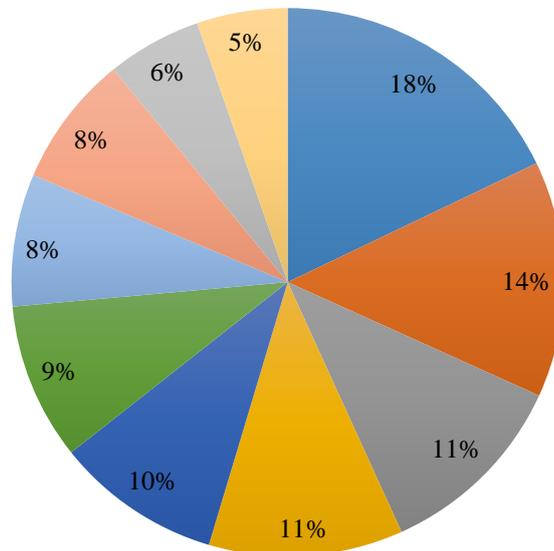
Es importante mencionar que todas estas diez familias exceptuando las Arecaceae están conformadas por especies maderables actualmente de interés comercial para los depósitos y aserraderos locales y nacionales, por lo tanto tienen tasa de extracción muy alta que es difícil cuantificar, pero que son las especies que deben formar parte de los programas de reforestación para por un lado plantar estas especies para un futuro mercado, y por otro lado contribuir a la mitigación del

cambio climático a través del secuestro de carbono durante sus etapas de crecimiento.



**Figura 3.** Porcentaje de frecuencia en las diez primeras Familias Botánicas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

### Carbono Mg/ha - Familia



**Figura 4.** Porcentaje de almacenamiento de Carbono de las diez familias más representativas, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

## 4.2 Biomasa aérea y almacenamiento de Carbono (C)

### 4.2.1 Cálculo de la biomasa y almacenamiento de carbono

Se calculó solo el componente de la Biomasa aérea de todos los arboles mayores o iguales a 10 cm de DAP, usando la ecuación alométrica determinada por Chave *et al.*, (2005). El cálculo del (C) Carbono fue estimado considerando el 0.5 del resultado del cálculo de la biomasa aérea (Penman et al 2003).

La Tabla 4 presenta los resultados de la biomasa y carbono (C) en toneladas por hectáreas (Mg/ha), calculada en 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> implementadas en la provincia de Napo. Los resultados muestran que en promedio en un bosque siempre verde de tierras bajas se encuentran en promedio 499 Mg/ha de biomasa aérea lo que representa 249,7 Mg/ha de Carbono. Estos resultados fueron determinados mediante el uso de la ecuación alométrica de (Chave et al 2005).

**Tabla 4.** Promedios de Biomasa, Carbono y número de individuos por hectárea, determinados con una muestra de 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m<sup>2</sup>, Provincia de Napo.

| Parcelas        | No arboles/625m <sup>2</sup> | No arboles/ha | Biomasa Mg/ha | Carbono Mg/ha |
|-----------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1               | 31                           | 496           | 773,2         | 386,6         |
| 2               | 39                           | 624           | 749,6         | 374,8         |
| 3               | 43                           | 688           | 433,5         | 216,7         |
| 4               | 42                           | 672           | 327,6         | 163,8         |
| 5               | 45                           | 720           | 503,0         | 251,5         |
| 6               | 45                           | 720           | 543,4         | 271,7         |
| 7               | 51                           | 816           | 434,9         | 217,4         |
| 8               | 43                           | 688           | 306,1         | 153,0         |
| 9               | 44                           | 704           | 435,9         | 218,0         |
| 10              | 48                           | 768           | 961,7         | 480,9         |
| 11              | 35                           | 560           | 260,5         | 130,3         |
| 12              | 48                           | 768           | 632,8         | 316,4         |
| 13              | 43                           | 688           | 351,2         | 175,6         |
| 14              | 56                           | 896           | 680,9         | 340,5         |
| 15              | 56                           | 896           | 309,3         | 154,6         |
| 16              | 48                           | 768           | 418,4         | 209,2         |
| 17              | 45                           | 720           | 419,6         | 209,8         |
| 18              | 54                           | 864           | 521,8         | 260,9         |
| 19              | 48                           | 768           | 647,7         | 323,9         |
| 20              | 45                           | 720           | 277,2         | 138,6         |
| <b>Promedio</b> | <b>45</b>                    | <b>727</b>    | <b>499,4</b>  | <b>249,7</b>  |

#### 4.2.2 Especies forestales de mayor importancia relativa para almacenamiento de carbono y concentración de biomasa aérea

