UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

TEMA:

DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL CANTÓN CÁSCALES, PROVINCIA SUCUMBÍOS – ECUADOR PARA ENTENDER LA DINÁMICA DEL CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE MADURO.

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático

Autor

Cabezas Cabezas Richard Fernando

Tutora

Oleas Gallo Nora Helena, PhD

QUITO – ECUADOR

2022

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, Richard Fernando Cabezas Cabezas, declaro ser autor del Trabajo de Investigación con el nombre "DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL CANTÓN CÁSCALES, PROVINCIA SUCUMBÍOS – ECUADOR PARA ENTENDER LA DINÁMICA DEL CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE MADURO.", como requisito para optar al grado de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 10 días del mes de noviembre de 2022, firmo conforme:

Autor: Richard Fernando Cabezas Cabezas

Firmado electrónicamente por:
RICHARD FERNANDO CABEZAS CABEZAS

Firma: …….

Número de Cédula: 2100161260

Dirección: Pichincha, San Rafael, Urb. Eloy Alfaro

Correo Electrónico: richardbio@hotmail.com

Teléfono: 0939622114

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación "DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL CANTÓN CÁSCALES, PROVINCIA SUCUMBÍOS – ECUADOR PARA ENTENDER LA DINÁMICA DEL CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE MADURO." presentado por Richard Fernando Cabezas Cabezas, para optar por el Título Magister en Biodiversidad y Cambio Climático,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 10 de noviembre 2022

NORA HELENA OLEAS GALLO
Firmado digitalmente por NORA HELENA OLEAS GALLO
Fecha: 2022.11.21 12:02:35 -05'00'

……

Nora Helena Oleas Gallo PhD,

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 10 de noviembre 2022

Firmado electrónicamente por:
RICHARD FERNANDO
CABEZAS CABEZAS

.....

Richard Fernando Cabezas Cabezas

2100161260

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL CANTÓN CÁSCALES, PROVINCIA SUCUMBÍOS – ECUADOR PARA ENTENDER LA DINÁMICA DEL CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE MADURO, previo a la obtención del Título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 10 de noviembre 2022

Firmado electrónicamente por:
LAURA INES SALAZAR COTUGNO

Laura Salazar Cotugno, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO PATRICIO BONILLA BEDOYA

Santiago Bonilla Bedoya, PhD.

VOCAL

NORA HELENA OLEAS GALLO
Firmado digitalmente por NORA HELENA OLEAS GALLO
Fecha: 2022.11.21 12:02:14 -05'00'

Oleas Gallo Nora Helena, PhD

VOCAL

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada en principio a Nuestro Señor Dios todo poderoso, quien hace posible nuestra existencia en la Tierra.

Así mismo, este estudio es dedicado a toda mi familia, especialmente a mi madre Aura Erminda Cabezas, quien ha sido siempre el soporte para logras mis metas, a mi esposa Liliana Vaca por estar a mi lado apoyándome incondicionalmente, a mi hijo Benjamín Cabezas por ser el motor que impulsa mi vida, a mis hermanos Juan Cabezas, Jhon Cabezas y Alirio Cabezas quienes han estado siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Tecnológica Indoamérica, y en particular a la PhD. Nora Oleas por su dedicación y apoyo a la realización de este proyecto a través de sus sugerencias y recomendaciones.

A Juan Carlos Valencia por su apoyo incondicional en el desarrollo de la fase de campo, pues no hubiera sido posible sin su contribución.

Mi sincero agradecimiento al Dr. Carlos Cerón por su apoyo y colaboración brindada, así como también al Herbario Alfredo Paredes (QAP), y al Herbario Nacional (QCNE) por haberme brindado su apoyo en la realización de esta investigación.

Al Señor Orlin Ortiz propietario del sector Virgen del Carmen por su disposición a la realización de esta investigación. Agradezco a mi esposa por sus valiosos aportes a este estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN ii
APROBACIÓN DEL TUTOR iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD iv
APROBACIÓN TRIBUNAL v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN EJECUTIVO xii
ABSTRACT xiv
CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS 3
Objetivo General 3
Objetivos específicos 3
CAPÍTULO II 4
METODOLOGÍA 4
Línea de investigación 4
Área de estudio 4
Diversidad florística del Bosque Virgen del Carmen 6
Muestreo de la diversidad florística 6
Análisis de la diversidad florística 7
Diversidad alfa 8
Índice de diversidad de Shannon 8
Índice de Chao 1 8
Diversidad Beta 9
Índice de Bray-Curtis 9
Influencia del gradiente altitudinal en el almacenamiento de Carbono 9

Estimación en el almacenamiento de Carbono 10

Cálculo del stock de carbono en la biomasa aérea por hectárea. 10

Estimación del CO_2 almacenado en el bosque 10

RESULTADOS 11

Composición Florística 11

Diversidad Beta 15

Acumulación de carbono en la biomasa área 19

DISCUSIÓN 27

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32

Conclusiones 32

Recomendaciones 34

LITERATURA CITADA 35

ANEXOS 43

Anexo 1. Permiso de Investigación Científica 43

Anexo 2. Ficha de Campo para Evaluar individuos >10 cm. dap 50

Anexo 3. Anexo fotográfico 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Georreferenciación de las parcelas establecidas para el muestreo..... 7
Tabla 2. Número de Individuos más representativos registrados de las especies registradas en la Zona A y Zona B..... 12
Tabla 3. Número de Individuos más representativos registrados de las especies registradas en la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2..... 13
Tabla 4. IVI de las 10 especies más representativas de la Zona A. 18
Tabla 5. IVI de las 10 especies más representativas de la réplica de la Zona B.. 19
Tabla 6. Descripción de la producción de biomasa, carbono y CO2 por parcela y especies, en un gradiente altitudinal. 20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio e implantación de parcelas permanentes en Zona A (700 m.s.n.m – P1 y RP-1) y Zona B (400 m.s.n.m – P2 y RP-2). 5
Figura 2. Frecuencia de individuos, géneros y familias de las especies registradas en la Zona A (700 m.s.n.m) y en la Zona B (400 m.s.n.m). 11
Figura 3. Frecuencia de individuos, géneros y familias de las especies registradas en la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2. 13
Figura 4. Volumen total y Volumen comercial calculado en la Zona A y Zona B. 18
Figura 5. Índice de Shannon-Wiener de la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 6. Porcentaje de similitud entre los sitios de muestreo según Bray-Curtis...**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 7. Curva de Acumulación y Estimador Chao 1 para en el área de estudio...**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 8. Producción de biomasa, carbono y CO2 por hectárea según rango altitudinal. 20
Figura 9. Producción de biomasa, carbono y CO2 por especie según rango altitudinal.. 21
Figura 10. Producción de biomasa, carbono y CO_2 por parcela y réplica de la zona A .. 21
Figura 11. Producción de biomasa, carbono y CO2 por parcela y réplica de la zona B.. 22
Figura 12. Producción de biomasa por familia en la parcela y réplica de la zona A 22
Figura 13. Producción de carbono por familia en la parcela y réplica de la zona A..... 23
Figura 14. Producción de biomasa por familia en la parcela y réplica de la zona B. 23
Figura 15. Producción de carbono por familia en la parcela y réplica de la zona B..... 24
Figura 16. Absorción de Carbono por especie en cada zona A 25
Figura 17. Absorción de Carbono por especie en cada zona B..... 25
Figura 18. Correlación entre el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) ~ Biomasa Forestal. 26

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRIA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

TEMA: DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL CANTÓN CÁSCALES, PROVINCIA SUCUMBÍOS – ECUADOR PARA ENTENDER LA DINÁMICA DEL CICLO DEL CARBONO EN UN BOSQUE MADURO.

AUTOR: Richard Fernando Cabezas Cabezas

TUTOR: Oleas Gallo Nora Helena, PhD.

RESUMEN EJECUTIVO

Un efecto directo del cambio climático es la pérdida de bosques/deforestación a nivel mundial. Está perdida de bosque implica que no exista una fijación del CO_2 y carbono que es liberada al ambiente. Aun son escasos los estudios que identifiquen cuál es la dinámica del carbono en los bosques tropicales y si la elevación es un factor determinante en la captura de Carbono. Para este efecto, se busca determinar la diversidad florística y estimación del carbono en la biomasa aérea a lo largo de una gradiente altitudinal para entender la dinámica del ciclo del carbono en un bosque maduro. Para esto se analizó la diversidad alfa y beta de dos parcelas de bosque a diferentes elevaciones (Zona A: 700 m.s.n.m; Zona B: 400 m.s.n.m), y se estudió la generación de biomasa, stock de Carbono y CO_2. Para esto se aplicó análisis de diversidad alfa (Shannon-Wiener y Chao1), diversidad Beta (Bray-Curtis e IVI) y modelos alométricos en base a características de la biodiversidad para obtener la biomasa y el Stock de Carbono en el bosque maduro. Se registraron 53 familias, 270 especies con 728 individuos. Las especies con mayor importancia ecológica en la zona A fueron *Iriartea deltoidea* (7,61%), y *Sloanea obtusifolia* (4,70%); mientras en la Zona B *Iriartea deltoidea* (14,09%), y *Pouteria baehniana* (5,66%). En cuanto al análisis de acumulación de carbono en biomasa aérea, se determinó que la Zona A (429,86 Mg. ha-1) tiene mayor acumulación que en la zona B (257,29 Mg. ha-1), lo que significa que existe una absorción de 214,93 Mg.

ha-1 de C y 128,65 Mg. ha-1 de C, respectivamente. Por lo que, se concluyó que la elevación en un bosque maduro es determinante en la captura de carbono y producción de biomasa. Este estudio contribuye brinda información acerca de la importancia de la conservación de los bosques tropicales como objetivo para mitigar el cambio climático.

Palabras clave: Amazonía, Biomasa, Carbono, Composición florística, Gradiente altitudinal.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

POSGRADOS

CARRERA: MAESTRIA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMATICO

AUTOR: Richard Fernando Cabezas Cabezas.

TUTOR: Oleas Gallo Nora Helena, PhD.

FLORISTIC DIVERSITY AND ESTIMATION OF CARBON IN AERIAL BIOMASS ALONG AN ALTITUDINAL GRADIENT IN CÁSCALES CANTON, SUCUMBÍOS PROVINCE – ECUADOR TO UNDERSTAND THE DYNAMICS OF THE CARBON CYCLE IN A MATURE FOREST.

ABSTRACT

A direct effect of climate change is global forest loss/deforestation. This loss of forest implies that there is no fixation of CO2 and carbon that is released into the environment. There are still few studies that identify the carbon dynamics in tropical forests and whether elevation is a determining factor in carbon sequestration. For this purpose, it seeks to determine the floristic diversity and estimation of carbon in the aerial biomass along an altitudinal gradient to understand the dynamics of the carbon cycle in a mature forest. For this, the alpha and beta diversity of two forest plots at different elevations (Zone A: 700 m.s.n.m; Zone B: 400 m.s.n.m) was analyzed, and the generation of biomass, carbon stock and CO2 were studied. For this, analysis of alpha diversity (Shannon-Wiener and Chao1), Beta diversity (Bray-Curtis and IVI) and allometric models based on biodiversity characteristics were applied to obtain the biomass and Carbon Stock in the mature forest. 53 families were registered, 270 species with 728 individuals. The species with the greatest ecological importance in zone A were Iriartea deltoidea (7.61%), and Sloanea obtusifolia (4.70%); while in Zone B Iriartea deltoidea (14.09%), and Pouteria baehniana (5.66%). Regarding the analysis of carbon accumulation in aerial biomass, it was determined that Zone A (429.86 Mg. ha-1) has a higher accumulation than Zone B (257.29 Mg. ha-1), which means that

there is an absorption of 214.93 Mg. ha-1 of C and 128.65 Mg. ha-1 of C, respectively. Therefore, it was concluded that the elevation in a mature forest is determinant in carbon sequestration and biomass production. This study contributes to providing information about the importance of conserving tropical forests as an objective to mitigate climate change.

Keywords: Amazon, Biomass, Carbon, Floristic composition, Altitudinal

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una amenaza constante para la humanidad, debido a que el incremento de gases de efecto invernadero se concentran en la atmósfera e incrementan la temperatura del aire próximo al suelo (Percy et al., 2003). La concentración del CO_2 en la atmósfera exacerbo debido al uso excesivo de combustibles fósiles, el incremento del avance de la frontera agrícola, la modificación de cursos y/o eliminación de sistemas hídricos y los asentamientos humanos desordenados (Cerón, 2005; Francou et al., 2003). La urbanización de las ciudades intensifica la presencia de olas de calor, precipitaciones medias y fuertes causando el incremento de la escorrentía a los ríos y el viento en las ciudades (Apontes et al., 2021).

Del total de la superficie terrestre, 4.000 millones de hectáreas está ocupada por bosques localizados en las zonas tropicales y subtropicales (Chazdon y Montgomery, 2002; Clark et al., 2001). Según Avendaño et al. (2009), un árbol puede almacenar hasta el 84% de la biomasa, de esta cantidad el 46% es carbono, siendo que los árboles jóvenes fijan más carbono que los árboles maduros (Cadena y Ángeles, 2005). El carbono se fija en las copas de los árboles y se conserva a través del tiempo en la materia orgánica producida por los árboles muertos del bosque, producto de la dinámica natural de los bosques (IPCC, 2020). La cuantificación del carbono almacenado en bosques tiene relevante importancia al momento de promover su conservación (Salas et al., 2020). Inclusive puede determinarse la cantidad de carbono que fijan los bosques dependiendo de la diversidad, edad, y distribución de los árboles en los bosques (Figueroa-Navarro et al., 2005). Definitivamente, los bosques maduros ayudarían a mitigar el cambio

climático mediante la captura, almacenamiento y fijación del CO_2 atmosférico en la biomasa y en el suelo (Honorio y Baker, 2010; Fonseca et al., 2013).

A nivel mundial los patrones de precipitación han cambiado por influencia humana. Siendo así que, la morfología de las especies pueden ser elementos a considerar pues mientras su biomasa aumenta y las nuevas ramas se generan, la reserva de agua ambiental fijará la permanencia e intensidad de las estaciones, mientras la temperatura se eleva los bosques tropicales adquieren mayor cantidad de agua y la producción leñosa aumenta en altura y biomasa (Muller-Landau et al., 2021). Entonces estos cambios en los patrones de precipitación podrían modificar la estructura de los bosques.

El CO_2 influye ampliamente en los ciclos naturales de clima, agua y en procesos biológicos y químicos que contratan directamente en la calidad y disponibilidad del agua, en la producción de alimentos y la biodiversidad global (IPCC, 2021). Es conocido que los bosques tropicales tienen una alta biodiversidad, es así que, su conservación depende de factores climáticos, biológicos, geológicos, químicos y demás condiciones que deben mantenerse para su conservación. Estas condiciones se ven amenazadas por el cambio climático global, producido por las actividades antrópicas y que progresivamente han causado una variación en cuanto a la cantidad de carbono almacenado, elevación de la temperatura ambiental y los cambios en la cantidad de nutrientes de los suelos (Muller-Landau et al., 2021).

Ecuador es uno de los países andino - tropicales con mayor biodiversidad por unidad de área, las 18,198 especies de flora registradas en Ecuador representan el 7,68% de plantas vasculares en el planeta (Neil y Ulloa-Ulloa, 2011). Por lo que el tema de cambio climático ha sido abordado en diversos sectores donde la evaluación y valoración del carbono almacenado es un tema de importancia nacional (MAE, 2013). Sin embargo, son todavía muy pocos los estudios enfocados en este tema en el país.

