



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DEL BOSQUE NATIVO DE
LA COMUNA DOS MANGAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

AUTOR

**Biol. Mar. OSCAR DANIEL CARREÑO MALDONADO
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO**

TUTOR

**Blga. Jodie Jessica Darquea Arteaga, M.Sc.
Santa Elena, Ecuador**

2024

DEDICATORIA

A Dios, por su guía y fortaleza e iluminar mi camino; a mi hijo cuyo futuro me inspira constantemente; a mi esposa por su amor y apoyo; a mis padres, por su sabia enseñanzas y valores inculcados y a mis hermanos, por su constante acompañamiento en cada paso de mi carrea.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Península de Santa Elena por brindar docentes de calidad que han compartido sus conocimientos, fortaleciendo nuestra formación como maestrantes. A mi tutor, por su constante guía, apoyo y sabiduría compartida a lo largo de todo este proceso. A mi querido amigo Ing. Forestal Juan Horacio Figueroa Victores, por su invaluable ayuda y disposición para colaborar en cada etapa de estudio.

A la comunidad de Dos Mangas, por su calidez y colaboración en los estudios de campo, cuya participación fue esencial para el desarrollo y éxito de esta investigación.

APROBACIÓN DEL TUTOR

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Blgo. Marino Oscar Daniel Carreño Maldonado, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático.

TUTOR

Blga. Jodie Jessica Darquea Arteaga, M.Sc.

18 días del mes de julio del año 2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Eco. Roxana Álvarez Acosta, Ph.D.

**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Blga. Jodie Jessica Darquea Arteaga,

**M.Sc.
TUTOR**

MSc. Mario Hurtado Domínguez

**DOCENTE
ESPECIALISTA 1**

MSc. Xavier Piguave Preciado

DOCENTE ESPECIALISTA 2

Abg. María Rivera González, Mgt.

SECRETARIA GENERAL

AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR

Yo, Oscar Daniel Carreño Maldonado

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 10 días del mes de julio del año 2024

AUTOR

Biol. Mar. Oscar Daniel Carreño

Maldonado

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Oscar Daniel Carreño Maldonado

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, CAPACIDAD DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO DEL BOSQUE NATIVO DE LA COMUNA DOS MANGAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA, previo a la obtención del título en Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 10 días del mes de julio del año 2024

EL AUTOR

Mar. Oscar Daniel Carreño Maldonado

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo General	7
4.2 Objetivos Específicos	7
5. HIPÓTESIS	7
6. MARCO TEÓRICO	8
7. MATERIALES Y MÉTODOS	11
7.1 Ubicación del área de estudio	11
7.2 Localización de áreas de muestreo.....	12
7.3 Identificación de la Composición florística	15
7.4 Índice de valor de importancia por especie (IVI)	15
7.5 Índice ecológico.....	16
Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') e índice de Simpson	16
7.6 Determinación de captación/almacenamiento de carbono en el bosque de la comuna Dos Mangas (área basal, volumen y biomasa forestal)	17
7.7 Estimación del volumen de las especies florísticas.....	18
7.8 Estimación de la biomasa forestal	18
7.9 Estimación del carbono almacenado en los ecosistemas	18
7.10 Estimación del CO ₂ almacenado en el bosque.....	19
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
8.1 Composición y estructura florística del bosque de la comuna Dos Mangas	20
8.2 Composición y estructura florística por ecosistema	24
8.3 Índice estructural de la composición florística	30
8.4 Índice de diversidad alfa.....	31
8.5 Estimación de Carbono y CO ₂	32
8.5.1 Área basal de las especies florísticas	32

8.5.2 Volumen de las especies forestales por ecosistema.....	32
8.5.3 Biomasa forestal por ecosistema.....	33
8.5.4 Carbono almacenado por ecosistema	34
8.5.5 Carbono almacenado por estrato de bosque	35
8.5.6 Estimación de Dióxido de carbono CO ₂ por ecosistema.	37
8.5.7 Estimación de Dióxido de carbono CO ₂ por estrato de bosque.	38
9. CONCLUSIONES	40
10. RECOMENDACIONES	42
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
12. ANEXOS.....	49
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Registro de las parcelas en los diferentes estratos de ecosistema coordinadas geográficas UTM WGS 84 en el bosque de la comuna Dos Mangas.....	12
Tabla 2.- Registro de índice de Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D);.....	17
Tabla 3 Listado de las especies arbóreas registradas en la comuna de Dos Mangas. Se indica el orden, familia, género y especie	21
Tabla 4 Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01);	49
Tabla 5.- Tabla de frecuencia $Dap_{1.30m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01);	50
Tabla 6.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).....	50
Tabla 7.- Tabla de frecuencia del $Dap_{1.30m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).	51
Tabla 8.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02);.....	51
Tabla 9.- Tabla de frecuencia $Dap_{1.30m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02);	52
Tabla 10.- Tabla de frecuencia de altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).....	52
Tabla 11.- Tabla de frecuencia $Dap_{1.30m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).;.....	53
Tabla 12.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).	53
Tabla 13.- Tabla de frecuencia del $Dap_{1.30m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01)	54
Tabla 14 Tabla de frecuencia correspondiente a los ecosistemas del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01); Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01);); Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02); Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) y Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).	54
Tabla 15.- Tabla de índice de valor de importancia en cada ecosistema del bosque ubicado en la comuna Dos Mangas.	55
Tabla 16.- Tabla de índice diversidad y dominancia en cada ecosistema del bosque ubicado en la comuna Dos Mangas.	57
Tabla 17.- Tabla de registro de área basal por tipo de ecosistema	58
Tabla 18.- Tabla de registro de volumen por tipo de ecosistema.	59