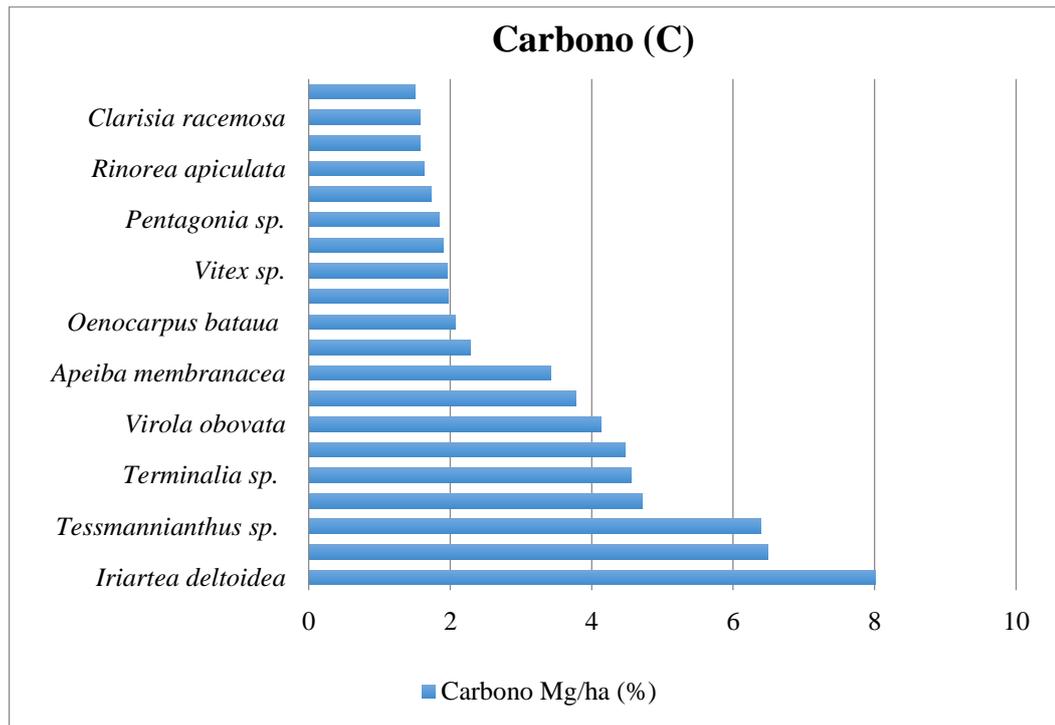
Para un mejor entendimiento sobre la relación de la abundancia, área basal y concentración de carbono a nivel de especies se determinó estos tres parámetros en todas las especies determinadas en la presente investigación. Sin embargo, en la Tabla 5 se muestra solo las 20 especies más importantes en términos de almacenamiento de carbono (C), su contribución en términos porcentuales considerando las 130 especies arbóreas encontradas en la zona de estudio. También se muestra el porcentaje del número de individuos de cada especie y el porcentaje del área basal (AB) de cada especie.

**Tabla 5.** Especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C) determinados con una muestra de 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m<sup>2</sup>, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

| No | Familia         | Species                      | N%    | (AB%) | C%   |
|----|-----------------|------------------------------|-------|-------|------|
| 1  | Arecaceae       | <i>Iriartea deltoidea</i>    | 22,84 | 11,80 | 8,01 |
| 2  | Lauraceae       | <i>Ocotea</i> sp.            | 0,65  | 4,28  | 6,49 |
| 3  | Melastomataceae | <i>Tessmannianthus</i> sp.   | 2,06  | 5,57  | 6,38 |
| 4  | Lecythidaceae   | <i>Grias neuberthii</i>      | 7,87  | 5,94  | 4,71 |
| 5  | Combretaceae    | <i>Terminalia</i> sp.        | 0,13  | 2,91  | 4,56 |
| 6  | Myristicaceae   | <i>Otoba glyxicarpa</i>      | 4,90  | 4,83  | 4,48 |
| 7  | Myristicaceae   | <i>Virola obovata</i>        | 2,45  | 3,93  | 4,13 |
| 8  | Myristicaceae   | <i>Virola duckei</i>         | 2,19  | 3,59  | 3,77 |
| 9  | Malvaceae       | <i>Apeiba membranacea</i>    | 0,52  | 2,34  | 3,42 |
| 10 | Annonaceae      | <i>Ruizodendron ovale</i>    | 0,26  | 1,65  | 2,29 |
| 11 | Arecaceae       | <i>Oenocarpus bataua</i>     | 3,61  | 2,76  | 2,08 |
| 12 | Moraceae        | <i>Ficus</i> sp.             | 1,16  | 1,85  | 1,97 |
| 13 | Lamiaceae       | <i>Vitex</i> sp.             | 0,13  | 1,38  | 1,96 |
| 14 | Malvaceae       | <i>Ceiba pentandra</i>       | 0,13  | 1,34  | 1,90 |
| 15 | Rubiaceae       | <i>Pentagonia</i> sp.        | 0,77  | 1,61  | 1,85 |
| 16 | Burseraceae     | <i>Dacryodes cupularis</i>   | 0,13  | 1,24  | 1,73 |
| 17 | Violaceae       | <i>Rinorea apiculata</i>     | 2,32  | 2,01  | 1,63 |
| 18 | Urticaceae      | <i>Coussapoa</i> sp.         | 0,26  | 1,15  | 1,58 |
| 19 | Moraceae        | <i>Clarisia racemosa</i>     | 0,13  | 1,14  | 1,57 |
| 20 | Urticaceae      | <i>Cecropia sciadophylla</i> | 0,26  | 1,22  | 1,50 |

En este análisis se demuestra que dado a su abundancia 22,84%, la especie *Iriartea deltoidea* contribuye con el 8,01% del almacenamiento de Carbono, seguido de la *Ocotea* sp., que a pesar de su presencia en términos porcentuales de

solo el 0,65%, contribuye con el 6,49% del stock de Carbono. Otra especie importante en términos de Carbono son la *Terminalia* spp., que con solo el 0,13 % de abundancia contribuye con el 4,56 % del almacenamiento de carbono, en las últimas dos especies esto se debe por el gran tamaño de estos árboles y en el caso de la *Terminalias* spp., por la densidad. La Figura 5 muestra con detalles las especies más representativas en términos del porcentaje del Carbono almacenado.



**Figura 5.** Veinte especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C), en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

Mientras que la Figura 6 muestra el porcentaje de los individuos presente en las 20 especies determinadas como de interés para el almacenamiento de Carbono.



**Figura 6.** Número de individuos presentes de las veinte especies más representativas para biomasa y almacenamiento de carbono (C) determinados con una muestra de 20 parcelas temporales.