La presencia de bosques ayuda a mitigar el cambio climático a través del proceso fotosintético de los árboles para fijar dióxido de carbono (CO_2) en la biomasa, con el objetivo de transferirlo al mantillo del suelo en descomposición y así convertir a

los bosques en reservorios de carbono (Vásquez y Arellano, 2012; Ordóñez y De Jong 2001). Por tanto, es relevante cuantificar el carbono almacenado en los bosques para promover su conservación (Salas et al., 2020). Por lo que conservar los ecosistemas boscosos disminuirá la cantidad de carbono emitido a la atmósfera (Torres y Guevara, 2002).

Hay que tomar en cuenta que los efectos del cambio climático se incrementan exponencialmente, por ende, los estudios sobre biomasa son necesarios para conocer las funciones ecológicas de los ecosistemas y su almacenamiento de carbono, ya que son afines a elementos estructurales y de diversidad (Günter, et al., 2007); de igual forma, se vincula con el análisis del gradiente altitudinal, pues permite conocer la producción de biomasa con respecto a las tasas de crecimiento de los árboles, disminución y aumento de temperatura, nutrientes del suelo, precipitación y otros parámetros (Coomes y Allen 2007; Korner, 2007; Moser et al., 2011).

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la diversidad florística y estimación del carbono en la biomasa aérea a lo largo de una gradiente altitudinal en el Cantón Cáscales, Provincia Sucumbíos – Ecuador para entender la dinámica del ciclo del carbono en un bosque maduro.

Objetivos específicos

- Estimar la diversidad florística a lo largo de una gradiente altitudinal en dos sitios de estudio.

- Determinar la influencia de la elevación en el almacenamiento de carbono en los dos sitios de estudio.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Línea de investigación

El estudio se desarrolló dentro de las líneas de investigación de Biodiversidad, Biogeografía y Cambio Climático. El propósito de la investigación es contribuir al conocimiento de la biodiversidad del país, así como conocer la dinámica en el almacenamiento de dióxido de carbono (CO_2), carbono (C) y producción de biomasa aérea (BA) de las especies vegetales. De igual forma, analizar la influencia que tiene la gradiente altitudinal en estos aspectos de almacenamiento de CO_2, C y en la producción de BA. Los resultados de este estudio aportarán al conocimiento científico y a la conservación de los bosques que contribuyen a mitigar el cambio climático.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Bosque Maduro Virgen del Carmen, ubicado en la parroquia El Dorado de Cáscales, Cáscales - Sucumbíos. El Bosque Maduro Virgen del Carmen comprende 100 hectáreas de extensión, presenta características intrínsecas de Bosque No Inundable y de Bosque Montano con alta densidad vegetal. Abarca rangos altitudinales a partir de los 400 a 700 m s. n. m. Se encuentra en el ecosistema Bosque Siempreverde Piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013). En este tipo de bosque la composición florística es compleja y presenta un dosel estratificado que va desde los 15 hasta los 35 m de alto, de suelos muy colinados intercalados con largas planicies y de composición ácidos y bien drenados (MAE, 2013).

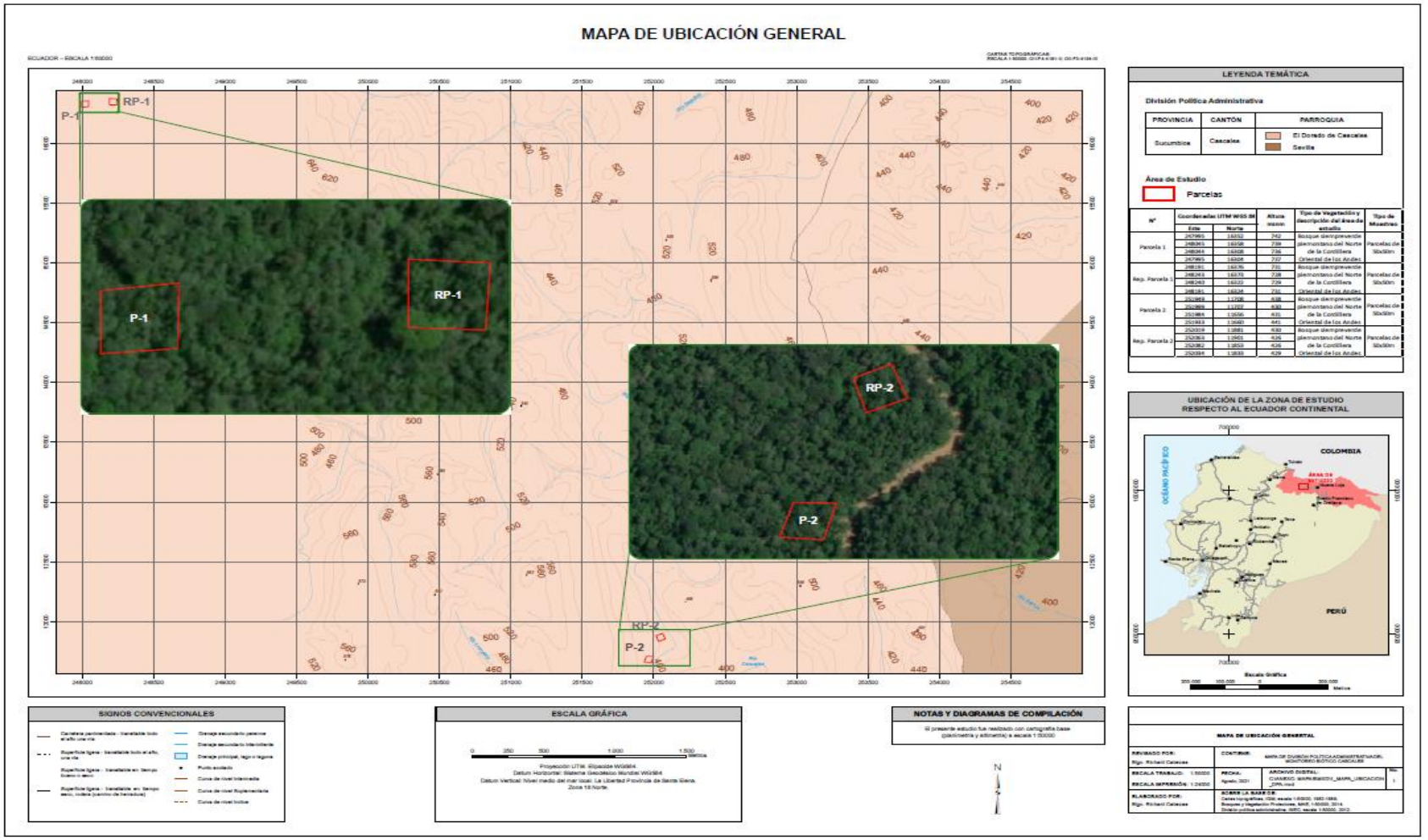

Figura 1. Área de estudio e implantación de parcelas permanentes en Zona A (700 m.s.n.m. – P1 y RP-1) y Zona B (400 m.s.n.m. – P2 y RP-2)

Diversidad florística del Bosque Virgen del Carmen

Los bosques en la Amazonía tienen composiciones complejas, al tener una diversidad muy variada o debido al tipo de ecosistema al que pertenecen bosque húmedo tropical, bosque seco, bosque montano, Se sabe que la diferencia en la morfología de las especies vegetales difiere entre sectores altos y bajos, así como la presencia ausencia de especies vegetales. Para determinar la diversidad florística y estimación del carbono a lo largo de una gradiente altitudinal se establecieron dos zonas (A: 700 m.s.n.m. y B: 400 m.s.n.m.), en donde, se realizaron dos parcelas permanentes de 50 x 50 m por cada zona, (Zona A: P-1 y RP-1; Zona B: P-2 y RP-2; Figura 1).

Muestreo de la diversidad florística

Para estimar la diversidad florística del bosque Maduro del Carmen se realizó un análisis de la diversidad Alfa y Beta. Para esto se implementaron índices de diversidad de Chao 1, la curva de acumulación de especies y Shannon –Weinner, la curva de abundancia de especies, mientras que para la determinación de la diversidad beta, se aplicó el índice de Bray-Curtis, se obtuvo la dominancia relativa (DmR), densidad Relativa (DR), el área basal (AB) para obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI). La recolección de muestras se realizó en diciembre de 2021 durante 21 días, con un esfuerzo de muestreo de 10h/día. Para tomar las muestras se consideraron los factores del estado de conservación de los bosques se tomaron datos de las especies de árboles y arbustos con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) ≥ 10 cm, además se tomó la altura total (HT) y la altura comercial (HC). La localización de las parcelas estudiadas se presenta en la Tabla 1.

Para delimitar cada parcela, en las cuatro esquinas se utilizaron tubos PVC de 5 cm de diámetro x 2 m de longitud. Los tubos se pintaron de un color llamativo para observar la delimitación. Se colocaron placas metálicas numeradas desde uno (1) en adelante. Para evitar el daño en los fustes de los árboles se colocaron las placas de metal sujetas con hilo nylon (Cerón, 2015). Previo a la ejecución de la recolección de muestras se gestionó el permiso de investigación con la Autoridad Ambiental en la provincia de Sucumbíos, en la ciudad de Lago Agrio (Permiso Nro. MAAE-ARSFC-2021-1544).

Tabla 1. Georreferenciación de las parcelas establecidas para el muestreo.

	N°	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18 M)		Altura m.s.n.m.
		Este	Norte	
Zona A	**Parcela 1 (P-1)**	247995	16352	742
		248045	16358	739
		248044	16308	736
		247995	16304	737
	Rep. Parcela 1 (RP-1)	248191	16376	731
		248243	16373	728
		248240	16322	729
		248191	16324	731
Zona B	**Parcela 2 (P-2)**	251949	11708	438
		251999	11707	430
		251984	11656	431
		251933	11660	441
	Rep. Parcela 2 (RP-2)	252019	11881	430
		252063	11901	426
		252082	11853	426
		252034	11833	429

La identificación taxonómica de las especies registradas se realizó en el Herbario Alfredo Paredes (QAP) de la Universidad Central del Ecuador y en el Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO) sección Herbario Nacional (QCNE). Las muestras fueron ingresadas en el QAP con número de colección del 6530 al 7212. Las especies determinadas fueron revisadas en el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jørgensen y León-Yánez, 1999).

La clasificación botánica y la revisión de los nombres científicos registrados en campo se lo realizó en base al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jørgensen y León-Yánez, 1999), la Enciclopedia de Plantas Útiles del Ecuador (De la Torre et al., 2008) y en la base de datos del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org, 2021). El endemismo y categoría de amenaza de las especies se revisaron en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador, 2ª Edición (León-Yánez et al., 2011). Las especies fueron identificadas en el Herbario Nacional (QCNE) y el Herbario Alfredo Paredes (QAP); adicionalmente, se registró con fotografías el tipo de vegetación dominante en cada sector.

Análisis de la diversidad florística

Se realizó el análisis de diversidad florística Alfa (índice de diversidad de Shannon, la curva de abundancia de especies, el índice de Chao 1, la curva de acumulación de especies) y Beta (Bray-Curtis), (Aguirre, 2013; Eguiguren et al.,

2020; Moreno, 2000). Para esto se empleó el área basal (AB), densidad relativa (DR), dominancia relativa (DmR), índice de valor de importancia (IVI), riqueza y abundancia (Aguirre, 2013; Moreno, 2000).

Diversidad alfa

La diversidad alfa determina la biodiversidad esencial de cada comunidad vegetal. Para la determinación de la diversidad se pueden incluir varios índices que demuestran la importancia ecológica de las especies estudiadas (Campos, 2020). En el presente estudio se empleó los índices de diversidad de Shannon y Chao 1.

Índice de diversidad de Shannon

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Magurran, 2021). Así como también, mide el grado de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Aguirre, 2013). Además, asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies de una comunidad están representadas en la muestra (Martella et al., 2012). Para su implementación se aplicó $H' = -\sum_{i=1}^{S}(Pi)\ (Ln\ Pi)$. Dónde: *H* representa el índice de la diversidad de la especie, *S* el número de especies, *Ln* es el logaritmo natural y *Pi* representa la proporción de la muestra que corresponde a la especie *i*. Para su interpretación se pueden obtener valores entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de *S* cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. La diversidad baja se comprende entre 0 y 1,35, diversidad media entre 1,36 a 3,5 y la diversidad alta con valores > 3,5 (Cunuhay y Egüez, 2008).

Índice de Chao 1

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra donde se calcula mediante la fórmula $Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$; Dónde: *S* representa el número de especies en una muestra, *a* determina el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra y *b* es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (Moreno, 2000).

Diversidad Beta

La diversidad beta expresa el grado de similitud en composición de especies y sus abundancias entre dos o más muestras. Comprende el grado de heterogeneidad que puede existir dentro de un ecosistema mediante las tasas de cambio en la composición de especies o medidas de similitud (Campos, 2020). El análisis de diversidad beta se realiza con la finalidad de comparar las diferencias en diversidad (Bray-Curtis) entre secciones de estudio, y determinar los cambios a mediano y largo plazo en relación al efecto de borde (Reynaldo et al., 2016).

Índice de Bray-Curtis

Este es un índice simple que refleja lo distintas que pueden ser dos localidades basado en los conteos de composición de especies en cada uno (Reynaldo et al., 2016). Se calcula mediante la fórmula IBC=1−Σ(xi−yi) / Σ(xi−yi) (Argumedo y Siqueiros, 2008). Donde, *xi* representa la abundancia o densidad de especies *i* en un conjunto 1 y *yi* es abundancia de las especies en el otro.

Influencia del gradiente altitudinal en el almacenamiento de Carbono

Para verificar la influencia de la gradiente altitudinal se cuantificó la biomasa y el carbono. Para esto se emplearon modelos alométricos para determinar la cantidad de biomasa presente en cada parcela permanente a diferente elevación, expresada en Mg ha^{-1} (Brown et al., 1989). En la determinación alométrica para biomasa se empleó la gravedad especifica de las especies en g/cm³ (ρ) y el DAP en la fórmula $Y = \rho\, x\, exp[-1{,}499 + 2{,}148ln(D^{1},^{30}) + 0{,}207(ln(D_{1,30}))^{2} - 0{,}0281(D_{1,30}))^{3}]$ (Chave, 2005). Esta fórmula se emplea para la cuantificación de biomasa en bosques tropicales (Chave, 2005). Para calcular la gravedad específica de la madera se utilizó la lista de densidades de maderas de la FAO; cuando la gravedad especifica (ρ) no estuvo disponible se utilizó la media global para América del Sur tropical (0,632 g cm-3) (Zanne et al., 2009).

Estos modelos alométricos ayudan a establecer relaciones de dependencia con base en las relaciones entre DAP (variable independiente) y Biomasa y Carbono (variable dependiente). Esto, debido a que se afirma que el DAP es una de las variables dendrométricas que mayormente se ajusta a la biomasa (Fonseca et al., 2013). La ecuación empleada es usada frecuentemente en estos tipos de

ecosistemas, especialmente en la Amazonía. El cálculo presentó eficiencia en el análisis con respecto a los factores analizados como la biomasa área, DAP, y la gradiente altitudinal (Cuenca et al., 2014; Torres et al., 2019; Vashum y Jayakumar, 2012).