Tabla 19.- <i>Tabla de registro de biomasa por ecosistema</i>	60
Tabla 20.- <i>Registro de estimación de carbono por ecosistemas.</i>	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de ubicación de la comuna Dos Mangas.....	11
Figura 2.- Mapa de bosque protector Chongón Colonche, programa Socio Bosque, tipos de ecosistemas y áreas de muestreo - comuna Dos Mangas.....	13
Figura 3.- Mapa de ecosistemas y áreas de muestreo - comuna Dos Mangas.....	14
Figura 4.- Mapa de estratos de bosque - comuna Dos Mangas.....	14
Figura 5.- Distribución de especies en el bosque de la comuna Dos Mangas.....	23
Figura 6.- Distribución de frecuencias de la altura de los árboles registrados en el ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).....	24
Figura 7.- Distribución de frecuencias Dap = diámetro de altura del pecho en el ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).....	25
Figura 8.- Distribución de frecuencias de la altura de los árboles registrados en el del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).....	26
Figura 9.- Distribución de frecuencias del diámetro altura de pecho = Dap, registrados en el del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).....	26
Figura 10.- Distribución de frecuencias de la altura (m) de los árboles registrados en el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).....	27
Figura 11.- Distribución de frecuencias de Dap (m) de los árboles registrados en el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).....	27
Figura 12.- Distribución de frecuencias de Altura de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).....	28
Figura 13.- Distribución de frecuencias de Dap de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).....	28
Figura 14.- Distribución de frecuencias de altura (m) de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).....	29
Figura 15.- Distribución de frecuencias de Dap (m) de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).....	30
Figura 16.- Registro del mayor del Índice de Valor de Importancia por ecosistemas.....	31
Figura 17.- Registro de carbono por tipos de ecosistemas.....	34
Figura 18.- Registro de carbono por ecosistemas.....	35
Figura 19.- Registro de carbono por estrato de ecosistemas.....	36
Figura 20.- Estimación de carbono por estrato de bosque en comparación con los determinados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.....	37
Figura 21.- Registro de toneladas de dióxido de carbono por Tipos de Ecosistemas.....	38
Figura 22.- Registro de toneladas de dióxido de carbono por estrato de bosque.....	39

RESUMEN

El bosque de la comuna Dos Mangas, en Santa Elena, se destaca por su biodiversidad faunística y florística, además de su capacidad de captura de carbono, aunque es vulnerable a impactos antropogénicos que podrían afectar la biodiversidad. Por lo que, este estudio determinó el almacenamiento de carbono por estratos y ecosistemas. Por medio del análisis de composición y estructura florística, caracterización dasométrica, biomasa forestal y captura de carbono y CO₂. Donde se distribuyeron diez áreas de muestreo de 100 m² en los cinco ecosistemas y dos estratos de bosque, del sitio. Registrándose, 70 árboles distribuidos en 17 familias y 25 especies forestales, destacando las familias Cordiaceae, Fabaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Moraceae y Meliaceae. Acorde al, Índice de Valor de Importancia (IVI), predominó en la especie *Triplaris cumingiana* Fisch (27,89 %), indicando su importancia ecológica. El promedio de carbono varió según los ecosistemas, donde: el ecosistema de Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) dentro del BVPCHC y APSB, presentó los valores superiores de almacenamiento de carbono, con 169,35 ton C/ha equivalente a 621,51 ton CO₂. Este se caracterizó por presentar una mínima perturbación antropogénica y ser de difícil acceso. En cambio, el ecosistema de Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) presentó valores más bajos de 27,17 ton C/ha equivalente a 99,71 ton CO₂, probablemente debido a una mayor interacción con actividades antrópicas, limitando así, el crecimiento y la regeneración de los árboles afectando la capacidad de almacenamiento de carbono. Para los estratos de bosques se encontró que el bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) almacenó 127,17 ton C/ha, equivalente a 466,71 ton CO₂ y el bosque seco pluvioestacional (BSP) de 34,84 ton C/ha, equivalente a 127,86 ton CO₂. Los ecosistemas variaron considerablemente su capacidad de almacenamiento de carbono y dióxido de carbono, lo que destacan la necesidad de desarrollar estrategias de conservación adaptadas a las características específicas de cada ecosistema para contribuir significativamente a mitigar las variaciones climáticas.