### 4.3. Diversidad Florística

La diversidad y la composición florística son atributos de las comunidades que permiten su comprensión y comparación. El concepto de diversidad tiene dos componentes principales: la riqueza de especies McIntosh (1967) y la equitatividad Lloyd & Ghelardi (1964).

#### 4.3.1 Análisis del índice de diversidad

La tabla 6 presenta los índices de diversidad determinada por medio del análisis de Shannon y Simpson, a nivel de género y especie, resultado de las 20 parcelas temporales de muestreo de 625 m<sup>2</sup> determinados en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

**Tabla 6.** Cálculo de los índices de diversidad de Shannon y Simpson a nivel de género y especie en 20 parcelas temporales de muestreo, Provincia de Napo.

| No | Familia        | Species                            | No Indiv | p(i)   | ni (ni-1) | p(i)Ln p(i) |
|----|----------------|------------------------------------|----------|--------|-----------|-------------|
| 1  | Fabaceae       | <i>Acacia</i> sp.                  | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 2  | Euphorbiaceae  | <i>Alchornea</i> sp.               | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 3  | Euphorbiaceae  | <i>Alchornea triplinervia</i>      | 4        | 0,0052 | 0,0000    | -0,0275     |
| 4  | Euphorbiaceae  | <i>Alchorneopsis</i> sp.           | 11       | 0,0144 | 0,0002    | -0,0611     |
| 5  | Rubiaceae      | <i>Alibertia</i> sp.               | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 6  | Sapindaceae    | <i>Allophylus</i> sp.              | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 7  | Lauraceae      | <i>Aniba</i> sp.                   | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 8  | Annonaceae     | <i>Annona</i> sp.                  | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 9  | Malvaceae      | <i>Apeiba aspera</i>               | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 10 | Malvaceae      | <i>Apeiba membranacea</i>          | 4        | 0,0052 | 0,0000    | -0,0275     |
| 11 | Malvaceae      | <i>Apeiba</i> sp.                  | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 12 | Arecaceae      | <i>Aphandra natalia</i>            | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 13 | Apocynaceae    | <i>Aspidosperma</i> sp.            | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 14 | Arecaceae      | <i>Astrocaryum murumuru</i>        | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 15 | Moraceae       | <i>Batocarpus orinocensis</i>      | 4        | 0,0052 | 0,0000    | -0,0275     |
| 16 | Moraceae       | <i>Batocarpus</i> sp.              | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 17 | Fabaceae       | <i>Bauhinia</i> sp.                | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 18 | Lauraceae      | <i>Beilschmiedia</i> sp.           | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 19 | Moraceae       | <i>Brosimum</i> sp.                | 6        | 0,0079 | 0,0001    | -0,0381     |
| 20 | Fabaceae       | <i>Browneopsis ucayalina</i>       | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 21 | Rubiaceae      | <i>Calycophyllum megistocaulum</i> | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 22 | Meliaceae      | <i>Carapa guianensis</i>           | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 23 | Lauraceae      | <i>Caryodaphnopsis</i> sp.         | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 24 | Salicaceae     | <i>Casearia</i> sp.                | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 25 | Urticaceae     | <i>Cecropia membranacea</i>        | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 26 | Urticaceae     | <i>Cecropia sciadophylla</i>       | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 27 | Urticaceae     | <i>Cecropia</i> sp.                | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 28 | Fabaceae       | <i>Cedrelinga catenaeformis</i>    | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 29 | Malvaceae      | <i>Ceiba pentandra</i>             | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 30 | Malvaceae      | <i>Ceiba samauma</i>               | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 31 | Ulmaceae       | <i>Celtis schippii</i>             | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 32 | Rubiaceae      | <i>Chimarrhis glabriflora</i>      | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 33 | Rubiaceae      | <i>Chimarrhis</i> sp.              | 15       | 0,0196 | 0,0004    | -0,0772     |
| 34 | Sapotaceae     | <i>Chrysophyllum</i> sp.           | 3        | 0,0039 | 0,0000    | -0,0218     |
| 35 | Moraceae       | <i>Clarisia racemosa</i>           | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 36 | Clusiaceae     | <i>Clusia</i> sp.                  | 12       | 0,0157 | 0,0002    | -0,0652     |
| 37 | Boraginaceae   | <i>Cordia</i> sp.                  | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 38 | Urticaceae     | <i>Coussapoa</i> sp.               | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 39 | Burseraceae    | <i>Dacryodes cupularis</i>         | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 40 | Araliaceae     | <i>Dendropanax arboreus</i>        | 8        | 0,0105 | 0,0001    | -0,0477     |
| 41 | Annonaceae     | <i>Duguetia</i> sp.                | 8        | 0,0105 | 0,0001    | -0,0477     |
| 42 | Lauraceae      | <i>Endlicheria</i> sp.             | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 43 | Lauraceae      | <i>Endlicheria</i> sp.             | 3        | 0,0039 | 0,0000    | -0,0218     |
| 44 | Fabaceae       | <i>Erythrina amazonica</i>         | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 45 | Myrtaceae      | <i>Eugenia</i> sp.                 | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 46 | Arecaceae      | <i>Euterpe precatoria</i>          | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |
| 47 | Moraceae       | <i>Ficus</i> sp.                   | 9        | 0,0118 | 0,0001    | -0,0523     |
| 48 | Lecythydiaceae | <i>Grias neuberthii</i>            | 61       | 0,0798 | 0,0063    | -0,2018     |
| 49 | Lecythydiaceae | <i>Grias</i> sp.                   | 1        | 0,0013 | 0,0000    | -0,0087     |
| 50 | Meliaceae      | <i>Guarea fistulosa</i>            | 4        | 0,0052 | 0,0000    | -0,0275     |
| 51 | Meliaceae      | <i>Guarea guidonia</i>             | 2        | 0,0026 | 0,0000    | -0,0156     |