Estimación en el almacenamiento de Carbono

La estimación del carbono almacenado en el bosque, se calculó a partir de los datos de biomasa forestal del área de estudio y se aplicó la fracción de carbono de 0,5 (asumiendo que el 50% del peso de los individuos es carbono; IPCC, 1995, Penman, 2003). La fórmula para la obtención del carbono almacenado es $C = B\ x\ Fc$. Dónde: *C* es carbono en megatonelada (Mg) de carbono, *B* es la biomasa (Mg) y *Fc* es fracción de carbono (0,5) (Jumbo et al., 2018). Esta conversión fue propuesta por el Grupo Intergubernamental que ha estudiado con profundidad el Cambio Climático. (IPCC, 2014) Los valores obtenidos se compararon con los promedios de los totales de cada parcela por piso altitudinal.

Cálculo del stock de carbono en la biomasa aérea por hectárea.

Con los datos de la biomasa aérea (Mg/árbol), se realiza el análisis de la biomasa total por hectárea (Mg/ha), el resultado será multiplicado por el valor total que se calculó en la parcela, y éste a su vez por el factor de conversión, tomando en cuenta el área de la parcela analizada (500 m^2) (Salas et al., 2017).La fórmula a aplicar será, $BA = \Sigma\ (AU/1\ 000)\ x\ (10\ 000/área\ de\ la\ parcela)$, donde, *BA* = Biomasa arbórea sobre el suelo (Mg MS/ha), $\Sigma\ AU$ = Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela (Kg MS), *Factor 1000* = Conversión de las unidades de la muestra de kg MS/Mg MS, *Factor 10 000* = Conversión del área (m^2) a hectárea (ha).

Estimación del CO_2 almacenado en el bosque

Para establecer la cantidad de CO_2 almacenado a partir de la cantidad de carbono se aplicó la fórmula $CO_2 = C*3,67$ (IPCC, 2016). Dónde: el CO_2 determina la cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas, *C* es el carbono calculado que se almacena en la parcela y *3,67* es la fracción en Mg de CO_2 que se utiliza para convertir el carbono en Megagramos (Mg) de CO_2. (Jumbo et al., 2018).

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Composición Florística

De los muestreos realizados en el Bosque Maduro Virgen del Carmen (1 ha) se registraron un total de 728 individuos, categorizadas en 270 especies vegetales, 130 géneros y 53 familias. De los cuales, las especies más representativa son *Iriartea deltoidea* (N= 87), *Pouteria baehniana* (N = 24) y *Pseudolmedia laevigata* (N=18). Por su parte, los géneros más representativos son *Iriartea* con 87 individuos, seguido de *Pouteria* (N= 43) y *Guarea* con 25 individuos. Mientras que, las familias botánicas con mayor número de individuos son Arecaceae (N= 91), seguido de Fabaceae (N= 53) y Moraceae (N= 51), entre las más representativas.

En la Zona A (700 m.s.n.m.) se registraron un total de 397 individuos, clasificados en 182 especies, 101 géneros y 45 familias. En la Zona B (400 m.s.n.m.) se registraron 331 individuos 161 especies, 87 géneros y 39 familias; con un DAP ≥ 10 cm., (Figura 2).

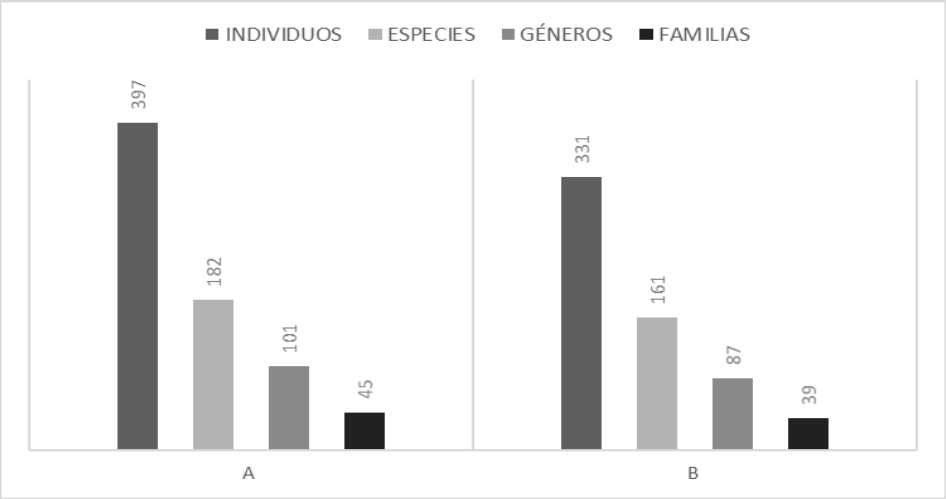

Figura 2. Frecuencia de individuos, géneros y familias de las especies registradas en la Zona A (700 m.s.n.m.) y en la Zona B (400 m.s.n.m.).

Tabla 2. Número de Individuos más representativos registrados de las especies registradas en la Zona A y Zona B.

Familias	Especie	Zona A (700 m.s.n.m.)	Zona B (400 m.s.n.m.)
Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	37	50
Sapotaceae	*Pouteria baehniana*	10	14
Moraceae	*Otoba parvifolia*	2	8
Meliaceae	*Duroia hirsuta*	3	7
Violaceae	*Pseudolmedia laevigata*	12	6
Rubiaceae	*Leonia glycycarpa*	9	5
Myristicaceae	*Guarea kunthiana*	13	4
Fabaceae	*Browneopsis ucayalina*	5	4
Myristicaceae	*Perebea guianensis*	1	4
Lecythidaceae	*Virola calophylla*	5	3
Myristicaceae	*Eschweilera coriacea*	3	3
Hypericaceae	*Grias neuberthii*	3	3
Fabaceae	*Virola duckei*	3	3
Moraceae	*Eugenia muricata*	2	3
Lecythidaceae	*Protium aracouchini*	2	3

En la Zona A, las familias de árboles con mayor riqueza de especies en este nivel altitudinal fueron Fabaceae (16 especies), Rubiaceae y Sapotaceae (15 especies), Lauraceae (14 especies), Myristicaceae y Myrtaceae (11 especies), Malvaceae (10 especies), Moraceae (9 especies), Burseraceae (7 especies) y Annonaceae (6 especies). Mientras que, en la zona B, las familias más dominantes fueron Fabaceae (18 especies), Lauraceae y Myrtaceae (13 especies), Burseraceae y Moraceae (10 especies), Malvaceae, Myristicaceae y Rubiaceae (8 especies), Annonaceae y Arecaceae (6 especies).

De la zona A, en la parcela 1 (P-1) se registraron 202 individuos clasificados en, 77 géneros, 41 familias y 113 especies, de la cuales, *Iriartea deltoidea* se encuentra en mayor proporción con 18 individuos, seguida de *Guarea kunthiana* y *Pouteria baehniana* con seis individuos respectivamente. Mientras que, en la réplica de la parcela 1 (RP-1) se identificaron 195 individuos, clasificados en 75 géneros, 37 familias y 113 especies; de las cuales, *Iriartea deltoidea* es la más representativa con 19 individuos, seguida de *Leonia glycycarpa* con ocho individuos.

De la zona B, en la parcela 2 (P-2) se registraron 184 individuos clasificados en 68 géneros, 30 familias y 101 especies; de la cuales, *Iriartea deltoidea* se encuentra en mayor proporción con 30 individuos, seguida de *Marila pluricostata*, *Otoba parvifolia*, *Pentagonia william*, *Pouteria baehniana y Cecropia ficifolia* respectivamente. Mientras que, en la réplica de la parcela 2 (RP-2) se identificaron 147 individuos, clasificados en 65 géneros, 34 familias y 99 Especies; de las cuales, *Iriartea deltoidea* con 20 individuos, es la más representativa, seguida de *Pouteria baehniana* con nueve individuos, *Unonopsis spectabilis* con cuatro individuos.

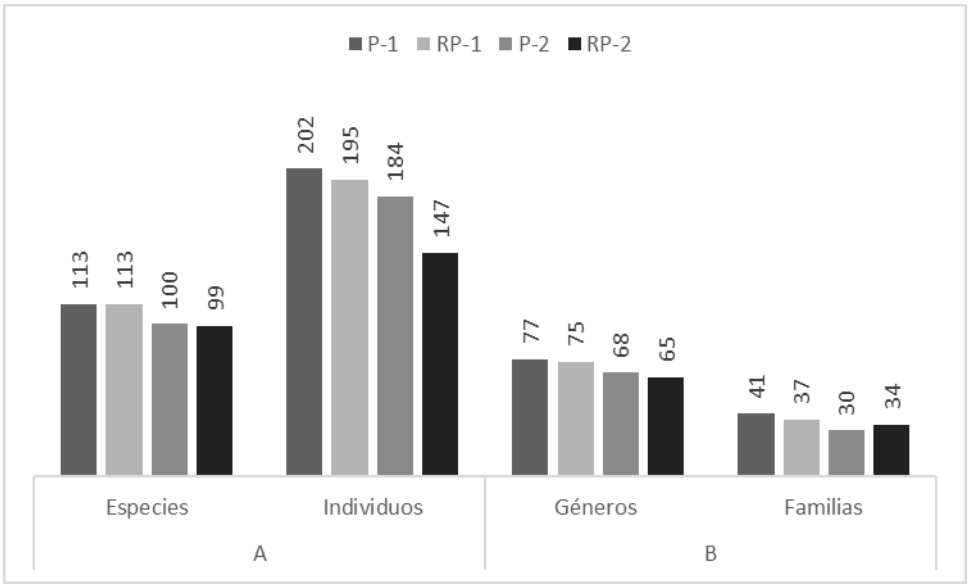

Figura 3. Frecuencia de individuos, géneros y familias de las especies registradas en la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2.

Tabla 3. Número de Individuos más representativos registrados de las especies registradas en la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2.

Familias	Especie	Zona A (700 m.s.n.m.)		Zona B (400 m.s.n.m.)	
		P-1	RP-1	P-2	RP-2
Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	18	19	30	20
Sapotaceae	*Pouteria baehniana*	6	4	5	9
Moraceae	*Pseudolmedia laevigata*	5	7	4	2
Meliaceae	*Guarea kunthiana*	6	7	2	2
Violaceae	*Leonia glycycarpa*	1	8	3	2
Myristicaceae	*Symphonia globulifera*	5	6	0	0
Rubiaceae	*Duroia hirsuta*	2	1	4	3
Myristicaceae	*Otoba parvifolia*	1	1	5	3
Fabaceae	*Browneopsis ucayalina*	3	2	3	1

Familias	Especie	Zona A (700 m.s.n.m.)		Zona B (400 m.s.n.m.)	
		P-1	RP-1	P-2	RP-2
Vochysiaceae	*Erisma uncinatum*	2	5	1	0
Myristicaceae	*Virola calophylla*	2	3	1	2
Sapotaceae	*Pouteria torta*	3	3	1	0
Lecythidaceae	*Eschweilera coriacea*	1	2	1	2
Lecythidaceae	*Grias neuberthii*	1	2	1	2
Calophyllaceae	*Marila pluricostata*	0	0	5	1

Simbología: P-1=Parcela 1; RP-2=Réplica Parcela 2; P-2=Parcela 2; RP2= Réplica Parcela 2.

Diversidad florística

Diversidad Alfa

El índice utilizado para analizar la diversidad de cada parcela fue el índice de Shannon –Weinner. De acuerdo al índice, el valor más alto se registró en la Parcela 1 con 4,45 (113 especies), seguido de la Réplica 1 con 4,38 (113 especies); con el menor valor tuvo la Parcela 2 con 4,15 (100 especies): mientras que la Réplica 2 registró 4,23 (99 especies).

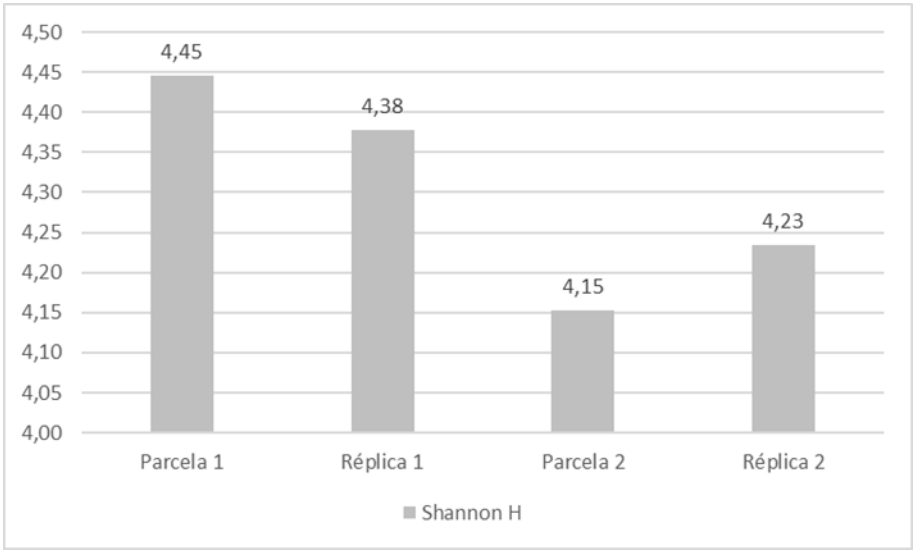

Figura 5. Índice de Shannon-Wiener de la Parcela 1, Réplica 1, Parcela 2 y Réplica 2.

Curva de acumulación y Chao 1

La curva de acumulación de especies florísticas registradas en las Zona A y B obtuvo un total de 728 individuos de árboles, se determinó un total de 274 especies registradas. El estimador indicó que potencialmente se podría registrar 406 especies, lo que representa el 67% de eficiencia, pues en el estudio se reportaron 274 especies (Figura 7).

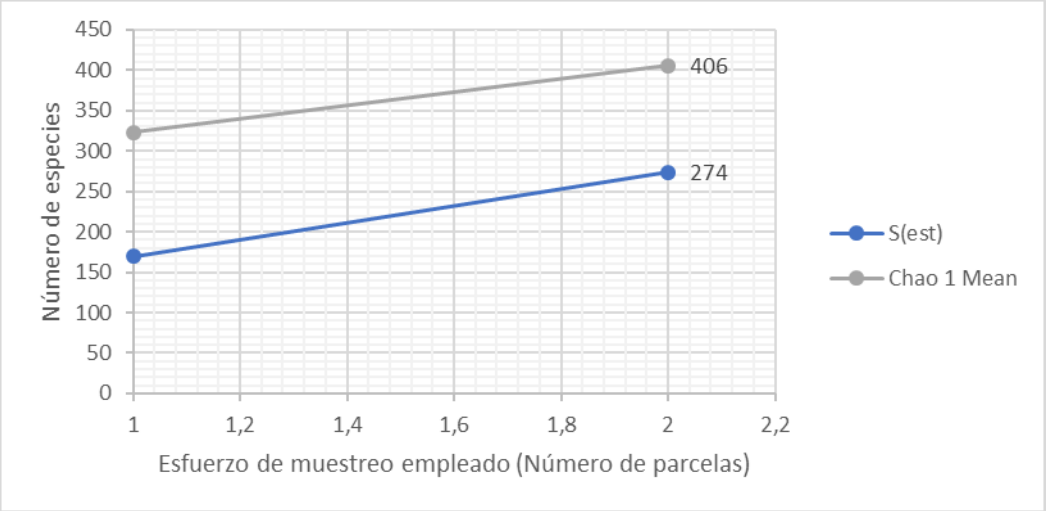

Figura 4. Curva de Acumulación y Estimador Chao 1 para en el área de estudio
En azul: especies observadas acumuladas en las unidades de muestreo (zona 1 y zona 2). En gris: estimador de riqueza de especies de Chao para datos basados en abundancia (Chao 1).