Palabras claves: Ecosistemas, Estratos de bosques, Toneladas de carbono.

ABSTRACT

The Dos Mangas Forest in Santa Elena stands out for its faunal and floral biodiversity, in addition to its carbon capture capacity, although it is vulnerable to anthropogenic impacts that could affect biodiversity. Therefore, this study determined carbon storage in the Dos Mangas Forest by strata and ecosystems. This was achieved through the analysis of floristic composition and structure, dendrometric characterization, forest biomass, and carbon and CO₂ capture. Ten sampling areas of 100 m² were distributed among the site's five ecosystems and two forest strata. A total of 70 trees were recorded, distributed across 17 families and 25 forest species, with the families Cordiaceae, Fabaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, and Meliaceae standing out. According to the Importance Value Index (IVI), the species *Triplaris cumingiana* Fisch (27.89 %) predominated, indicating its ecological importance. The average carbon storage varied by ecosystem, with the Evergreen Seasonal Montane Forest of the Coastal Range of the Equatorial Pacific (BsTc01), within the BVPCHC and APSB, presenting higher carbon storage values of 169,35 tons C/ha, equivalent to 621,51 tons CO₂. This ecosystem was characterized by minimal anthropogenic disturbance and difficult access. In contrast, the Semideciduous Forest of the Coastal Range of the Equatorial Pacific (BmPc01) presented lower values of 27,17 tons C/ha, equivalent to 99,71 tons CO₂, probably due to greater interaction with anthropogenic activities, limiting the growth and regeneration of trees, and thus affecting their carbon storage capacity. Regarding the forest strata, it was found that the Evergreen Lowland Forest of the Chocó (BSVTBC) stored 127,17 tons C/ha, equivalent to 466,71 tons CO₂, and the Pluvio-Seasonal Dry Forest (BSP) stored 34,84 tons C/ha, equivalent to 127,86 tons CO₂. The ecosystems varied considerably in their capacity for carbon and CO₂ capture, highlighting the need to develop conservation strategies tailored to the specific characteristics of each ecosystem to significantly contribute to mitigating climate variability.

Keywords: Ecosystems, Forest strata, Tons of carbon.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrenta la sociedad. Sus efectos incluyen el incremento de la temperatura, lluvias intensas, sequías, el derretimiento de glaciares, el aumento del nivel del mar y una mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (Solís & Tomás, 2023). Este problema se agrava debido al rápido aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los cuales el dióxido de carbono (CO₂) es el más significativo debido a las grandes cantidades emitidas a causa de las actividades humanas (Ordóñez et al., 2001). Entre 2011 y 2020, las emisiones netas anuales de CO₂ procedentes del uso de la tierra, el cambio del uso del suelo y las actividades forestales se situaron en 4,1 Gton CO₂, esto es, aproximadamente un 10% de las emisiones antrópicas totales de CO₂. Sin embargo, los bosques presentan una función importante en el ciclo de carbono, actuando como sumideros de carbono (absorción del carbono a través de la fotosíntesis y almacenarlo tanto en su biomasa como en los suelos superó las emisiones derivadas del cambio de uso del suelo al absorber 11,4 Gton CO₂ anuales, representando un 29% de las emisiones antrópicas anuales de CO₂ durante ese período (FAO, 2022; Friedlingstein et al., 2021).

Los bosques son esenciales para mitigar el cambio climático, conteniendo 662.000 millones de toneladas de carbono en 2020, constituyendo más de la mitad de las reservas de carbono mundiales de los suelos y la vegetación, suponiendo un promedio de 163 Ton/ha (FAO, 2022). Las plantas, a través de la fotosíntesis, tienen la capacidad de absorber el CO₂ atmosférico, incorporándolo en la formación de follaje, ramas, raíces y tronco, participando así activamente en la reducción de gases de efecto invernadero, disminuyendo las concentraciones del CO₂ de la atmósfera (Chuncho et al., 2019; Ordoñez, 1998). Además, los árboles con mayor área basal obtienen más capacidad de captación de carbono, durante el proceso de fotosíntesis y manteniéndolo en sus estructuras. Se considera, que el CO₂ se mantiene almacenado, mientras no ha sido liberado al suelo o la atmósfera (Calderón, 2023; Ordoñez, 1998). Para calcular la biomasa forestal en un bosque, se utilizan métodos que no dañan el entorno (no destructivo) donde se efectúa una estimación de la biomasa mediante mediciones directas en el campo, calculando el número de árboles por hectárea (Ruso, 2009). Asimismo, la estimación de la biomasa se realizó multiplicando el volumen del bosque, la densidad, el factor de expansión de biomasa aérea y subterránea, acorde a las Directrices del

Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, expansión aplicada de 1,20 para la biomasa aérea y 1,20 biomasa subterránea (IPCC, 2006),

El Ecuador está ubicado en el hemisferio occidental, al noroeste de América del Sur, con una extensión total de 256370 km² en el continente. El territorio se divide en tres regiones diferentes: Costa, Sierra y Amazonía, cada una con características únicas de clima, suelos, paisajes y biodiversidad, estas regiones presentan una gran variedad de climas y microclimas convirtiendo al país en uno de los 17 países más megadiversos del planeta; en conjunto a la biodiversidad terrestre y marina representan al país con el mayor número de especies por extensión geográfica a nivel global (MAAE, 2019; Mittermeier et al., 2011; R. Yang et al., 2020). Siendo, Ecuador considerado como un hotspot de biodiversidad para anfibios, reptiles y especies endémicas de plantas vasculares (Kleemann et al., 2022; Myers et al., 2000). Sin embargo, se han registrado 3508 especies de plantas endémicas bajo alguna categoría de amenaza (León et al., 2011).

Dentro de las acciones encaminadas a la conservación de la naturaleza y gestión del cambio climático, Ecuador se convirtió en el primer país en el mundo en reconocer a la naturaleza como titular de derechos en la Constitución del 2008, declara que la Pacha Mama, donde se reproduce y prospera la vida, tiene derecho a que se respete completamente su existencia, reconociendo los principios ambientales a la protección de la naturaleza (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008). Con la suscripción del Ecuador al Acuerdo de París, en el año 2016 y como signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Ecuador presentó su compromiso contra el cambio climático, pese a contribuir con apenas el 0,16 % de los gases de efecto invernadero (GEI) a escala global, reconociendo la responsabilidad compartida de proteger el clima como bien común de la humanidad, amparado en el principio de las responsabilidades comunes: Y en el 2019, presentó su Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), planteándose metas de mitigación acorde a sus capacidades como prioridad para el desarrollo del país (MAATE, 2022).

El cambio climático ha exacerbado la vulnerabilidad del Ecuador y las proyecciones de clima futuro realizadas en el marco de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Ecuador muestran que, de mantenerse la tendencia actual de la temperatura, el

cambio que podría esperarse es de un aumento aproximado de 2°C hasta fin de siglo; e, incluso, la Amazonía y Galápagos presentarían incrementos superiores a este valor (MAATE, 2019).

Los bosques del Ecuador continental, según la Evaluación Nacional Forestal (ENF), se encuentran clasificados en 9 estratos de bosques, en base a criterios bioclimáticos, variación del contenido de carbono y la clasificación estandarizada por el IPCC como son el Bosque seco andino (BSA), Bosque seco pluvioestacional (BSP), Bosques siempre verdes de tierras bajas del Chocó (BSVTBC), Bosque siempre verde andino montano (BSVAM), Bosque siempre verde andino pie montano (BSVAPM), Bosques siempre verdes andino de ceja andina (BSVCA), Bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía (BSVTBA), Manglar (M) y Moretal (MO) (MAE, 2017, 2013a). En el 2013, el Ministerio del Ambiente del Ecuador, presentó un sistema de clasificación de ecosistemas, como una herramienta de homologación a nivel regional, que permite monitorear y realizar seguimientos en los cambios en los ecosistemas para determinar el estado de conservación. Se clasificaron, 91 ecosistemas distintos en las tres regiones biogeográficas del país (Litoral, Los Andes y Amazonia), distribuyéndose estos a su vez en 24 ecosistemas para la región Litoral, 45 para la región de Los Andes, y 22 para la región de la Amazonia (MAE, 2013b)

Desafortunadamente, entre 1990 y 2018 el Ecuador perdió 21.263 km² de sus bosques naturales, registrándose la mayor tasa de deforestación los ecosistemas de bosque siempreverde de las tierras bajas del Chocó (-1,72 % año⁻¹) y del bosque seco (-1,2 % año⁻¹) (Rivas et al., 2020a). No salvaguardando, así, ecosistemas importantes para el mantenimiento de la diversidad y mitigación del cambio climático. Especialmente en áreas sensibles en diversidad florística, como es el caso de la cordillera Chongón Colonche, conocida por su alta diversidad y endemismo de flora (Astudillo et al., 2019). La Comuna Dos Mangas, forma parte de la cordillera Chongón Colonche, se encuentra en la parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, y se caracteriza por un clima cálido y húmedo tropical. Sus principales sectores productivos incluyen el turismo, la agricultura y la ganadería (Merchán & Saavedra, 2022)