|     |                  |                               |     |        |        |         |
|-----|------------------|-------------------------------|-----|--------|--------|---------|
| 52  | Meliaceae        | <i>Guarea kunthiana</i>       | 4   | 0,0052 | 0,0000 | -0,0275 |
| 53  | Meliaceae        | <i>Guarea macrophylla</i>     | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 54  | Meliaceae        | <i>Guarea pterorrhachis</i>   | 7   | 0,0092 | 0,0001 | -0,0430 |
| 55  | Meliaceae        | <i>Guarea</i> sp.             | 17  | 0,0223 | 0,0005 | -0,0847 |
| 56  | Annonaceae       | <i>Guatteria</i> sp.          | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 57  | Lecythidaceae    | <i>Gustavia longifolia</i>    | 4   | 0,0052 | 0,0000 | -0,0275 |
| 58  | Lecythidaceae    | <i>Gustavia</i> sp.           | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 59  | Fabaceae         | <i>Inga auristellae</i>       | 3   | 0,0039 | 0,0000 | -0,0218 |
| 60  | Fabaceae         | <i>Inga edun</i>              | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 61  | Fabaceae         | <i>Inga marginata</i>         | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 62  | Fabaceae         | <i>Inga</i> sp.               | 9   | 0,0118 | 0,0001 | -0,0523 |
| 63  | Arecaceae        | <i>Iriartea deltoidea</i>     | 177 | 0,2317 | 0,0534 | -0,3388 |
| 64  | Caricaceae       | <i>Jacaratia spinosa</i>      | 3   | 0,0039 | 0,0000 | -0,0218 |
| 65  | Violaceae        | <i>Leonia</i> sp.             | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 66  | Fabaceae         | <i>Lespedeza</i> sp.          | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 67  | Chrysobalanaceae | <i>Licania</i> sp.            | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 68  | Moraceae         | <i>Maquira guianensis</i>     | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 69  | Moraceae         | <i>Maquira</i> sp.            | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 70  | Clusiaceae       | <i>Marila</i> sp.             | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 71  | Malvaceae        | <i>Matisia longiflora</i>     | 3   | 0,0039 | 0,0000 | -0,0218 |
| 72  | Malvaceae        | <i>Matisia</i> sp.            | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 73  | Melastomataceae  | <i>Miconia grandiflora</i>    | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 74  | Melastomataceae  | <i>Miconia</i> sp.            | 7   | 0,0092 | 0,0001 | -0,0430 |
| 75  | Lauraceae        | <i>Nectandra membranacea</i>  | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 76  | Lauraceae        | <i>Nectandra</i> sp.          | 6   | 0,0079 | 0,0001 | -0,0381 |
| 77  | Nyctaginaceae    | <i>Neea</i> sp.               | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 78  | Lauraceae        | <i>Ocotea</i> sp.             | 5   | 0,0065 | 0,0000 | -0,0329 |
| 79  | Arecaceae        | <i>Oenocarpus bataua</i>      | 28  | 0,0366 | 0,0013 | -0,1212 |
| 80  | Myristicaceae    | <i>Otoba glyxicarpa</i>       | 38  | 0,0497 | 0,0024 | -0,1493 |
| 81  | Malvaceae        | <i>Pachira aquatica</i>       | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 82  | Malvaceae        | <i>Pachira insignis</i>       | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 83  | Malvaceae        | <i>Pachira</i> sp.            | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 84  | Rubiaceae        | <i>Pentagonia grandiflora</i> | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 85  | Rubiaceae        | <i>Pentagonia parvifolia</i>  | 5   | 0,0065 | 0,0000 | -0,0329 |
| 86  | Rubiaceae        | <i>Pentagonia</i> sp.         | 6   | 0,0079 | 0,0001 | -0,0381 |
| 87  | Moraceae         | <i>Perebea guianensis</i>     | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 88  | Moraceae         | <i>Perebea</i> sp.            | 13  | 0,0170 | 0,0003 | -0,0693 |
| 89  | Piperaceae       | <i>Piper</i> sp.              | 4   | 0,0052 | 0,0000 | -0,0275 |
| 90  | Moraceae         | <i>Poulsenia armata</i>       | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 91  | Urticaceae       | <i>Pourouma minor</i>         | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 92  | Urticaceae       | <i>Pourouma tomentosa</i>     | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 93  | Sapotaceae       | <i>Pouteria</i> sp.           | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 94  | Sapotaceae       | <i>Pouteria</i> sp.           | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 95  | Burseraceae      | <i>Protium aracouchini</i>    | 3   | 0,0039 | 0,0000 | -0,0218 |
| 96  | Burseraceae      | <i>Protium nodulosum</i>      | 5   | 0,0065 | 0,0000 | -0,0329 |
| 97  | Burseraceae      | <i>Protium sagotianum</i>     | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 98  | Burseraceae      | <i>Protium</i> sp.            | 8   | 0,0105 | 0,0001 | -0,0477 |
| 99  | Rosaceae         | <i>Prunus</i> sp.             | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 100 | Moraceae         | <i>Pseudolmedia laevigata</i> | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 101 | Fabaceae         | <i>Pterocarpus</i> sp.        | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 102 | Violaceae        | <i>Rinorea apiculata</i>      | 18  | 0,0236 | 0,0005 | -0,0883 |
| 103 | Annonaceae       | <i>Rollinia</i> sp.           | 1   | 0,0013 | 0,0000 | -0,0087 |
| 104 | Annonaceae       | <i>Ruizodendron ovale</i>     | 2   | 0,0026 | 0,0000 | -0,0156 |
| 105 | Euphorbiaceae    | <i>Sapium glandulosum</i>     | 8   | 0,0105 | 0,0001 | -0,0477 |
| 106 | Elaeocarpaceae   | <i>Sloanea</i> sp.            | 3   | 0,0039 | 0,0000 | -0,0218 |