Diversidad Beta

Índice de Similitud de Bray Curtis

Durante el muestreo formal se registraron 270 especies; en el cladograma se formaron dos grupos que asocian la parcela 1 con la réplica 1 con el 44% de similitud; el otro grupo se formó por la parcela 2 y la réplica 2 con el 45%, y éstos a la vez agrupó en una unidad a la Zona A y la Zona B con un porcentaje de similitud del 35% (Figura 6).

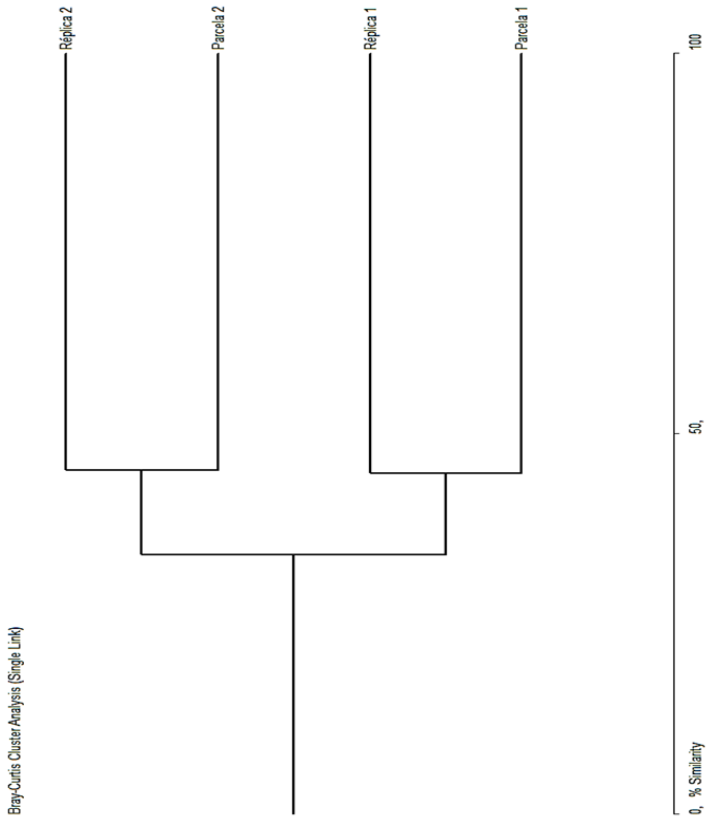

Figura 5. Porcentaje de similitud entre los sitios de muestreo según Bray-Curtis.

Para la determinación del IVI se calculó el área basal total, con un resultado de 40,415 m². En la Zona A se obtuvo un área basal total de 24,09m²; la especie con mayor área basal es *Sloanea obtusifolia* con 2,01 m²; seguido de la especie *Compsoneura capitellata* con 1,75 m²; de igual forma se registró a la especie *Iriartea deltoidea* con 1,42 m². El área basal total en la Zona B es de 16,32 m²; la especie con mayor área basal es *Iriartea deltoidea* con 2,13m²: con 1,157 m² se registró a la especie *Pouteria baehniana*, así como también a la especie *Otoba parvifolia* con 0,89 m². Con respecto al volumen de madera total de la Zona A es de 420,63 m³, de igual forma el volumen comercial es de 130,66 m³. En cuanto a la Zona B, se reportó un valor de volumen total de 264,26 m³, mientras que el volumen comercial es de 82,97 m³.

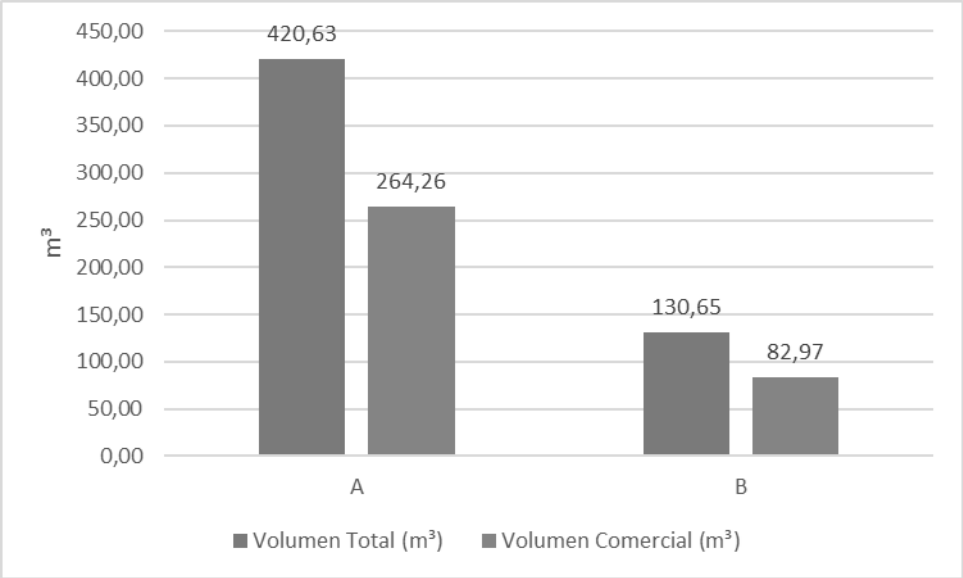

Figura 6. Volumen total y Volumen comercial calculado en la Zona A y Zona B.

Para la determinación del IVI se calculó el área basal total, con un resultado de 40,415 m². En la Zona A se obtuvo un área basal total de 24,09m²; la especie con mayor área basal es *Sloanea obtusifolia* con 2,01 m²; seguido de la especie *Compsoneura capitellata* con 1,75 m²; de igual forma se registró a la especie *Iriartea deltoidea* con 1,42 m². El área basal total en la Zona B es de 16,32 m²; la especie con mayor área basal es *Iriartea deltoidea* con 2,13m²: con 1,157 m² se registró a la especie *Pouteria baehniana*, así como también a la especie *Otoba parvifolia* con 0,89 m². Con respecto al volumen de madera total de la Zona A es de 420,63 m³, de igual forma el volumen comercial es de 130,66 m³. En cuanto a la Zona B, se reportó un valor de volumen total de 264,26 m³, mientras que el volumen comercial es de 82,97 m³.

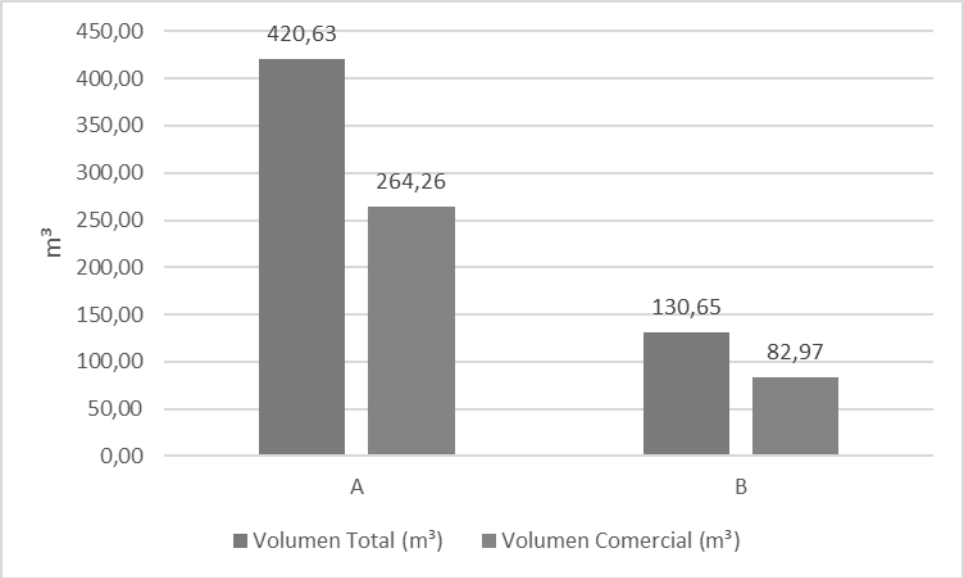

Figura 7. Volumen total y Volumen comercial calculado en la Zona A y Zona B.

Una vez obtenido el área basal, la dominancia relativa y la densidad relativa de cada especie se procedió al cálculo del Indice de Valor de Importancia (IVI). El valor del IVI estimado para especies más representativas de las dos zonas (A: 700 m.s.n.m., y B: 400 m.s.n.m.) es: Zona A= *Iriartea deltoidea*, la cual presentó un valor de 15,22 de IVI, lo que constituye el 7,61% del total registrado, seguido por *Sloanea obtusifolia* con 8,60 de IVI. En la Zona B *Iriartea deltoidea* presentó un valor de 28,18 de IVI, lo que constituye el 14,09% del total registrado, seguido por *Pouteria baehniana* con 11,31 de IVI, lo cual representa el 5,66% del total registrado.

Tabla 4. Índice de Valor de Importancia de las 10 especies más representativas de la Zona A.

Familia	Nombre científico	FR	DAP	AB	DmR	DnR	IVI	IVI %
Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	37	722	1,42	9,32	5,9	15,22	7,61
Elaeocarpaceae	*Sloanea obtusifolia*	1	160	2,01	0,25	8,34	8,60	4,30
Myristicaceae	*Compsoneura c apitellata*	4	215	1,75	1,01	7,26	8,27	4,14
Clusiaceae	*Symphonia globulifera*	11	233	0,61	2,77	2,53	5,31	2,65
Sapotaceae	*Pouteria baehniana*	10	217	0,60	2,52	2,49	5,01	2,51
Moraceae	*Pseudolmedia laevigata*	12	233	0,45	3,02	1,87	4,90	2,45

Meliaceae	*Guarea kunthiana*	13	201	0,27	3,275	1,14	4,41	2,21
Moraceae	*Brosimum guianense*	5	165	0,67	1,25	2,78	4,05	2,02
Fabaceae	*Browneopsis ucayalina*	5	147	0,64	1,25	2,67	3,94	1,97
Lecythidaceae	*Eschweilera coriacea*	3	120	0,68	0,75	2,85	3,61	1,80

Simbología: Fr = Frecuencia; DAP = Diámetro a la altura del pecho; AB = Área Basal; DnR = Densidad relativa; DmR = Dominancia relativa; IVI = Índice de Valor de Importancia; IVI% = Porcentaje de índice de Valor de Importancia.

Tabla 5. Índice de Valor de Importancia de las 10 especies más representativas de la réplica de la Zona B.

Familia	Nombre científico	FR	DAP	AB	DmR	DnR	IVI	IVI %
Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	50	1038	2,13	15,10	13,07	28,18	14,09
Sapotaceae	*Pouteria baehniana*	14	357	1,15	4,23	7,08	11,31	5,66
Myristicaceae	*Otoba parvifolia*	8	208	0,89	2,41	5,45	7,87	3,93
Euphorbiaceae	*Alchorneopsis floribunda*	1	104	0,84	0,30	5,20	5,51	2,75
Rubiaceae	*Duroia hirsuta*	7	140	0,26	2,11	1,62	3,74	1,87
Fabaceae	*Parkia multijuga*	2	87	0,46	0,60	2,84	3,45	1,72
Myrtaceae	*Myrciaria loribunda*	3	106	0,41	0,90	2,50	3,42	1,71
Moraceae	*Pseudolmedia laevigata*	6	120	0,23	1,81	1,41	3,23	1,61
Annonaceae	*Unonopsis spectabilis*	6	115	0,21	1,81	1,29	3,10	1,55
Rubiaceae	*Pentagonia williamsii*	6	107,2	0,17	1,81	1,08	2,89	1,45

Simbología: Fr=Frecuencia; DAP=Diámetro a la altura del pecho; AB=Área Basal; DnR=Densidad relativa; DmR= Dominancia relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia; IVI%=Porcentaje de índice de Valor de Importancia

Influencia del gradiente altitudinal en el almacenamiento de Carbono

Acumulación de carbono en la biomasa área

Mediante el modelo alométrico se estableció que la biomasa del Bosque Maduro "Virgen del Carmen" en la Zona A (429,86 Mg de biomasa ha^{-1} a 700 m.s.n.m) es mayor que en la zona B (257,29 Mg de biomasa ha^{-1} 400 m.s.n.m.). Esto representa un stock de carbono de 214,93 Mg ha-^{1} para la zona A y 128,65 Mg ha-^{1} para la zona B y una absorción de CO_2 de 788,79 Mg ha^{-1} y 472,13 Mg ha^{-1} respectivamente. Con lo que, se denota una diferencia significativa ($p > 0.001$) en la producción de biomasa, stock de carbono y absorción de CO2 a lo largo del gradiente altitudinal (Tabla 6, Figura 7).

Con respecto a los valores promedio por especie se puede apreciar que la biomasa tiene 600,4 kg (700 m.s.n.m.); siendo así que, en la gradiente altitudinal de 400 m.s.n.m. se obtuvo 407.1 kg, esto de igual manera se evidencia en la absorción de Carbono y CO_2 que mantiene resultados mayores en la Zona Alta (Tabla 6, Figura 8).

Tabla 6. Descripción de la producción de biomasa, carbono y CO2 por parcela y especies, en un gradiente altitudinal.

	Biomasa		**Carbono**		**CO2**	
Altitud (m.s.n.m.)	700	400	700	400	700	400
Total por hectárea (Mg ha^{-1})	429,86	257,29	214,93	128,65	788,79	472,13
Promedio de por especie (Kg)	600,4	407,1	300,2	203,55	1101,73	747,03
%	62,6	37,4	62,6	37,4	62,6	37,4

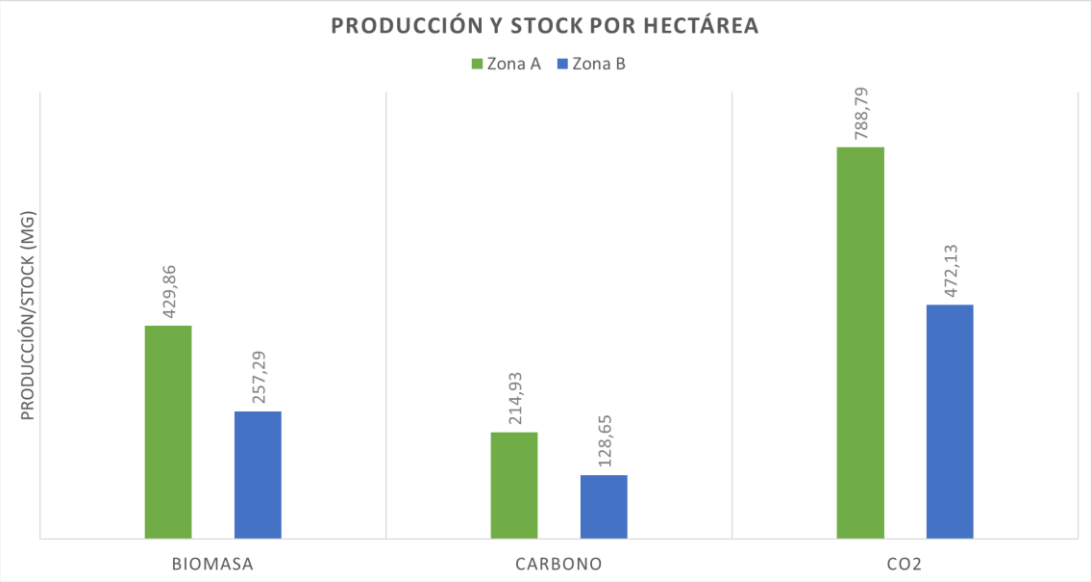

Figura 8. Producción de biomasa, carbono y CO2 por hectárea según rango altitudinal.