El bosque de la comuna Dos Mangas, acorde a la clasificación de ecosistemas del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013b), se registran cinco tipos de ecosistema

y dos estratos de bosque. De los cuales el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (BsTc01), Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01), Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02), corresponden al estrato de Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC). Y, los ecosistemas del Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) y Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BmPc01), corresponden al estrato de Bosque seco pluvioestacional (BSP)

Encontrándose, estos ecosistemas boscosos, bajo el manejo por parte de la comuna, la cual realiza un uso de los recursos del bosque para los sectores productivos proveniente como la paja toquilla, la tagua y el bambú y con presencia de áreas intervenidas principalmente para actividades de turismo, la agricultura, y ganadería (Merchán & Saavedra, 2022). Para el caso de investigaciones, estas se han centrado más en temas de registro de especies florísticas y fauna silvestre, pero no se han registrado a la fecha informes de levantamiento de información sobre la eficiencia del almacenamiento de carbono por ecosistemas. Caso contrario ocurre sobre estudios en la comuna Dos Mangas, de captación de carbono bajo nomenclatura de estratos de bosques realizados por el MAATE en el 2013, registrándose que los estratos del Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) y del Bosque seco pluvioestacional (BSP) obtuvieron un potencial de fijación de carbono de 83,34 ton C/ha-1 y 37,04 ton C/ha-1, respectivamente (MAE, 2017, 2013a).

En la actualidad, la conservación de los bosques es un tema de gran importancia, debido a la contribución en la mitigación de los efectos de la variabilidad climática, además, por lo que esta investigación tiene como propósito analizar la capacidad de los ecosistemas forestales de la comuna Dos Mangas para almacenar carbono, a través de la medición del contenido de carbono y dióxido de carbono en los distintos estratos del bosque y tipos de ecosistemas. Se destaca, además, generar conocimiento para orientar a su conservación y promover un manejo sostenible del sitio de los bosques y su biodiversidad.

2. PROBLEMÁTICA

El Estado ecuatoriano protege a los espacios naturales para la conservación en Bosques y Vegetación Protectores (BVP) y en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Los BVP son bosques que se ubican en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas o en zonas que por sus escenarios climáticos (edáficas e hídricas) no son aptas para la agricultura o la ganadería y cuyas funciones son: conservar el agua, el suelo, la flora y fauna (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017; MAE, 2017). En el Ecuador existen 202 BVP, que cubren una superficie de 2'425.002 ha, lo que representa el 9,72 % del territorio nacional (MAAE, 2019). Treinta y nueve de las 202 BVP están ubicados en la región costera, lo que representa el 19 % de todos los BVP (Rivas et al., 2020b). A pesar de los niveles de protección establecidos, Ecuador registró una tasa neta de deforestación de 47,497 hectáreas entre 2.008 y 2.014. Esta acelerada pérdida de bosques ha intensificado la fragmentación de hábitats, resultando en una falta de conectividad y una disminución significativa, e incluso pérdida, de la diversidad florística. Estos cambios se deben principalmente a modificaciones en la cobertura del suelo provocadas por actividades antropogénicas (Hilty et al., 2020).

Los bosques tropicales estacionalmente secos de la provincia de Santa Elena poseen una alta diversidad y endemismo; siendo considerado estos tipos de bosque, como uno de los ecosistemas tropicales más amenazados debido al nivel de alteración y fragmentación (Best & Kessler, 1995).

En la actualidad, la cordillera Chongón Colonche, donde se ubica parte del bosque de la comuna Dos Mangas de la provincia de Santa Elena, no forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), y donde solo una parte de la zona boscosa de la Cordillera, intercepta en parte con el Bosque Protector Chongón Colonche y áreas de conservación del Programa Socio Bosque (MAAE, 2019), Sin embargo, no cuenta con una protección integral que garantice la conectividad de sus ecosistemas y la protección de las especies endémicas y amenazadas en la región.