|              |                 |                                     |            |               |               |                |
|--------------|-----------------|-------------------------------------|------------|---------------|---------------|----------------|
| 107          | Elaeocarpaceae  | <i>Sloanea tomentosa</i>            | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 108          | Arecaceae       | <i>Socratea exorrhiza</i>           | 3          | 0,0039        | 0,0000        | -0,0218        |
| 109          | Moraceae        | <i>Sorocea muriculata</i>           | 7          | 0,0092        | 0,0001        | -0,0430        |
| 110          | Moraceae        | <i>Sorocea</i> sp.                  | 9          | 0,0118        | 0,0001        | -0,0523        |
| 111          | Moraceae        | <i>Sorocea steinbachii</i>          | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 112          | Primulaceae     | <i>Stylogyne longifolia</i>         | 2          | 0,0026        | 0,0000        | -0,0156        |
| 113          | Anacardiaceae   | <i>Tapirira guianensis</i>          | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 114          | Combretaceae    | <i>Terminalia oblonga</i>           | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 115          | Combretaceae    | <i>Terminalia</i> sp.               | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 116          | Melastomataceae | <i>Tessmannianthus heterostemon</i> | 2          | 0,0026        | 0,0000        | -0,0156        |
| 117          | Melastomataceae | <i>Tessmannianthus</i> sp.          | 16         | 0,0209        | 0,0004        | -0,0810        |
| 118          | Salicaceae      | <i>Tetrathylacium macrophyllum</i>  | 26         | 0,0340        | 0,0011        | -0,1150        |
| 119          | Meliaceae       | <i>Trichilia</i> sp.                | 11         | 0,0144        | 0,0002        | -0,0611        |
| 120          | Staphyleaceae   | <i>Turpinia occidentalis</i>        | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 121          | Annonaceae      | <i>Unonopsis floribunda</i>         | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 122          | Annonaceae      | <i>Unonopsis</i> sp.                | 9          | 0,0118        | 0,0001        | -0,0523        |
| 123          | Myristicaceae   | <i>Virola duckei</i>                | 17         | 0,0223        | 0,0005        | -0,0847        |
| 124          | Myristicaceae   | <i>Virola flexuosa</i>              | 2          | 0,0026        | 0,0000        | -0,0156        |
| 125          | Myristicaceae   | <i>Virola obovata</i>               | 19         | 0,0249        | 0,0006        | -0,0919        |
| 126          | Myristicaceae   | <i>Virola</i> sp.                   | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 127          | Clusiaceae      | <i>Vismia</i> sp.                   | 2          | 0,0026        | 0,0000        | -0,0156        |
| 128          | Lamiaceae       | <i>Vitex</i> sp.                    | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| 129          | Vochysiaceae    | <i>Vochysia bracedliniae</i>        | 4          | 0,0052        | 0,0000        | -0,0275        |
| 130          | Leguminosea     | <i>Zygia</i> sp.                    | 1          | 0,0013        | 0,0000        | -0,0087        |
| <b>Total</b> |                 |                                     | <b>764</b> | <b>1,0000</b> | <b>0,0699</b> | <b>-3,7110</b> |

**Cuadro 1.** Índice de Shannon resultantes de las 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> (12.500 m<sup>2</sup>) en un bosque siempre verde de zonas bajas en la provincia de Napo

| <b>Índice de Shannon</b> |       |
|--------------------------|-------|
| H=                       | 3,711 |

Según los cálculos realizados para evaluar la diversidad específica dentro de las unidades de muestreo evaluadas obtenemos un valor de 3,711 considerado con diversidad alta debido a que su valor normal esta entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 se consideran altos.

**Cuadro 2.** Índice de Simpson resultantes de las 20 parcelas temporales de 625 m<sup>2</sup> (12.500 m<sup>2</sup>) en un bosque siempre verde de zonas bajas en la provincia de Napo

| <b>Índice de Simpson</b> |        |
|--------------------------|--------|
| D=                       | 0,9301 |

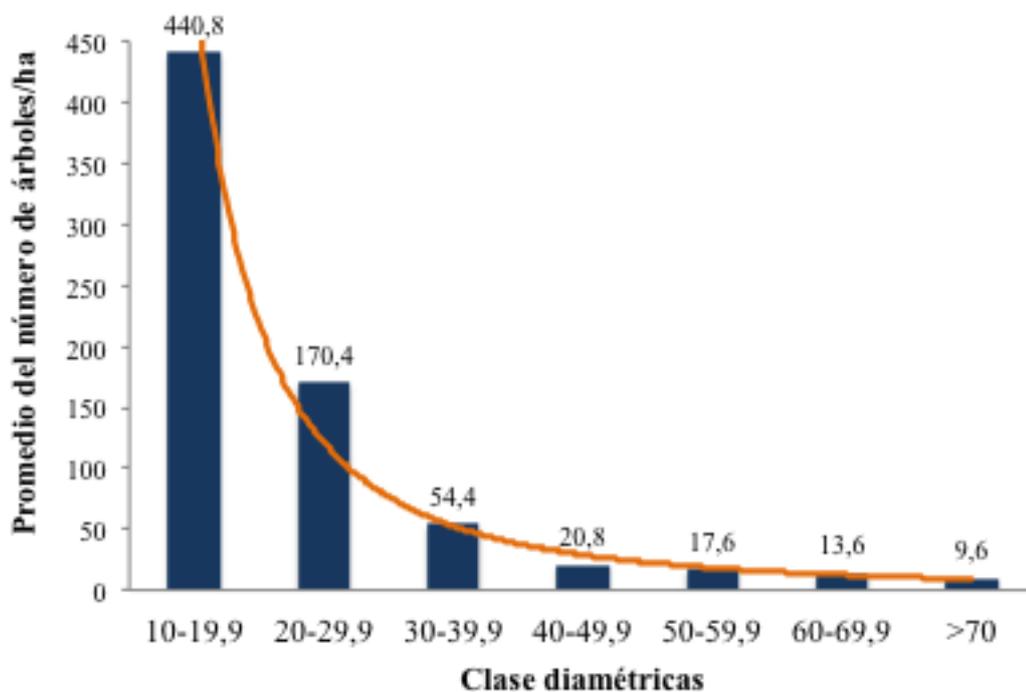
Los resultados de la diversidad florística de acuerdo al Índice de Shannon (3,71) y al índice de Simpson (0,93) nos demuestran que este tipo de bosque en esta zona posee una composición florística de media a alta (Cuadros 1 y 2).