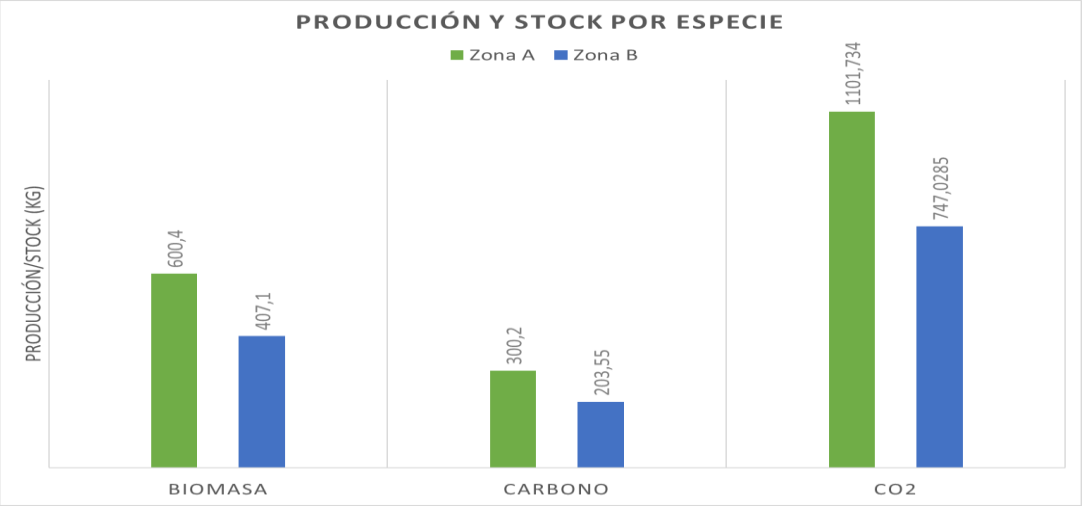

Figura 9. Producción de biomasa, carbono y CO2 por especie según rango altitudinal.

En la zona A (700 m.s.n.m.), se pudo determinar que en la parcela 1 hubo una producción de biomasa de 114202,29 Kg ha^{-1}, carbono de 57101,1 Kg y CO_2 con 209561,0 Kg. Mientras que, en la réplica existió una producción de biomasa 100727,0 Kg ha^{-1}, carbono de 50363,5 Kg y C02 de 184834,0 Kg

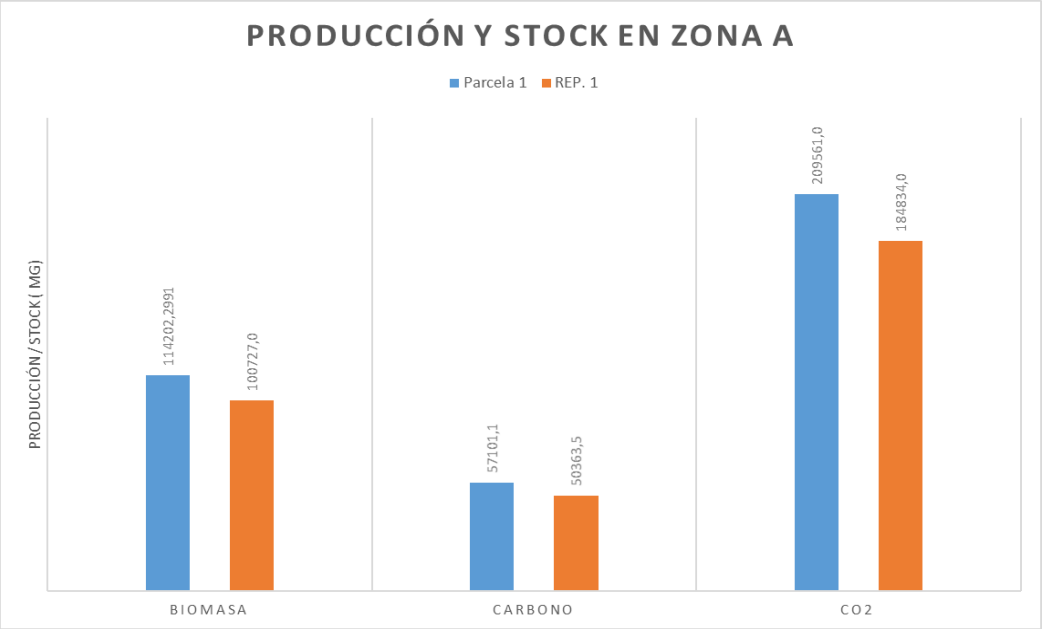

Figura 10. Producción de biomasa, carbono y CO_2 por parcela y réplica de zona A

En la zona B (400 m.s.n.m.), se pudo determinar que en la parcela 1 hubo una producción de biomasa 24156,6 Mg ha^{-1}, carbono de 44248,1 Mg y CO_2 con 73676,7. Mientras que, en la réplica existió una producción de biomasa 72734,2 Mg ha^{-1}, carbono de 20075,4 Mg y C02 es de 162390,3 Mg.

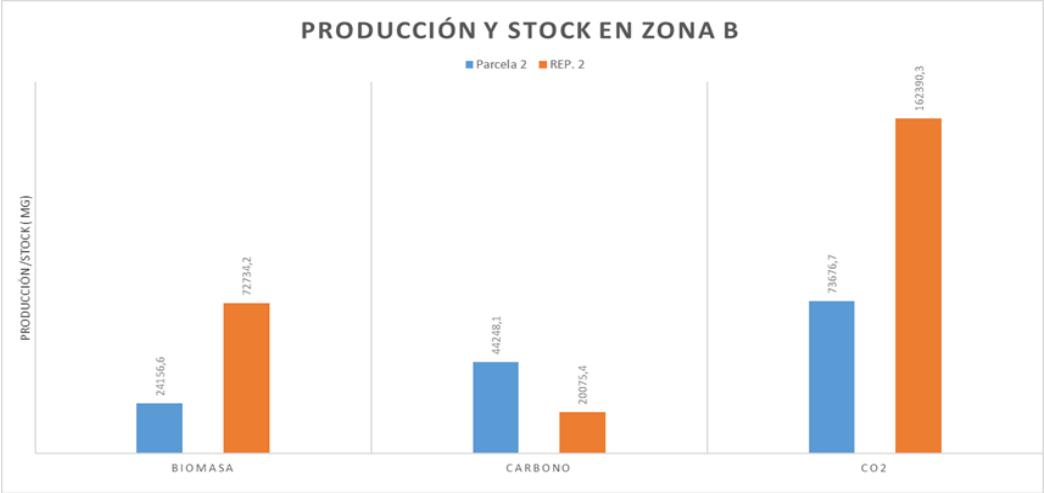

Figura 11. Producción de biomasa, carbono y CO2 por parcela y réplica de la zona B.

En la zona A (700 m.s.n.m.), de las 15 familias que más contribuyeron biomasa en la parcela 1 fueron (Apocynaceae 1424,45 Mg ha^{-1}), (Araliaceae 4019,87 Mg ha^{-1}), (Clusiaceae 3977,14 Mg ha^{-1}), seguido de (Arecaceae 2146,49 Mg ha^{-1}). Mientras que en la réplica las más representativas es (Annonaceae 1142,58 Mg ha^{-1}), (Arecaceae 4292,99 Mg ha^{-1}), (Burseraceae 4592,63 Mg ha^{-1}), (Celastraceae3942,59 Mg ha^{-1}), (Clusiaceae 6124,63 Mg ha^{-1}) seguido de (Dichapetalaceae 2907,93 Mg ha^{-1}).

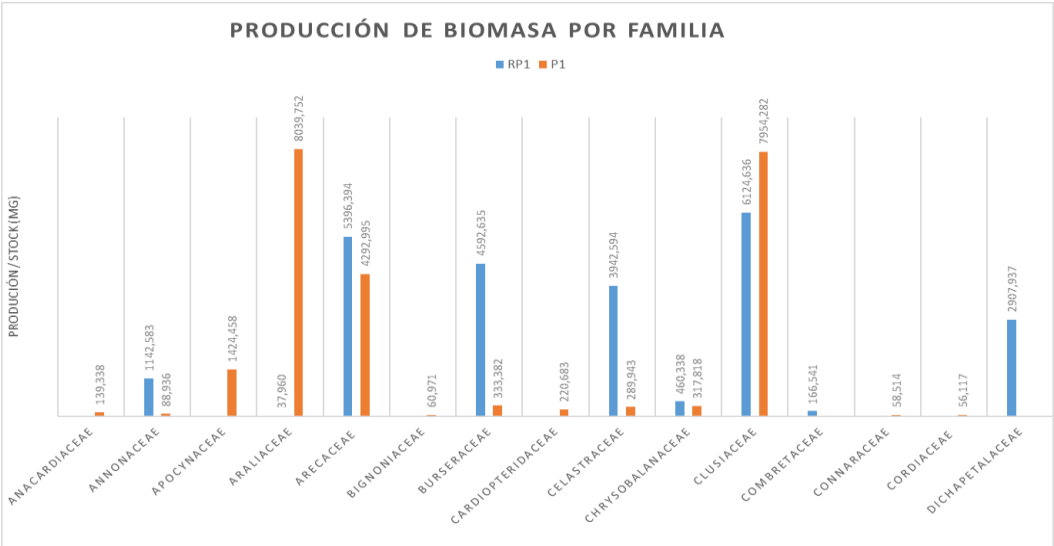

Figura 12. Producción de biomasa por familia en la parcela y réplica de la zona A

En la zona A (700 m.s.n.m.), de las 15 familias que más contribuyeron en carbono en la parcela 1 fueron (Apocynaceae 712,22 Mg), (Araliaceae 4019,87 Mg), (Clusiaceae 3977,14 Mg), (Arecaceae 2146,49 Mg). Mientras que en la réplica las

más representativas es (Annonaceae 571,29 Mg), (Arecaceae 2698,19 Mg), (Burseraceae 2296,31 Mg), (Clusiaceae 2888,03 Mg) y (Celastraceae 1453,96 Mg).

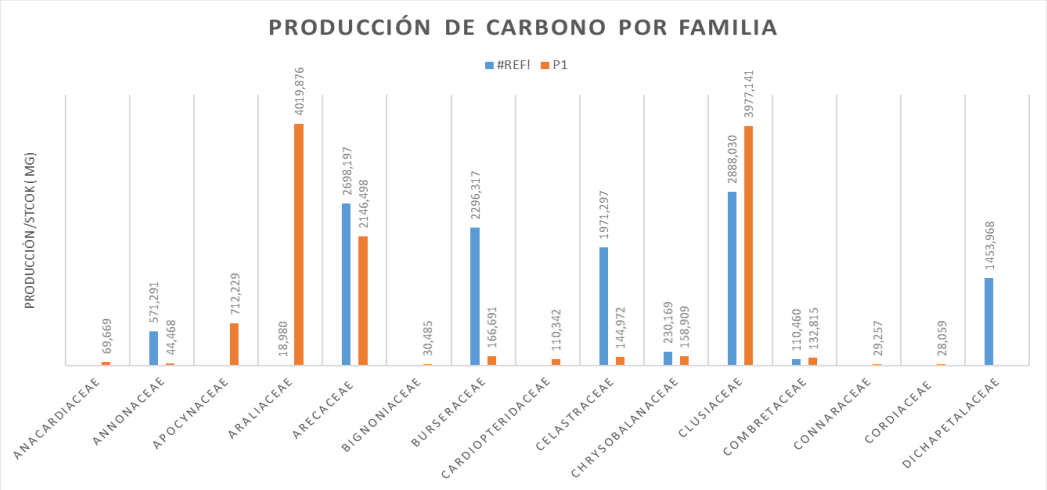

Figura 13. Producción de carbono por familia en la parcela y réplica de la zona A

En la zona A (400 m.s.n.m.), de las 15 familias que más contribuyeron biomasa en la parcela 2 fueron: (Annonaceae 1784,89 Mg ha-^{1}), (Arecaceae 3408,57 Mg ha-^{1}), (Fabaceae 4343,94 Mg ha-^{1}), seguido de (Lauraceae 2650,12 Mg ha-^{1}). Mientras que en la réplica las más representativas es (Annonaceae 1131,68 Mg ha-^{1}), (Arecaceae 717956 Mg ha-^{1}), (Burseraceae 4948,17 Mg ha-^{1}), (Erythoxylaceae 2501,73 Mg ha-^{1}), (Euphorbiaceae 10572,50 Mg ha-^{1}), (Fabaceae 9652,40 Mg ha-^{1}) seguido de (Lauraceae 2815,86 Mg ha-^{1}).

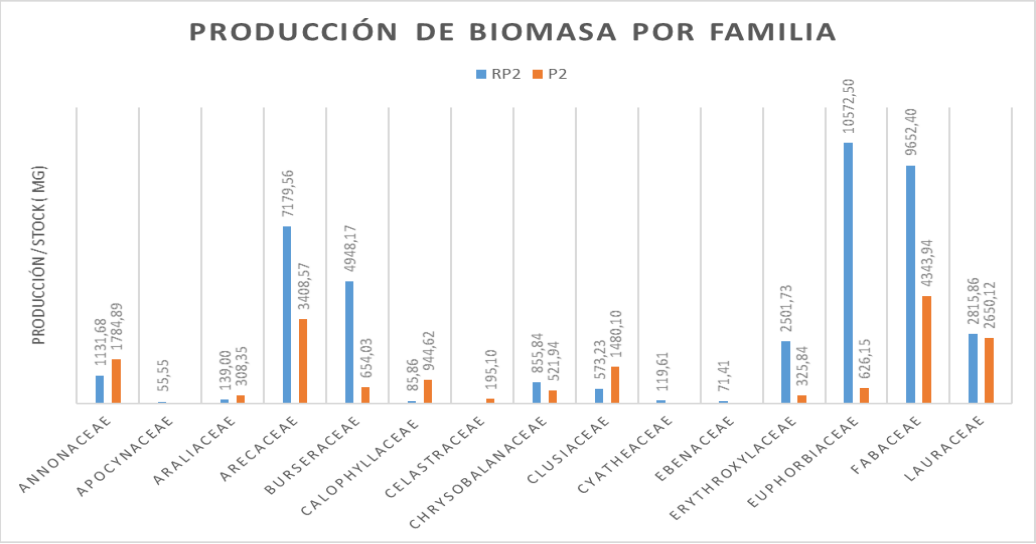

Figura 14. Producción de biomasa por familia en la parcela y réplica de la zona B.