En la actualidad, los estudios de captura y almacenamiento de carbono se clasifican por estratos de bosques, lo que limita la identificación precisa de la cantidad de carbono que se produce en los diferentes ecosistemas. Esta información es crucial para establecer medidas

de manejo que contribuyan a la conservación de cada uno de ellos y de su biodiversidad. Surge entonces la interrogante sobre si existe una diferencia significativa en la captación de carbono entre los distintos ecosistemas y estratos de bosques presentes en la comuna Dos Mangas, lo cual resaltaría aún más la importancia de su conservación

3. JUSTIFICACIÓN

La captación y el almacenamiento de carbono son procesos de importancia para mitigar la variabilidad climática. El bosque nativo ubicado en la comuna Dos Mangas, de la provincia de Santa Elena, representa una diversidad faunística y florística de importancia, donde se han descrito más de 31 especies de plantas y 24 especies de vida silvestre (Astudillo et al., 2019; Canales, 2021; Flores, 2023). Que es susceptible a los impactos antropogénicos y de variabilidad climática, que podrían contribuir a la pérdida de la diversidad, afectando a los ecosistemas. Reforzando, con base a lo mencionado, la necesidad de propuestas que conduzcan a un adecuadamente el manejo de estos recursos. Por lo que, este estudio se centrará en determinar la capacidad de almacenamiento de carbono en los ecosistemas que conforman el bosque de la comuna de Dos Mangas y de actualizar estas estimaciones, por estratos de bosques. Permitiendo así, entender cuánto carbono puede secuestrar el bosque y cómo este contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero.

Se ha observado que los bosques con una estructura compleja tienden a almacenar más carbono en comparación con los bosques jóvenes o simplificados (Calderón, 2023). Características, que aún no han sido determinadas para el bosque de la Comuna Dos Mangas. Por lo tanto, la caracterización de la estructura y composición florística del bosque que forma parte de esta investigación, permitirá conocer el estado del bosque y cómo estas características influyen en su capacidad para almacenar carbono. Confluyendo lo mencionado, en detectar ecosistemas claves que requieran priorización para la generación de políticas climáticas, proyectos de carbono, pago por servicios ecosistémicos, que comprometan el manejo de los recursos locales y de la diversidad

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar la capacidad de almacenamiento de carbono en el bosque de la comuna Dos Mangas mediante la cuantificación del contenido de carbono y dióxido de carbono por estratos de bosques y tipos de ecosistemas, resaltando la importancia de los bosques y su biodiversidad.

4.2 Objetivos Específicos

Determinar la composición y estructura del bosque mediante un inventario florístico y el análisis de parámetros dasométricos y de diversidad de especies presentes en cada ecosistema.

Describir el almacenamiento de carbono y dióxido de carbono para cada uno de los ecosistemas presentes en el bosque de la comuna Dos Mangas.

Estimar la cantidad de carbono almacenado y dióxido de carbono en los estratos de bosques de la comuna Dos Magas.

5. HIPÓTESIS

¿Existirá una diferencia en la capacidad de almacenamiento de carbono entre los distintos ecosistemas y estratos de bosques presentes en la comuna Dos Mangas que contribuya a la importancia para su conservación y biodiversidad?

Variable Independiente. –Diferentes ecosistemas y estratos de bosques ubicados en la comuna Dos Mangas

Variable dependiente. - Captación de carbono.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Calentamiento Global

De acuerdo con (CMNUCC, 1992) el cambio climático se refiere a una alteración del clima inducida directa o indirectamente por la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se incorpora a la variabilidad natural del clima observada en períodos de tiempo similares. Los fenómenos extremos como olas de calor, precipitaciones intensas, las sequías y ciclones tropicales, han sido descritos en la publicación del Quinto informe de evaluación (IE5) y se atribuyen a la actividad humana, indicarían un modelo preocupante a corto plazo (2021-2040), principalmente debido al aumento de las emisiones acumuladas de CO₂, lo que hace más probable que el calentamiento global alcance los 1,5° C (IPCC, 2023).

6.2 Extensión de los bosques

Los bosques del mundo abarcan el 31 % de la superficie terrestre, equivalente a 4.060 Mha y se estima que alrededor de 1.600 millones de personas dependen de estos ecosistemas para vivir (FAO, 2022; Wilson et al., 2021). Para América Latina y el Caribe (ALC), presentan una superficie forestal de 927 Mha, contribuyendo con el 23 % de la cobertura boscosa mundial (Quiroga, 2017). Los bosques ofrecen además bienes y servicios ecosistémicos: proveen productos maderables y no maderables, albergan gran parte de la biodiversidad (Wilson et al., 2021). Para conservar estos bienes y servicios, es necesario considerar la conectividad del paisaje que constituiría los esfuerzos en la conservación de los ecosistemas, llevando a cabo proyectos como conectividad ecorregional en los países andinos tropicales (Leija & Mendoza, 2021). La economía basada en los bienes y servicios de la biodiversidad, los ecosistemas son la pieza clave para que los países de la región asuman una contribución fundamental en la búsqueda de soluciones globales al aumento de la temperatura atmosférica que el planeta está registrando (Lisio, 2020).