### 4.3.2 Estructura diamétrica del bosque

Para conocer la capacidad de restitución del bosque intervenido se calculó la estructura diamétrica. En la zona de estudio, el mayor número de individuos se presentó en la clase diamétrica de 10-19,9 cm., con un promedio de 440 individuos en esta clase, lo que representa el 60% del total de árboles por hectárea (Tabla 7).

**Tabla 7.** Distribución por intervalo de clase diamétrica de individuos y área basal calculados por hectárea en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

| Clase Diamétrica | Individuos/ha | % Individuos/ha | AB m <sup>2</sup> /ha | % AB m <sup>2</sup> /ha |
|------------------|---------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| 10-19,9          | 440,8         | 60,6            | 67,3                  | 41,3                    |
| 20-29,9          | 170,4         | 23,4            | 40,3                  | 24,7                    |
| 30-39,9          | 54,4          | 7,5             | 18,9                  | 11,6                    |
| 40-49,9          | 20,8          | 2,9             | 9,3                   | 5,7                     |
| 50-59,9          | 17,6          | 2,4             | 9,5                   | 5,8                     |
| 60-69,9          | 13,6          | 1,9             | 8,8                   | 5,4                     |
| >70              | 9,6           | 1,3             | 9,0                   | 5,5                     |



**Figura 7.** Distribución de individuos por hectárea por clase diamétrica, en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm en la Provincia de Napo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- La diversidad florística a nivel de familia fue determinada para las primeras 10 familias con importancia en el almacenamiento de carbono y su abundancia. La familia más representativa a nivel de carbono (C) fue la Myristicaceae que contribuye al 13,26% de Carbono en todas las 20 parcelas inventariadas. Sin embargo, esta misma familia obtuvo un porcentaje de 9,94% de los individuos.
- El número de individuos evaluados de las diferentes familias (Diversidad), no necesariamente inciden en la cantidad de Carbono almacenado en la biomasa aérea en un bosque siempre verde de tierras bajas tal y como se lo determinó en la presente investigación.
- La diversidad florística a nivel de las 10 familias más representativas y su importancia en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea se obtuvo aportando con el total de 74,3 % de carbono que representan el 65,8% del total de los individuos evaluados en las 20 unidades de muestreo establecidas.
- Dentro de las unidades de muestreo evaluadas obtenemos un valor de 3,711 considerado con diversidad alta debido a que su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 se consideran altos.
- El análisis de diversidad realizado está representado por una gran riqueza de especies presentes en todas las unidades de muestreo evaluadas, ya que presentan un alto valor de diversidad según los estándares que determinan la cantidad de individuos de cada una de las especies en una determinada área, y la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.
- La estructura diamétrica en la zona de estudio, el mayor número de individuos se presentó en la clase diamétrica de 10-19,9 cm., con un

promedio de 440 individuos en esta clase, lo que representa el 60% del total de árboles por hectárea.

- Las especies más importantes en términos de almacenamiento de carbono (C), su contribución en términos porcentuales considerando las 130 especies arbóreas encontradas en la zona de estudio. También se muestra el porcentaje del número de individuos de cada especie y el porcentaje del área basal (AB) de cada especie.