En la zona A (400 m.s.n.m.), de las 15 familias que más contribuyeron en carbono en la parcela 1 fueron (Annonaceae 892,45 Mg), (Arecaceae 1704,29 Mg), (Clusiaceae 740,05 Mg), (Fabaceae 2171,97 Mg), seguido de (Lauraceae 1325,06 Mg). Mientras que en la réplica las más representativas es (Annonaceae 565,84 Mg), (Arecaceae 3589,78 Mg), (Burseraceae 2474,08 Mg), (Erythroxylaceae 1250,87 Mg), (Euphorbiaceae 5286,25 Mg), (Fabaceae 4826,20 Mg), (Lauraceae 1407,93 Mg), seguido de (Lecythidaceae 1259,96 Mg).

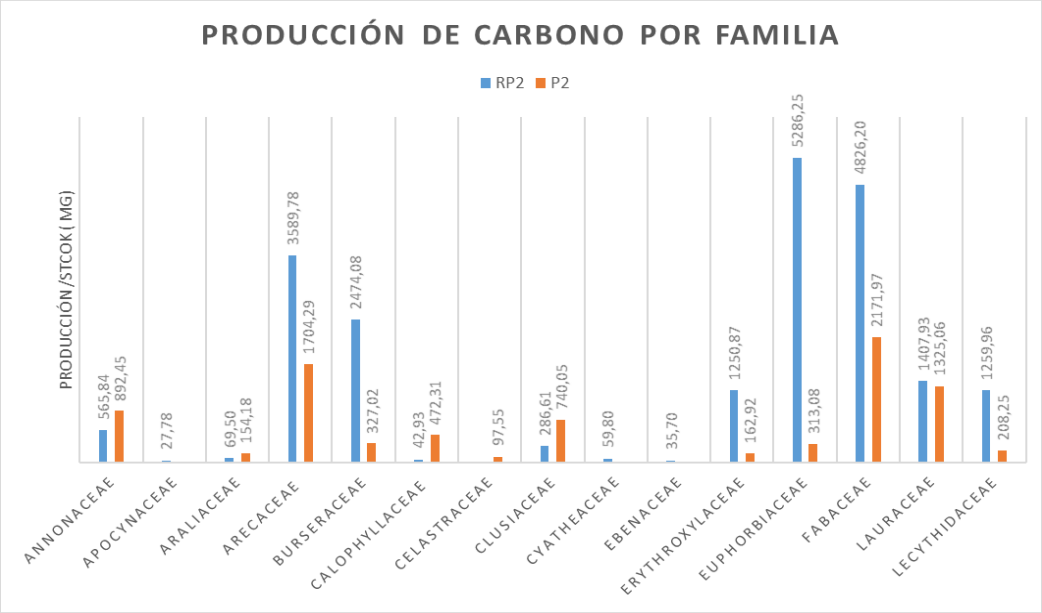

Figura 15. Producción de carbono por familia en la parcela y réplica de la zona B.

La especie que aporta en mayor cantidad a la producción de carbono en la zona A (700 m.s.n.m.) es *Sloanea obtusifolia* (11117,68 Mg), seguido por *Endlicheria paniculata* (9386,09 Mg) y *Iriartea deltoidea* (440,07 Mg). En la zona B (400 m.s.n.m.) se identificó que las especies con mayor aporte de carbono son *Pouteria baehniana* (5448,39 Mg), seguido por *Iriartea deltoidea* (4935,30 Mg). *Alchorneopsis floribunda* (4697,82 Mg). Entre la zona alta y baja se pude identificar especies como *Iriartea deltoidea* y *Pouteria baehniana* como especies en común entre las 15 con mayor absorción de C entre zonas (Figura 16).

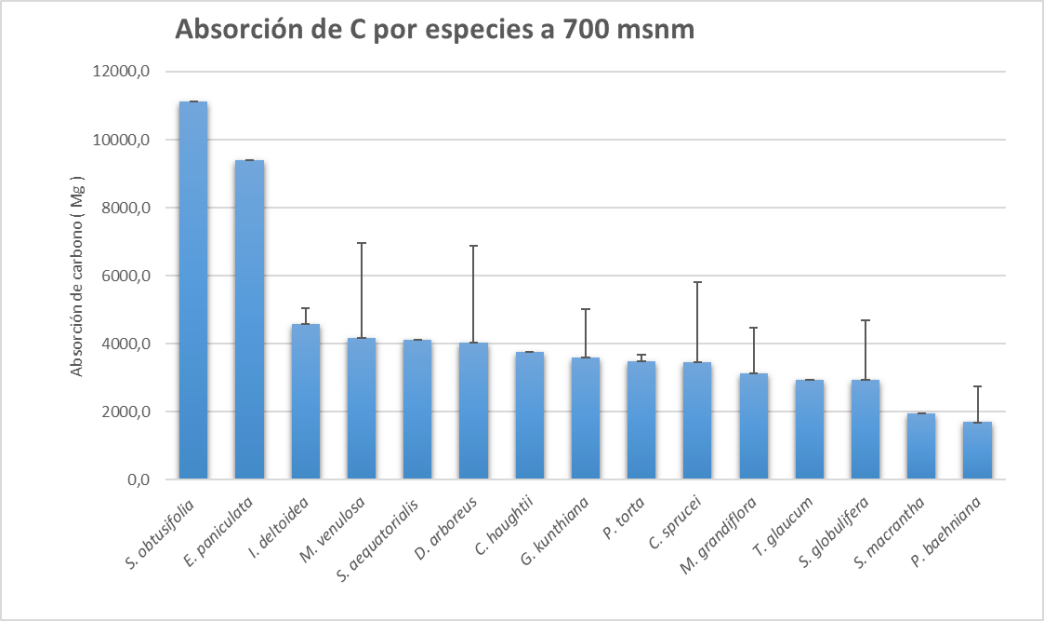

Figura 16. Absorción de Carbono por especie en cada zona A

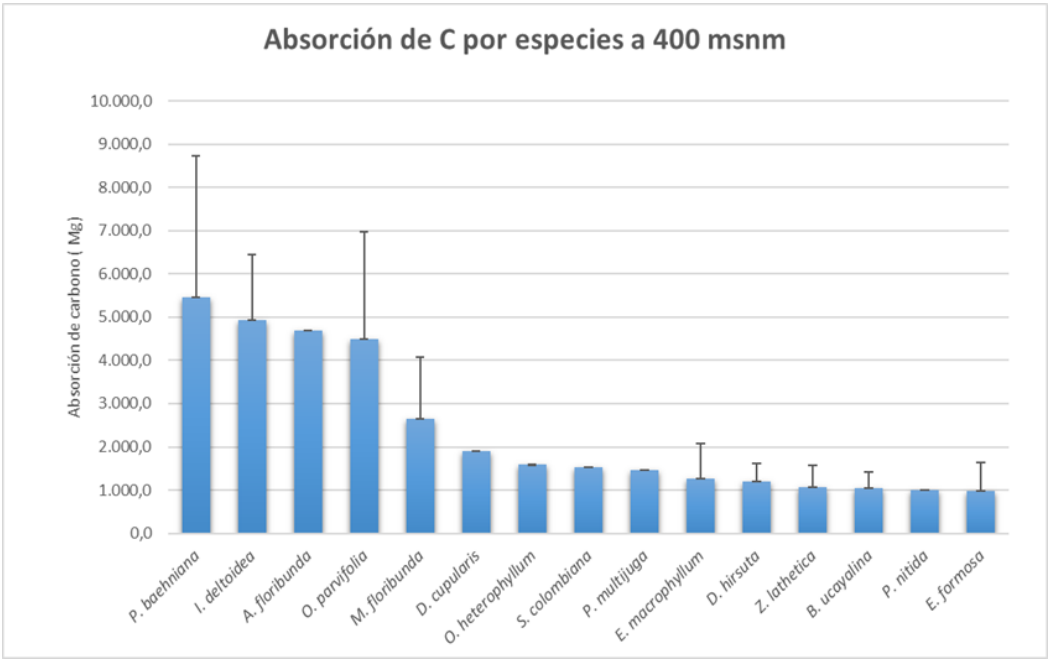

Figura 17. Absorción de Carbono por especie en cada zona B

La correlación de Spearman aplicada entre el DAP y la biomasa en las especies de la Zona A y Zona B fue moderada (R^2=0,7476). Dicha correlación en la Zona A (R2: 0,7663) es levemente más baja que en Zona B (R2: 0,7954) (Figura 18).

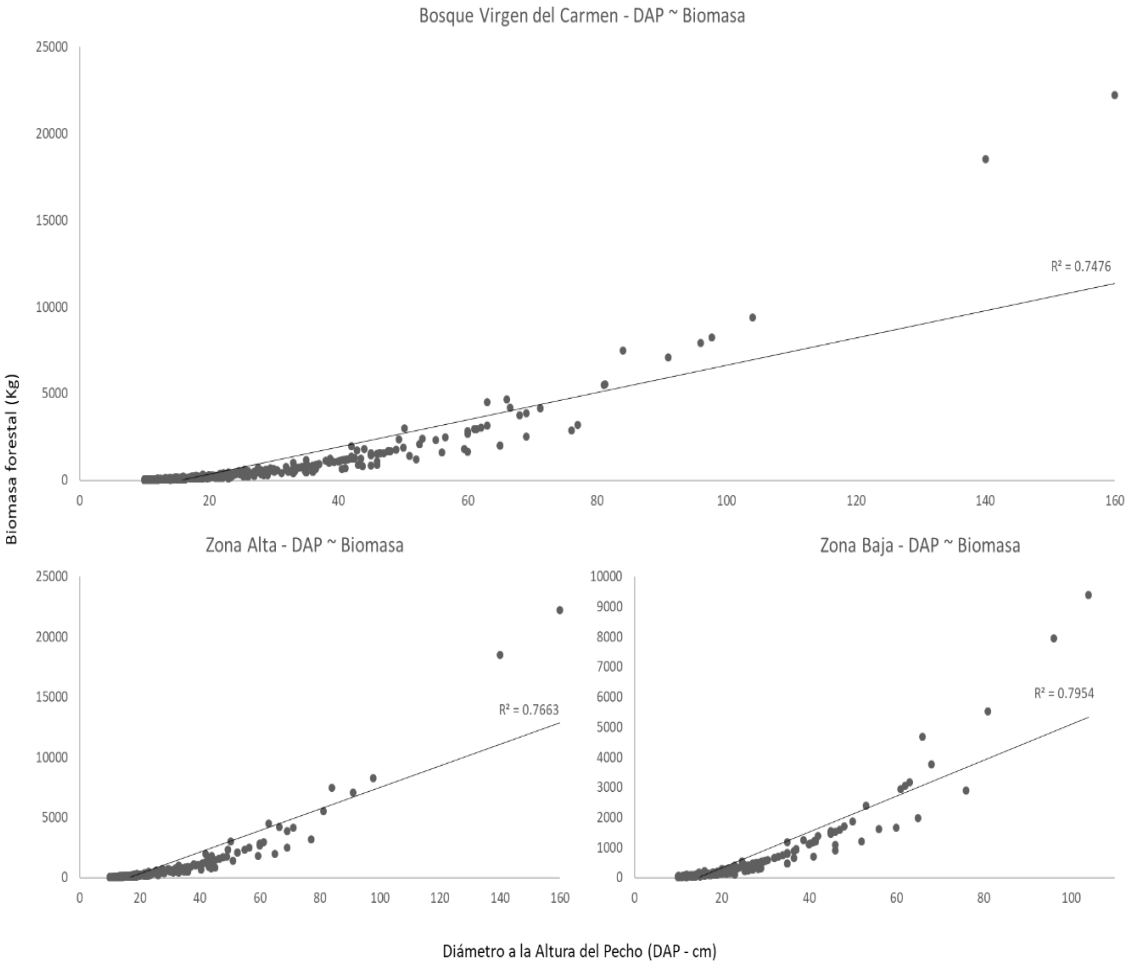

Figura 18. Correlación entre el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) ~ Biomasa Forestal.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

Diversidad Alfa

Es conocido que la Amazonia está conformada por bosques tropicales muy diversos (Valencia et al., 1994), es así que, las condiciones climáticas tales como la topografía, el clima, la gradiente altitudinal, y antecedentes históricos han provocado un conjunto de varios ecosistemas con diferente nivel de complejidad (Unger et al., 2012). En el estudio realizado por Montalvo y Cerón (2009), se establecieron dos parcelas de 1 ha respectivamente a una altitud aproximada de 600 m.s.n.m., donde se evidencian valores altos de diversidad alfa (253 especies y 229 especies) este resultado con respecto al presente estudio, donde se evaluaron cuatro parcelas de 0.25 ha (1 ha), donde se obtuvieron un total de 270 especies vegetales, lo que sugiere una diversidad similar, tomando en cuenta que se encuentran a una altitud similar en un rango de 400 – 700 m.s.n.m.

En el presente estudio, la composición de especies es distinta para cada zona, pues se registraron 182 especies en la Zona A (700 m.s.n.m.) y 161 especies en la Zona B (400 m.s.n.m.). Éstas diferencias podrían deberse a la gradiente altitudinal, variaciones ambientales como clima, temperatura, precipitación y suelo; pues la mayor diversidad se presentó a mayor elevación, sin embargo, el porcentaje de diferencia es bajo ya que se encuentran en el mismo ecosistema de Bosque Siempre Verde Piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013). Los bosques que se sitúan entre los 500 y 3500 m.s.n.m. de altura, son considerados con una alta diversidad biológica en la Cordillera de los Andes (Gentry, 1988). Este antecedente muestra las amenazas a las que están expuestos los bosques montanos, siendo así que la fragmentación de los hábitats y la deforestación son

factores que avanzan progresivamente y ponen en riesgo las selvas neotropicales (Valencia et al., 1994).

De manera general los datos de riqueza de especies (P1: 113, RP-1:113, P-2: 100 y RP-2: 99) son similares a estudios que se encuentran en sitios parecidos a con respecto a altitud, topografía y tipos de ecosistemas. Maza, et al. (2022) estudió 9 parcelas de 0,35 ha, registró valores de riqueza de 21,1 ± 4,15; 27,2 ± 0,96; 22,69 ±2,36 N 0.1 ha $^{-1}$. Patiño et al. (2015), realizaron un estudio sobre la Composición florística y estructura de un bosque siempre verdepiemontano de 600 a 700 m.s.n.m., obtuvieron 68 especies, que proporcionalmente es un valor similar este estudio.

En el análisis de riqueza de familias botánicas, se observó a Fabaceae en la Zona A (700 m.s.n.m) como la más representativa con 16 especies, seguida de Rubiaceae y Sapotaceae con 15 respectivamente. En la Zona B coincidió con la anterior zona por presentar a la familia Fabaceae como dominante, seguida de Lauraceae y Myrtaceae con 13 especies. Los ecosistemas de bosques siempre verdes piemontanos reiteran patrones de dominancia de la familia Fabaceae. Según Gentry (1993) asevera que la familia Fabaceae es catalogada como la más característica y diversa del neotrópico, Esto concuerda con Steege et al. (2000), donde indica que las Leguminosas predominan en bosques con escasa intervención o primarios.

Valor de índice de Importancia

En la Zona A se registró a la especie *Iriartea deltoidea* con el valor más alto de importancia ecológica, este resultado coincide con la Zona B, es decir, es la palma más representativa en el estudio y se conoce que llegan a existir alrededor de 140 años, además, les toma 80 años producir tallos de más de 18 metros, porque se puede deducir la madurez de los bosques y su estado de conservación por la presencia y la biomasa que presenta esta especie (Valencia et al., 2013). Es importante mencionar que *Iriartea deltoidea* crece en bosques primarios originales (Altamirano, 2012).