Ecuador, entre 1990 y 2018, perdió 21.263 km² de bosques naturales, transformados principalmente en tierras agrícolas, reduciendo la conectividad y aumentando la fragmentación (Rivas et al., 2024). Para el caso de los bosques secos del Ecuador, estos,

están distribuidos al centro y sur de la región occidental de los Andes, abarcando altitudes de 0 a 1.000 msnm, (Mabel et al., 2023).y a pesar de su alta diversidad y compleja dinámica, estos constituyen solo el 5 % de protección dentro de las áreas bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, registrando diferentes estados de deterioro, lo que afecta su composición florística de los bosques (Marta & Vichot, 2023; Rivas et al., 2020b)

Las comunidades indígenas tienen un valor incalculable para proteger los paisajes forestales intactos, desacelerar la tasa de deforestación y mitigar los riesgos del cambio climático a nivel mundial (Fa et al., 2020). Como también, la promoción de la compensación de los sumideros forestales de carbono la aplicación de agroecosistemas contribuye con la conservación de especies amenazadas y los procesos de regeneración natural generando un impacto social positivo al favorecer con el mejoramiento de las condiciones de vida de los productores al proveer servicios ecosistémicos (Andrés et al., 2021; Y. Yang et al., 2024).

6.3 Emisión de gases de efecto invernadero Ecuador

En el Ecuador, acorde al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), las emisiones totales del 2018, ascendieron a 75.326,87 Gg CO₂-eq, reflejando una disminución del 6,45 % desde el 2012. Siendo, el sector Energía es el que más aporta, con 51,0% de las emisiones totales, seguido del sector uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (UTCUTS), con el 21,6 % y el sector Agricultura, con el 20,8 %. Los sectores Residuos y Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) aportan con apenas el 3,4 % y 3,2 % (MAATE, 2022).

Dada la relevancia de los ecosistemas boscosos como reguladores del cambio climático (Cabrera et al., 2019). Para conocer sobre la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales es indispensable contar con la información sobre los contenidos de carbono en los diferentes ecosistemas almacenan (Ordoñez, 1998). Adicionalmente, podría obtener beneficios socio ambientales al ser humano basado en los servicios ecosistémicos y la influencia que posee en la disminución del cambio global (Castro et al., 2023; Macías, Montes, et al., 2020; Pardo & Cabrera, 2022; Sánchez et al., 2020).

6.4 Normativas y políticas

La Constitución de la República del Ecuador, establece que el Estado implementará y promoverá medidas para reducir el cambio climático, minimizar los gases de efecto invernadero, evitar la deforestación y la contaminación aérea; también adoptar medidas para preservar los bosques y la vegetación, y salvaguardar a la ciudadanía en riesgo, promoviendo prácticas y tecnologías limpias sin comprometer la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico ni el derecho al agua (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008). En el 2019, se publicó el Reglamento del Código Orgánico Ambiental que proporciona los criterios, medidas de mitigación, financiamiento, gestión y adaptación al cambio climático (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

El Ecuador, ha implementado políticas e instrumentos normativos como el esquema de pago por servicios ecosistémicos (PSA) llamado Programa Socio Bosque que cubren múltiples servicios ambientales, medidas de mitigación del cambio climático adoptadas en los países en desarrollo generando créditos de carbono que podrían reducir los costos de cumplir los objetivos de reducción de GEI (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017; FAO, 2022; Fischer et al., 2023; MAATE, 2022; Ortega et al., 2019; Sarker et al., 2022). A la vez, se administra en diferentes niveles de gobierno: Gobierno nacional, gobiernos autónomos descentralizados provinciales, municipales y parroquiales, en la región costa, por ejemplo, se conformó el Consorcio para enfrentar el cambio climático en la Cordillera Costera, como también mantiene los registros de las reservas de carbono de los bosques, que son el parámetro importante para evaluar la capacidad de secuestro de carbono de los bosques (Lechón, 2023; Y. Yang et al., 2024).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en la comuna Dos Mangas, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena (Figura 1), esta región presenta temperaturas promedio de 23-24 °C y precipitaciones promedio de 500 mm/año (MAE, 2017). Localmente, el ecosistema es conocido como bosque de garúa (Astudillo et al., 2019).