## 5.2. Recomendaciones

- Considerar a estas familias botánicas como: Myristicaceae, Arecaceae, Lauraceae, Moreceae, Malvaceae, Melatomataceae, Lecythydaceae, Combretaceae, Urticaceae, Fabaceae, cuando se planifican proyectos de reforestación ya sean con fines comerciales, de mitigación al cambio climático o de conservación de especies debido a que son las familias más representativas por su diversidad sobre la biomasa y almacenamiento de carbono en un bosque siempre verde de tierras bajas.
- Considerar el manejo de estas especies forestales tales como: *Iriartea deltoidea*, *Ocotea sp.*, *Tessmannianthus sp.*, *Grias neuberthii*, *Terminali sp.*, *Otoba glydicarpa*, *Viola obovata*, *Viola duckei*, *Apeiba membranacea*, *Ruizodendron ovale*, debido a que contribuyen con mayor cantidad a la concentración de carbono, por cuanto algunas de estas especies son las más apetecidas por los mercados de maderas tanto locales como nacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, L., Vieira, S., Scaranello, M., Camargo, P., Santos, F., Joly, C., & Martinelli, L. (2010). *Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest*. Brazil: Forest Ecology and Man.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer. A forest resources assessment publication*. Roma: Food and Agriculture Organization.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., . . . Kira, T. (2005). *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests*. Oecologia.
- Clark, D., & Clark, D. (2000). *Landscapescale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest*. Forest Ecology and Management.
- Clark, R., Zobel, R., & Zeto, S. (1999). Effects of mycorrhizal fungus isolates on mineral acquisition by *Panicum virgatum* in acidic soil. *Mycorrhiza*, 9, 167-176.
- Cunuhay, D., & Egüez, R. (2008). *Composición florística y estructura del remanente de bosque de galería de la Corporación Agrícola San Juan, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Dixon, R., Brown, R., Solomon, M., & Trexler, J. (1991). *Carbon pools and flux of global forest ecosystems*. Washington: Science.
- FAO. (2014). *Situación de los Bosques del Mundo*. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.
- Gadow, K., Sánchez, S., & Álvares, J. (2007). *Estructura y crecimiento del bosque*. Madrid: IUFRO World Series.
- Gentry, J. (1998). *Transectos de 0.1 ha realizado en varios lugares del Ecuador, copia de datos originales de algunos inéditos*. Napo: EcoCiencia.
- Golley, F. (1983). *Ecosystems of the World. 14 A. Tropical Forest Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam: Structure and Function.
- González, H., & Narváez, S. (2005). *Diagnóstico del Bosque de Galería de Hacienda las Mercedes*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- González, J. (2009). *Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del Río Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Herrera, E. (2008). *Estructura de la vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en la Cuenca Baja del Río Pambay, Puyo, Provincia de Pastaza*. Guayaquil. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Jørgensen, P., & León, S. (1999). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador*. Missouri, USA: Missouri Botanical Garden.
- Jungk, A., & Claassen, N. (1997). Ion diffusion in the soil-root system. *Advances in Agronomy*, 61, 53-110.
- Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology*. California: Addison Wesley Longman, Inc.
- Laumonier, Y., Edin, A., Kanninen, M., & Munandar, A. (2010). *Landscape-scale variation in the structure and biomass of the hill dipterocarp forest of Sumatra: Implications for carbon stock assessments*. Forest Ecology and Management.
- Lloyd, M., & Ghelardi, R. (1964). A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *Journal of Animal Ecology*.
- Marcelo, J., Reynel, P., Zevallos, F., & Pérez, A. (2007). *Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén*. Perú: Ecología Aplicada.
- McIntosh, R. (1967). *An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity*. Ecology.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (12 de Septiembre de 2015). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Obtenido de Subsecretaría de Patrimonio Natural: [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADO](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADO)
- Návar, J., Mendez, E., Graciano, J., Dale, V., & Parresol, B. (2004). *Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico*. *Journal of Arid Environments*.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., & Tanabe, K. (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. Institute for Global Environmental Strategies.
- Price, M., Gratzer, G., Alemayehu-Duguma, L., Kohler, T., Maselli, D., & Romeo, R. (2011). *Mountain Forests in a Changing World - Realizing Values, Addressing Challenges*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Swiss Agency for Development and Cooperation.
- Rey-Benayas, J., Newton, A., Díaz, A., & Bullock, J. (2009). *Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis*. Science.

- Salas, J., & Infante, A. (2006). *Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales*. Revista Forestal Latinoamericana.
- Schulze, E., Wirth, C., & Heimann, M. (2000). *Managing Forest after Kyoto*. Science.
- Seppelt, R., Dormann, C., Eppink, F., Lautenbach, S., & Schmidt, S. (2011). *A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead*. Journal of Applied Ecology.
- Shukla, A., Kumar, A., Jha, A., Chatuveredi, O., Prasad, R., & Gupta, A. (s.f.). Effects of shade on arbuscular mycorrhizal colonization and growth of crops and tree seedlings in Central India. *Agrofor. Syst*, 76, 95-109.
- Somarriba. (1999). *Índice de Diversidad de Shannon*. Agroforestería en las Américas.
- Valencia, R., Balslev, H., & Paz y Miño, G. (1994). *High tree alpha diversity in Amazonian Ecuador*. Biodiversity and Conservation.
- Vásquez, A., & Arellano, H. (7 de Abril de 2012). *Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba*. Obtenido de <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.0248.pdf>
- Watzlawick, L. S. (2001). Ecuaciones de biomasa aérea en plantaciones de *Araucaria angustifolia* en el sur del Estado del Paraná, Brasil. *Simposio Internacional - Medición y Monitoreo de la Captura de carbono en Ecosistemas*.
- Wittmann, F., Zorzi, T., Tambelini, F., Santiago, M., Rodrigues Faria, R., Machado, N., & E. Souza, R. M. (2008). *Tree Species Composition, Structure, and Aboveground Wood Biomass of a Riparian Forest of the Lower Miranda River, Southern Pantanal*. Brazil: Folia Geobot.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Certificado sistema URKUND

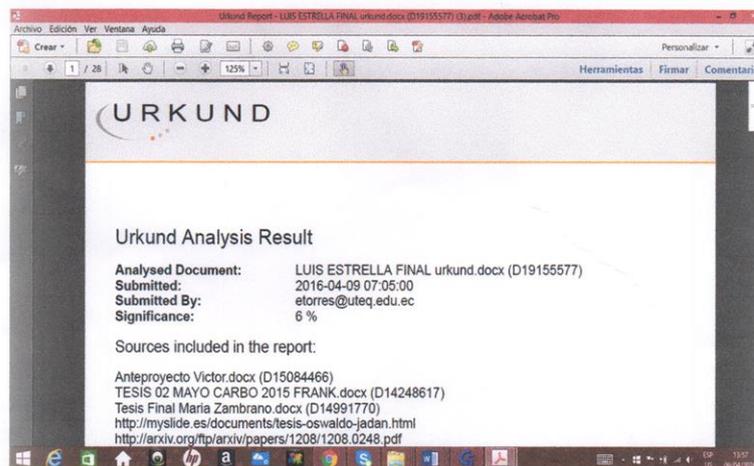
Quevedo, 08 de Abril de 2016

Ing.  
Roque Vivas Moreira, M.Sc.  
**DIRECTOR DE POSTGRADO UTEQ**  
Presente.-

De mis consideraciones:

En calidad de Director del Proyecto de Investigación **ANALISIS DE LA DIVERSIDAD FLORISTICA, CONCENTRACION DE BIOMASA AEREA Y CARBONO (C) EN UN BOSQUE SIEMPRE VERDE DE TIERRAS BAJAS DE 300 A 400 MSNM., EN LA AMAZONIA ECUATORIANA** me permito manifestar a usted y por su intermedio a los miembros del tribunal:

Que, el ING. FOR. **LUIS AMABLE ESTRELLA CAICEDO**, egresado de la Maestría en Manejo y Aprovechamiento Forestal, ha cumplido con las correcciones de su tesis de acuerdo al reglamento de Graduación de Postgrado de la UTEQ, y se ha subido su proyecto de grado al sistema URKUND. En este sentido, tengo a bien certificar la información reflejada en el sistema, con un porcentaje del 6%.



  
BOLIER TORRES NAVARRETE, M.Sc.  
Director de Proyecto del Investigación

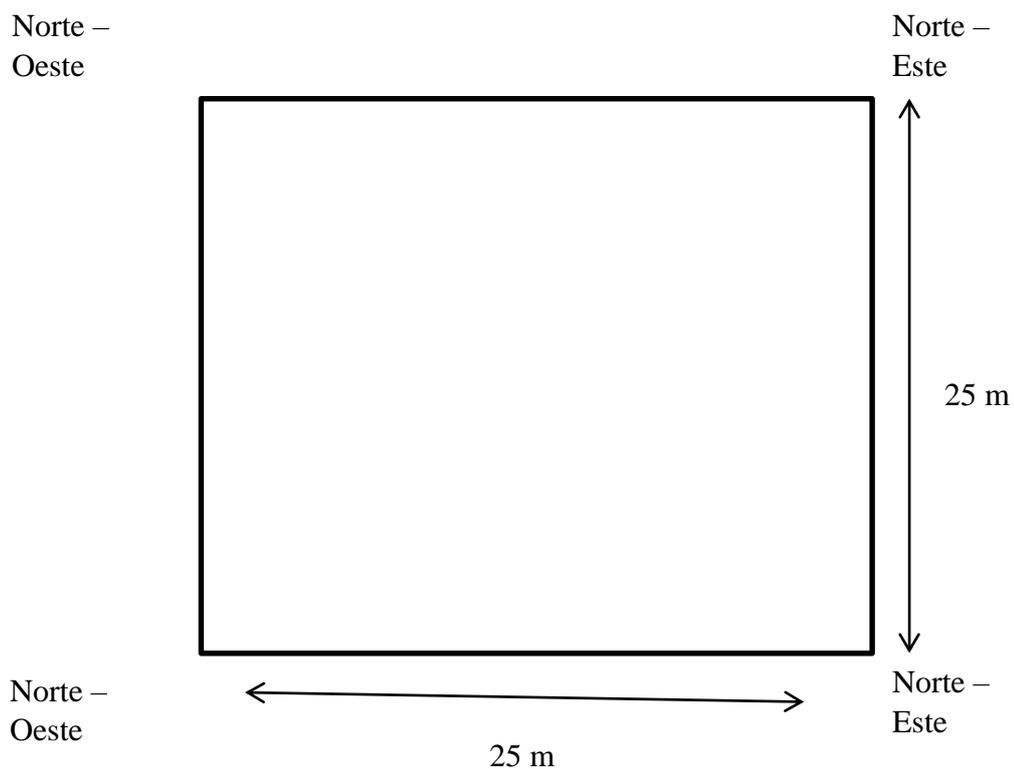
**Anexo 2.** Hoja de campo para evaluar árboles  $\geq 10$  cm DAP

|  |                |
|--|----------------|
| <b>PARCELA:</b> 25 x 25 m                                | <b>SECTOR:</b> |
| <b>EVALUACIÓN:</b> Individuos $\geq 10$ cm $\varnothing$ | <b>FECHA:</b>  |

| <b>Nro. Árbol</b> | <b>Nombre Común</b> | <b>DAP (cm)</b> | <b>Hc (m)</b> | <b>Observaciones</b> |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|----------------------|
| 1                 |                     |                 |               |                      |
| 2                 |                     |                 |               |                      |
| 3                 |                     |                 |               |                      |

**Anexo 3.** Esquema de las parcelas a implementarse

Dentro de estas parcelas de 625 m<sup>2</sup> se midieron y se registraron el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con un DAP superior a 10 cm.



**Anexo 4.** Hoja de campo para los perfiles estructurales

| No. Árbol | Nombre Común | DAP (cm) | HT (m) | Distancia de árboles (m) |   | Diámetro de Copa (m) |   | Observaciones |
|-----------|--------------|----------|--------|--------------------------|---|----------------------|---|---------------|
|           |              |          |        | Orientación              |   |                      |   |               |
|           |              |          |        | X                        | y | x                    | y |               |
|           |              |          |        |                          |   |                      |   |               |
|           |              |          |        |                          |   |                      |   |               |
|           |              |          |        |                          |   |                      |   |               |
|           |              |          |        |                          |   |                      |   |               |

**Anexo 5.** Representación gráfica de la estructura diamétrica del bosque