Área Basal de especies

De acuerdo con Cerón (2015), conociendo el área basal obtenida al medir el diámetro de los árboles se puede conocer la cobertura vegetal de parcelas permanentes, la implementación de parcelas es un método antiguo diseñado para

realizar análisis forestales. Según Leuschner et al. (2007), a mayor altitud, la densidad de los árboles se incrementa. En este estudio se confirma esta afirmación, pues se registró mayor densidad en la Zona A (700 m.s.n.m.). Montalvo y Cerón (2009), registraron 28, 75 y 24,9 m² de área basal respectivamente en cada parcela de 1 hectárea, mientras que en esta investigación se reportó 40,41 m² de área basal total estudiada; en la Zona A (0,5 ha) se obtuvo 24,09 m² y en la Zona B (0,5 ha) se reportó 16,32 m². Tomando en cuenta que las submuestras tienen una superficie menor (0,50 ha cada zona), se puede deducir que el área estudiada mantiene un valor considerable de área basal.

Diversidad Beta

El índice de similitud de Bray Curtis determina el porcentaje de similitud y disimilitud con la información resultante de la diversidad alfa; de igual manera, esta información se corelaciona con los datos resultantes de entre muestras a diferente elevación.

Análisis de Similitud

Al incluir en el análisis de similitud las densidades por especie y sitio (índice de Bray-Curtis) las dos zonas presentaron el 34% de similitud. Las asociaciones generadas por Bray-Curtis muestran un agrupamiento que puede asociarse a un ambiente nativo contrastante: áreas de bosque con escasa intervención, sin embargo, el porcentaje no muestra que compartan un valor representativo de especies. Es así que se registraron 272 especies de manera global; las parcelas se unen en el cladograma y éstos a la vez con un porcentaje de similitud del 45%. En estos sitios las especies *Browneopsis ucayalina, Duroia hirsuta, Eschweilera coriácea, Grias neuberthii, Guarea kunthiana, Iriartea deltoidea, Leonia glycycarpa, Naucleopsis ulei, Otoba parvifolia, Pouteria baehniana, Pseudolmedia laevigata y Virola duckei* formaron un ensamble característico de la flora existente en el ecosistema Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

Con respecto a la curva de acumulación de especies e índice de Chao 1, nos describe que los resultados del estimador de eficiencia del muestreo de Chao 1 estima que potencialmente se pueden registrar unas 406 especies. Estos resultados sugieren que el esfuerzo de muestreo realizado alcanzó un 67% de eficiencia, o que este fue

consistente en el área de estudio definida en función del proyecto; sobre todo si se toma en cuenta que el registro total (con datos cuantitativos) alcanzó 274 especies

Carbono almacenado en la Biomasa almacenado en una gradiente Altitudinale

Influencia de la altitud sobre el almacenamiento de carbono

Es primordial conocer que los bosques ayudan a mitigar el cambio climático global mediante el almacenamiento de carbono en la vegetación y en el suelo. El aumento de estudios realizados para determinar la Biomasa de los bosques facilita la comprensión y funcionamiento de los bosques, así como también las amenazas que provoca el cambio de uso de suelo que alteran la composición y biodiversidad con un manejo correcto (Krug, 2019; Mori et al., 2017; Tong et al., 2020).

Según Leuschner et al. (2007), la densidad de los árboles va aumentando conforme el gradiente altitudinal va subiendo, es así que la elevación puede contener varios procesos biológicos como el nivel descomposición de las capas del suelo, temperatura y demás factores ambientales que se destaquen en los ecosistemas montanos tropicales. Los valores de acumulación de carbono en la biomasa aérea mostraron que la Zona A obtuvo 429,86 Mg. ha^{-1} a 700 m.s.n.m., siendo éste, un valor mayor que el registrado en la zona B (257,29 Mg. ha^{-1} 400 m.s.n.m.). De igual forma, ésta información es similar con respecto a los valores promedios por especies, donde se registró 600,4 kg (700 m.s.n.m.) y 407,1 kg a los 400 m.s.n.m. Éste resultado es común registrar en bosques amazónicos (Baker et al., 2004; Unger et al., 2012). Es así que, Torres et al., (2019), registró de 290 a 340 Mg. ha^{-1}. De igual forma, Paky et al., (2017) obtuvo valores dentro de lo reportado en el presente estudio. Los valores dados representan una absorción de Carbono de 214,93 Mg. ha-^{1} y 128,65 Mg. ha^{-1} respectivamente. Por lo que se puede deducir que la altitud de los bosques sí influye en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea viva y en los suelos, debido a que a mayor altitud existe una captura de CO2 mayor, por lo que a mayor altitud mayor stock de carbono y generación de biomasa, a menor altitud, menor stock de carbono y biomasa.

Con respecto a la representatividad de producción de carbono, en la zona A (700 m.s.n.m.) se registró a *Sloanea obtusifolia* con la mayor cantidad de producción de

carbono; la zona B (400 m.s.n.m.) identificó a la especie *Pouteria baehniana* como la que presenta mayor absorción de Carbono. Ramírez et al., (2022) asevera que los bosques jóvenes tienen gran potencial de captura de carbono, pues sus necesidades de nutrientes son mucho mayores a bosques primarios, y éste último si almacena CO_2, pero en menores cantidades pues su desarrollo se produce de manera reducida. Esta situación se produce principalmente en bosques tropicales y subtropicales (Rozendaal et al., 2022).

Se puede apreciar que la información dada en el presente estudio tiene gran importancia, pues facilita la elección de especies y familias que pueden ser utilizadas como restauración de ecosistemas y que sean parte de la toma de decisiones que sean parte de la mitigación del cambio climático y que de igual forma sea un motivo de conservación de los bosques nativos amazónicos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los ecosistemas de la Amazonía, específicamente los bosques tropicales, se encuentran limitados a factores climáticos que se conjugan con el entorno produciendo hábitats para las distintas especies vegetales que depende del tipo de suelo, drenajes, elementos climáticos y de más factores que generan la diversidad local. Este ecosistema es muy variable en cuanto a composición y características estructurales, así como también en biomasa a lo largo de un gradiente altitudinal a una escala de 400 – 700 m.s.n.m.

Los resultados revelan que la composición de especies de árboles depende del gradiente altitudinal. El Bosque Maduro Virgen del Carmen está compuesta por una alta diversidad, representada por 53 familias botánicas, 130 géneros y 270 especies. Las familias con mayor dominancia son: Arecaceae, Fabaceae y Moraceae. En cuanto a especies predominantes, éstas son: *Iriartea deltoidea, Pouteria baehniana y Pseudolmedia laevigata.*

Los bosques analizados tienen alta capacidad de captura de carbono, y se debe a que existe abundancia de árboles pequeños a lo largo del gradiente altitudinal. El área basal total muestreada es de 40,415 m²; en la Zona A se obtuvo un área basal total de 24,09m²; en la Zona B es de 16,32 m²; es así que en la Zona A (700 m.s.n.m.) se obtuvo mayor área basal. Las especies importantes ecológicamente representadas son: *Iriartea deltoidea, Sloanea obtusifolia, y Pouteria baehniana*. Las parcelas a 700 m.s.n.m. presentaron una producción promedio de 52342,57 Mg/parcela, mientras que, las parcelas situadas a 400 m.s.n.m. poseen un promedio de 32192,00 Mg /parcela. Este resultado demuestra que la producción de carbono

tiene una diferencia significativa ($p < 0.001$) según la altitud. El promedio general de producción de carbono por especie es de 270,69 Mg a 700 m.s.n.m. y de 194.33 a 400 m.s.n.m.

El presente estudio puede aportar al conocimiento para la toma de decisiones con respecto a programas de rehabilitación para mitigar el cambio climático.

Recomendaciones

- Se sugiere realizar un análisis de biomasa y captura de carbono más específico, es decir, por especie, ya que ésta información puede contribuir a la formación de propuestas de mitigación para el calentamiento global.
- Se recomienda ampliar la muestra para una mejor comprensión de la diversidad florística, así como el rango del gradiente altitudinal.
- Se sugiere utilizar otras metodologías como sensores remotos, Landsat para tener una idea a mayor escala.
- Para futuros estudios sería importante realizar archivos shapefile con la información obtenida y así poder enriquecer la información y que pueda ser utilizada por otros investigadores.

LITERATURA CITADA

Aguirre, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Altamirano, C. (2012). *Commercial Explotation threatens two arborescent palm species (Iriartea deltoidea and Petunia quinaria) in northwestern Ecuador*. Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Biología de la Conservación PUCE - Quito.

Aponte, H. y Pérez, A. (2021). El cambio climático que necesitamos. *South Sustainability*, *2*(1), e029.doi: https://doi.org/10.21142/SS-0201-2021-ed001

Argumedo, U., y Siqueiros, D. (2008). Cambios en la estructura de la asociación de diatomeas epifitas de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. Acta botánica mexicana, (82), 43-66.

Avendaño, D. M., Acosta Mireles, M., Carrillo Anzures, F., & Etchevers Barra, J. D. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Revista fitotecnia mexicana*, *32*(3), 233-238.

Baker, T. R., Phillips, O. L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., y Vasquez, R. (2004). The variation in wood density determines spatial patterns in the Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, *10*(5), 545-562.

Brown, S., Gillespie, A. J. y Lugo, A.E. (1989). Métodos de estimación de biomasa para bosques tropicales con aplicaciones a datos de inventario forestal. *Ciencias forestales*, *35* (4), 881-902.

Cadena, M. O. I., y Ángeles, P. G. (2005). Almacenes de carbono en hojarasca en bosques manejados de *Pinus patula* en Zacualtipán, Hidalgo. En *Memoria de Resúmenes del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. *CONAFOR. Fundación Produce Chihuahua. Fideicomiso Chihuahua Forestal*. *FIRA. CONAZA. INIFAP*. *SEMARNAT. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Chihuahua. Chihuahua. Chih. México* (pp. 422-423).

Campos, J. (2020). Metodologías de muestreo de la diversidad florística. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca. Repositorio Institucional UNC. https://core.ac.uk/download/pdf/287370967.

Cerón, C. E. (2015). Métodos para el estudio de la Flora Ecuatoriana. Herbario "Alfredo Paredes "QAP, Escuela de Bilogía de la Universidad Central del Ecuador. Editorial Universitaria. Quito.

Cerón, C. E. (2005). Manual de Botánica, Sistemática, Etnobotánica y Métodos de Estudio en el Ecuador. Herbario "Alfredo Paredes "QAP, Universidad Central del Ecuador

Chave, J., Andalo C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra B. y Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, *145*(1), 87-99. https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x.

Chazdon, R. y R. Montgomery. 2002. La adquisición de carbono en las plantas. pp. 167–192. En: Guariguata M. y G. Kattan (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales.* Libro Universitario Regional, Cartago, *Costa Rica*. 691 p.

Clark, DA, Brown, S., Kicklighter, DW, Chambers, JQ, Thomlinson, JR y Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forest: concepts and field methods. Ecological Aplications *11*(2): 356-370

Coomes, D. A. y Allen, R. B. (2007). Effects of size, competition and altitude on tree growth. *Journal of Ecology*, *95*(5), 1084-1097..

Cuenca, M. E., Jadán, O., Cueva, K. y Aguirre, C. (2014). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana. *Cedamaz*, *4*(1), 26. http://192.188.49.30/index.php/cedamaz/article/ view/226.

Cunuhay, D., y 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.

De la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel, M.J. Macias y H. Balslev (eds.). (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.

Eguiguren, P., Luna, T. O., Torres, B., Lippe, M., y Günter, S. (2020). *Provisión de múltiples servicios ecosistémicos en los bosques de tierras bajas de Ecuador*. Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.

Figueroa-Navarro, C., Etchevers-Barra, J. D., Velázquez-Martínez, A., y Acosta-Mireles, M. (2005). Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la Sierra Norte de Oaxaca. *Terra Latinoamericana, 23(1), 57-64.*

Fonseca, G., Ruíz, L., Rojas, M. y Alice, F. (2013). Modelos alométricos para la estimación de biomasa y carbono en *Alnus acuminata*. *Revista de Ciencias Ambientales, 46(2), 37-50*. https://doi.org/10.15359/rca.46-2.4.

Francou, B., Vuille, M., Wagnon, P., Mendoza, J., y Sicart, J. E. (2003). Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16 S. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *108*(D5).

Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *75*(1), 1-34.

Gentry, A. H., y Ortiz, R. (1993). Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. *Amazonia peruana, vegetación húmeda tropical en el llano subandino, 155-166.*

Günter, S., Weber, M., Erreis, R. y Aguirre, N. (2007). Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned grasslands: a case study in the tropical moist montane forest of southern Ecuador. *European Journal of Forestry Research*, 126(1), 67-75..

Honorio, E., & Baker, T. R. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana/Universidad de Leeds. Lima, *54* p.

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the In-

tergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.https://www.ipcc.ch/report/ar6/wgl/

IPCC (2020). (Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambio climático Informe de síntesis, (En línea). URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.

IPCC (2014). Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, *157* págs.

IPCC (2016). "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 2: Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierrra". *Volumen 4.* https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_V lume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf.

IPCC (1995). "Segunda Evaluación. Cambio Climático." Grupo Intergubernamental de expertos sobre El Cambio Climático. Disponible en: https://goo.gl/K9jKQx.

Jørgensen, P. M., y León-Yanez, S. (Eds.). (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. St Louis, USA: Missouri Botanical Garden. (*Vol. 75*, pp. 633-668).

Jumbo, C. A., Arévalo, C. D., y Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, *27*(1), 51-63.

Korner, C. (2007). The use of "altitude" in ecological research. *Trends Ecol Evol, 22*,569-574.

Krug, J. H. (2019). How can forest management increase biomass accumulation and CO_2 sequestration? A case study on beech forest in Hesse, Germany. *Carbon Balance and Management, 14*(1), 17. https://doi.org/10.1186/s13021-019-0132-x.

León-Yánez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa Ulloa C., y Navarrete, H. (eds.). (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*, 2° edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Leuschner, C., G. Moser, C. Bertsch, M. R¨Oderstein and D. Hertel. (2007). Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic Appl. Ecol. 8*, 219–230.

Ministerio del Ambiente del Ecuador,(2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Magurran, A. E. (2021). Medición de la diversidad biológica. *Biología actual*, *31* (19), R1174-R1177.

Martella, M.B, Trumper, E., Bellis, L., Reninson, D., Giordano, P., Bazzano, G. y Gleiser, R. (2012). Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*, *5*(1), 71-115. http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/917.

Maza, B., Rodes-Blanco, M. y Rojas, E. (2022). Aboveground Biomass Along an Elevation Gradient in an Evergreen Andean Amazonian Forest in Ecuador. *Front. Fot. Glob. Change* 5:738585 dpi: 10.3389/ffgc.2022.738585.

Montalvo, C., & Cerón, C. (2009). ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN EN 2 HA DE BOSQUE DEL OGLÁN ALTO, PASTAZA-ECUADOR. *Cinchonia*, *9* (1), 105-108.

Moreno, CE (2000). *Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1*. Manuales y tesis SEA.

Mori, A. S., Lertzman, K. P., y Gustafsson, L. (2017). Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology*, *54*(1), 12-27. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12669.

Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N. y Iost, S. (2011). Efectos de la elevación en el balance de carbono de los bosques tropicales de montaña (S de Ecuador): *el papel del compartimento subterráneo. Biología del Cambio Global*, *17* (6), 2211-2226.

Muller-Landau, H. C., Cushman, K. C., Arroyo, E. E., Martinez Cano, I., Anderson-Teixeira, K. J., y Backiel, B. (2021). Patterns and mechanisms of spatial variation in tropical forest productivity, woody residence time and biomass. *New Phytologist*, *229*(6), 3065-3087.

Neill, D. A., y Ulloa-Ulloa, C. (2011). *Adiciones a la flora del Ecuador: Segundo suplemento; 2005-2010*. Fundación Jatun Sacha.

Ordóñez, J. A., y De Jong, B. H. (2001). Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. *Madera y Bosques, 7*(2), 27-47.

Paky, E., Moreno, F. y Álvarez-Dávila, E. (2017). Contenido de carbono en un bosque de tierra firme del resguardo Nonuya-Villazul, amazonia colombiana. *Colombia Forestal*, *20*(2), 144-157.

Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., et al. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Rev. Amazónica Ciencia y Tecnol*. *4,* 166–214.

Penman, J. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry IPCC* [en línea]. S.l.: Published by the Institute for Global Environmental. ISBN 4-88788-003-0. Disponible en: https://www.ipcc.ch/publication/good-practice-guidance-for-land-use-land-use-change-and-forestry/.

Percy, K. E., Jandl, R., Hall, J. P., y Lavigne, M. (2003). El papel de los bosques en ciclo, la captura y el almacenamiento de carbono. *Recuperado* de http://iufro-archive. boku. ac. at/iufro/taskforce/tfcs/issue1_march31_Spanisch. pdf.

Ramírez, J., Córdova, M., Imbaquingo, J., y Chagna, E. (2022). Modelos alométricos para estimar biomasa aérea en bosques secundarios montanos del noroccidente de Ecuador. *Caldasia*, *44*(1), 82-94.

Reynaldo, E., Vega, A., Fernández, A. y Córdova, E. (2016). Distribución y similitud de los peces dulceacuícolas del municipio Gibara, Holguín, Cuba. *Novitates Caribaea*, *10*, 71-86. http://novitatescaribaea.do/index.php/novitates/article/view/31/21

Rozendaal, D.M, Suarez, D.R, De Sy, V., Avitabile, V., Carter, S., Yao, CA,. y Herold, M. (2022). La biomasa forestal aérea varía entre continentes, zonas ecológicas y etapas de sucesión: valores predeterminados refinados del IPCC para bosques tropicales y subtropicales. *Cartas de investigación ambiental, 17* (1), 014047.

Salas , C., Alegre Orihuela, J., Iglesias Abad, S. (2017). Estimation of above-ground live biomass and carbon stocks in different plant formations and in the soil of dry forests of the Ecuadorian coast. *Food and Energy Security 6*(4), e00115.

Salas, C., Montes, K., Sánchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., Iglesias, S. (2020). Influencia del gradiente altitudinal sobre la Composición y estructura del "Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands", Joa, Jipijapa. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, 37*(2), *148-168.*

Steege, HT, Sabatier, D., Castellanos, H., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., de Oliveira, AA, y Mori, S. (2000). An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of tropical ecology, 16*(6), 801-828.

Tong, X., Brandt, M., Yue, Y., Ciais, P., Rudbeck, M., Peñuelas, J., y Fensholt, R. (2020).Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration. *Nature Communications, 11*(1), 1-10. https://doi.org/10.1038/s41467-019-13798-8.

Torres , J. M., y Guevara , A. E. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Gaceta Ecológica, falta volumen40-59

Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., y García, A. (2019). Structure and above-ground biomass along a small-scale elevation gradient: a case study in an Amazonian Andean evergreen forest, Ecuador. *Agroforestry Systems, 94*(4), 1235-1245.

Tropicos.org. (2021?) Missouri Botanical Garden. (18 abril) [Base de datos en línea]. www.tropicos.org

Unger, M., Homeier, J., y Leuschner, C. (2012). Effects of soil chemistry on tropical forest biomass and productivity at different elevations in the equatorial Andes. *Oecología*, *170*, 263-274.

Valencia, R. y Balslev, H. (1994).High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodivers. Conserv*, *3*, 21-28.

Valencia, R., Rommel (edit.) Montúfar, Hugo (edit.) Navarrete, & Henrik (Edit.) Balslev. (2013). *Palmas Ecuatorianas: biología y uso sostenible.* Herbario QCA de la PUCE.

Vashum, K. T. y Jayakumar, S. (2012). Methods to estimate above-ground biomass and carbón stock in natural forests-a review. *Journal of Ecosystem & Ecography*, *2*(4), 1-7. http://doi.org/10.4172/2157-7625.1000116.

Vásquez, A y Arellano, H. (2012). Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba. URL: https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.0248.pdf

Zanne, A. E., López-González, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C., y Chave, J. (2009). Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. *Dryad*, 12, 351-366. https://doi.org/10.5061/dryad.234

ANEXOS

Anexo 1. Permiso de Investigación Científica

República del Ecuador

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA No. 1544

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2021-1544

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-08-29	2022-08-29

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLOGICO
2100161260	CABEZAS CABEZAS RICHARD FERNANDO	Ecuatoriana	1005-15-1429754	6 años	Equisetopsida;Magnoliopsida

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLOGICA:

Nombre del Proyecto: Diversidad florística y estimación del carbono en la biomasa aérea a lo largo de una gradiente altitudinal en el cantón Cáscales Provincia Sucumbíos - Ecuador para entender la dinámica del ciclo del carbono en un bosque maduro

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Determinar la composición florística y estimación del carbono almacenado en la biomasa, a diferentes gradientes altitudinales en un bosque maduro, en el cantón Cáscales Provincia Sucumbíos – Ecuador.
1. Determinar la influencia del gradiente altitudinal con respecto al almacenamiento de carbono en los dos sitios de estudio
Establecer el grado de similitud florística y de almacenamiento de carbono en las dos gradientes altitudinales

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
SUCUMBIOS	NA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Bauhinia	Bauhinia tarapotensis	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea glandulosa	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Vernonanthura	Vernonanthura patens	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Sapindales	Meliaceae	Cabralea	Cabralea canjerana	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Cecropia	Cecropia putumayonis	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Sapindales	Burseraceae	Protium	Protium vestitum	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Boraginales	Boraginaceae	Cordia	Cordia alliodora	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	Tetrathylacium	Tetrathylacium macrophyllum	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Herrania	Herrania nitida	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Senna	Senna bacillaris	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Urera	Urera caracasana	cuerpo fructifero	3	

Magnoliopsida	Myrtales	Melastomataceae	Miconia	Miconia multiplinervia	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Matisia	Matisia obliquifolia	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Sterculia	Sterculia colombiana	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Ranunculales	Menispermaceae	Curarea	Curarea toxicofera	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Acalypha	Acalypha diversifolia	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Rosales	Cannabaceae	Trema	Trema integerrima	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Salicaceae	Banara	Banara guianensis	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Cecropia	Cecropia herthae	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Senna	Senna trolliiflora	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Cecropia	Cecropia herthae	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	Solanum nudum	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Alchorneopsis	Alchorneopsis floribunda	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Pseudopiptadenia	Pseudopiptadenia suaveolens	cuerpo fructifero	3	
Magnoliopsida	Malpighiales	Euphorbiaceae	Alchornea	Alchornea latifolia	cuerpo fructifero	3	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Para tomar las muestras se considerarán los siguientes factores: La superficie total del bosque, gradiente altitudinal y cobertura vegetal de los dos puntos de muestreo con dos replicas. Un área de muestreo estará localizada desde los 400 m.s.n.m, 890 m.s.n.m En cada área de muestreo se establecerá una parcela de 50x50 metros, es decir, 0.25 ha (2500 m), en cada punto, dentro del bosque. De acuerdo con Cerón (2015) "las parcelas permanentes son una de las metodologías más antiguas, diseñadas primordialmente para análisis forestales con el fin de conocer la cobertura vegetal en base al área basal obtenido a través de la medición del diámetro de los individuos arbóreos". Para la delimitación del sitio de muestreo, en las cuatro esquinas de las parcelas se utilizarán tubos PVC de 5 cm de DAP x 2 m de longitud. Los tubos serán pintados con pintura de un color llamativo a fin de observar la delimitación. Se colocarán placas metálicas, que se numerarán desde uno en adelante. Con el fin de evitar el daño en los fustes de los árboles se colocarán las placas de metal sujetas con piola nylon
FASE DE	Después de realizar el registro de datos y la colección botánica en el campo, se procederá a prensar las muestras

PRESERVACIÓN:	en papel periódico, catalogar y ordenar la información de las fichas de campo; con las muestras prensadas se harán paquetes, con una piola plástica se amarrarán en cruz y se introducirán en fundas plásticas para ser preservadas en alcohol industrial; cerradas las fundas con las plantas en alcohol, se guardarán hasta ser transportadas al Herbario Alfredo Paredes (QAP) en la ciudad de Quito, para ser sometidas al proceso de secado y su posterior verificación taxonómica.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	Las muestras botánicas colectadas para la verificación taxonómica se secarán en el Herbario Alfredo Paredes de la Universidad Central del Ecuador (QAP) y se identificaron en el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), donde se realizan la fase de laboratorio, utilizando bibliografía especializada y la colección de muestras botánicas de esta institución

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Equisetopsida	PARA COLECTAS: PODADORA AÉREA Y DE MANO, TREPADORES DE ÁRBOLES, BINOCULARES, GPS, CINTA DIAMÉTRICA O MÉTRICA, CÁMARA DIGITAL, COMPUTADORA PORTÁTIL. PARA SECADO E IDENTIFICACIÓN: SECADORA ELÉCTRICA, E	Equipo en Campo
Equisetopsida	PAPEL PERIÓDICO, FUNDAS PLÁSTICAS, PIOLA, ALCOHOL ETÍLICO AL 75 %, SILICAGEL, FRASCOS DE PLÁSTICO CON TAPA, MARCADORES INDELEBLES, LÁPICES DE CERA, CUADERNOS DE CAMPO. CARTULINAS DE HERBARIO, PAPEL DE	Equipo en Laboratorio
Equisetopsida	AVENA, VAINILLA, ALGODÓN, FLEXÓMETRO, MAPAS, LIBRETAS DE CAMPO, CINTAS DE MARCAJE, BOLSO PARA TRASLADO DE TRAMPAS, ROXICAÍNA, REGLAS MILIMETRADAS, BOLSAS DE TELA, BOBINAS, SILICONA, MARCADORES INDELEB	Material en Campo
Equisetopsida	MATERIAL EN LABORATORIO: CARTULINAS DE HERBARIO, SOBRES DE PAPEL, PAPEL DE ETIQUETAS, GOMA.	Material en Laboratorio
Magnoliopsida	PARA COLECTAS: PODADORA AÉREA Y DE MANO, TREPADORES DE ÁRBOLES, BINOCULARES, GPS, CINTA DIAMÉTRICA O MÉTRICA, CÁMARA DIGITAL, COMPUTADORA PORTÁTIL.	Equipo en Campo
Magnoliopsida	PAPEL PERIÓDICO, FUNDAS PLÁSTICAS, PIOLA, ALCOHOL ETÍLICO AL 75 %, SILICAGEL, FRASCOS DE PLÁSTICO CON TAPA, MARCADORES INDELEBLES, LÁPICES DE CERA, CUADERNOS DE CAMPO. CARTULINAS DE HERBARIO, PAPEL DE	Equipo en Laboratorio
Magnoliopsida	PAPEL PERIÓDICO, FUNDAS PLÁSTICAS, PIOLA, ALCOHOL ETÍLICO AL 75 %, SILICAGEL, FRASCOS DE PLÁSTICO CON TAPA, MARCADORES INDELEBLES, LÁPICES DE CERA, CUADERNOS DE CAMPO	Material en Campo
Magnoliopsida	MATERIAL EN LABORATORIO: CARTULINAS DE HERBARIO, PAPEL DE ETIQUETAS, GOMA.	Material en Laboratorio

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLOGICO

Equisetopsida	Herbario Alfredo Paredes
Magnoliopsida	Herbario Alfredo Paredes

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados con la realización de la investigación se describen a continuación: Composición de especies: Determinar la riqueza y abundancia de todas las especies presentes en cada parcela permanente, instalada a diferente gradiente altitudinal. Conocer las especies con mayor Índice de Valor de Importancia en cada sitio. Adicionalmente establecer las diferencias a través de los índices de similitud. Estructura – densidad y área basal: Se procurará conocer la densidad en cada estrato (Arbóreo, Arbustivo), determinado para cada gradiente altitudinal; donde se pueda evidenciar el patrón de distribución y así conocer si éste incrementa con la altitud o su vez disminuye. Con respecto al análisis del área basal, se establecerá la diferencia y patrones de aumento o disminución según el factor de la gradiente altitudinal que exista en los dos sitios donde se instalarán las parcelas permanentes. Almacenamiento de carbono: Para este resultado se intentará determinar la biomasa y carbono almacenado en cada parcela permanente establecida a diferente gradiente altitudinal. Con este resultado se podrán realizar comparaciones para determinar el gradiente altitudinal es una variable que puede aumentar o disminuir la capacidad de almacenamiento de carbono en los dos sitios de muestreo. De igual forma, nos permitirá conocer las especies más representativas que contengan mayores cantidades de biomasa y carbono almacenado en cada sitio evaluado. Para este fin, se pretende realizar modelos alométricos que demuestren la cantidad de biomasa presentes en los diferentes gradientes altitudinales estudiados. Esta investigación pretende generar información muy importante que sirva como base para la formulación de futuros estudios y proyectos; mismos que tomen en cuenta elementos como la remediación de los árboles y una continuidad al estudio de almacenamiento de carbono, en este sitio, a través del tiempo.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DESCICIONES A LA ESTRATERGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Meta02.07.01En el 2021 se reducirá al menos un 5% la tasa de deforestación con relación al año base.	Se pretende contribuir científicamente para la conservación de los bosques amazónicos como medio de mitigación contra en cambio climático

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **CABEZAS CABEZAS RICHARD FERNANDO**

2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD TECNOLOGICA INDOAMERICA**

3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2022/08/14**

4. Valoración técnica del proyecto: **TELLO RAMOS FANNY ELIZABETH**

5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**

6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS,** sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**

8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas

siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **CABEZAS CABEZAS RICHARD FERNANDO**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN
2022-02-10

Firmado electrónicamente por: BYRON ADRIAN LAGLA CHIMBA

Firmado electrónicamente por: BYRON ADRIAN LAGLA CHIMBA

Anexo 2. Ficha de Campo para Evaluar individuos >10 cm. dap

Provincia:…….……Fecha…….
Cantón:…….……..…….
Área:……..
Parroquia:…….……Altitud:…….
Nº Parcelas ()
Coodernadas: ……....
Localidad:……....

# de individuos	Familia	Genero	Especie	>10 DAP	Altura total (Ht)	Altura comercial (Hc)	Hábitat

Anexo 3. Anexo fotográfico

Foto 1. Bosque Maduro Virgen del Carmen

Foto 2. Interior del Bosque Maduro del Virgen del Carmen

Foto 3. Instalación de parcelas de 50x50 m y Medición de 1.30 altura

Foto 4. Medida de individuos DAP > 10 cm y Colección de muestras con la podadora

Foto 5. Prensado de las muestras con periódico y conservación las muestras con alcohol

Foto 6. Secado de las muestra en la estufa y Identificación en el Herbario Nacional (QCNE)