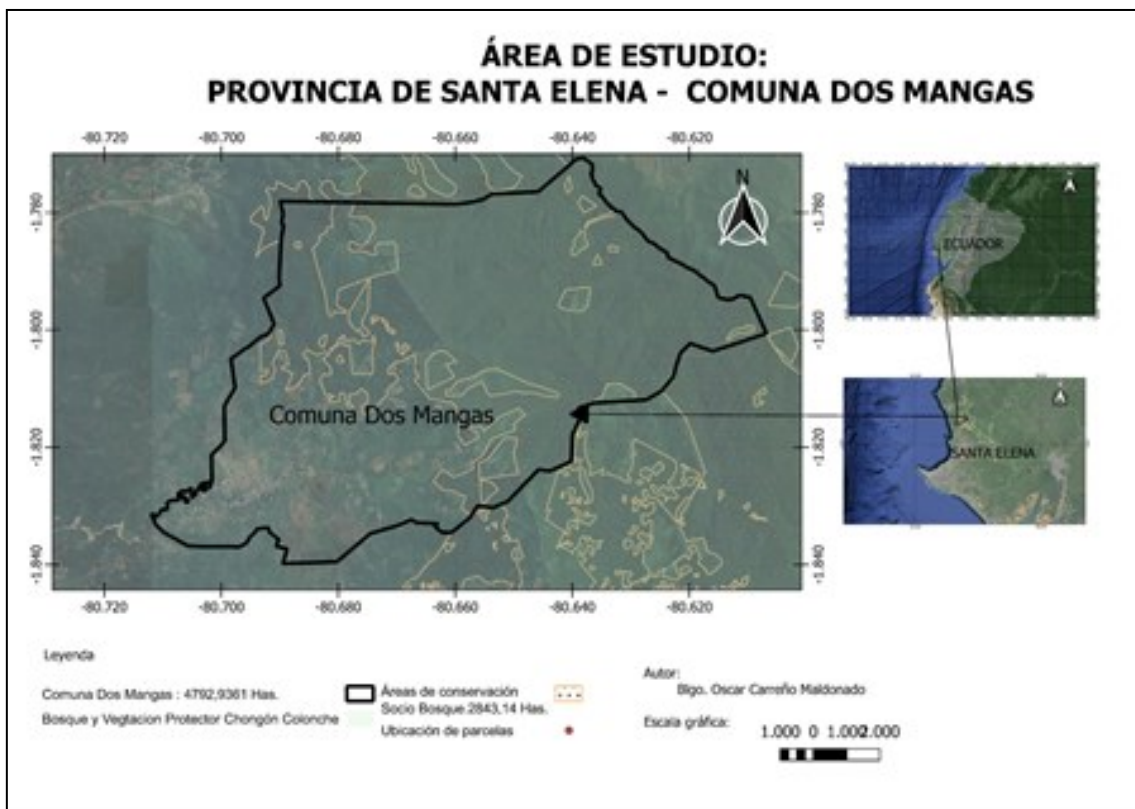


Figura 1.- Mapa de ubicación de la comuna Dos Mangas.

El proyecto se desarrolló en tres etapas: La primera etapa consistió en la identificación de los ecosistemas, diseño de muestreo y delimitación de las parcelas. En la segunda etapa se realizó trabajo de campo, con la recolección de datos volumétricos de las especies arbóreas (altura total del árbol y diámetro a la altura del pecho) y la estimación de los Índices de Valor de Importancia, e índices ecológicos de Shannon y Simpson. Finalmente, en la tercera etapa, se estimó la captación de carbono y dióxido de carbono.

7.2 Localización de áreas de muestreo.

El registro de las parcelas de muestreo se realizó utilizando el software QGIS 3.36 (Quantum GIS), en el cual se incorporaron las capas de estratificación del bosque, tipos de ecosistemas, así como también las capas del Bosque y Vegetación Protectora Chongón Colonche (BvpCHC) y áreas de conservación del programa Socio Bosque (PSB)(MAAE, 2019) (Figura 2). Una vez registrados los estratos de bosques y ecosistemas (MAE, 2013b, 2013a), se establecieron 10 parcelas circulares de 100 m² con un radio de 5,64 m (Ruso, 2009), comprendiendo 6 parcelas para el estrato Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) y 4 parcelas para el estrato Bosque seco pluviestacional (BSP) distribuyéndose 2 parcelas para cada ecosistema contenido dentro de cada estrato (Tabla 1, Figura 3 - 4).

Tabla 1.- Registro de las parcelas en los diferentes estratos de ecosistema coordinadas geográficas UTM WGS 84 en el bosque de la comuna Dos Mangas

Estratos de bosques (MAE, 2013a)	Registro de ecosistemas (MAE, 2013b)	Y	X	Altura (Msnm)
Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC)	Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).	542548	9801425	391
		540409	9802582	453
	Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).	541358	9800935	306
		537668	9799764	195
	Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).	536384	9800369	143
		535415	9800092	144
Bosque seco pluviestacional (BSP)	Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).	537310	9797953	113
		536608	9797422	183
		538139	9797608	218

Bosque semidecuido de la cordillera costera del Pacífico 537581 9797275 214 ecuatorial (BmPc01).

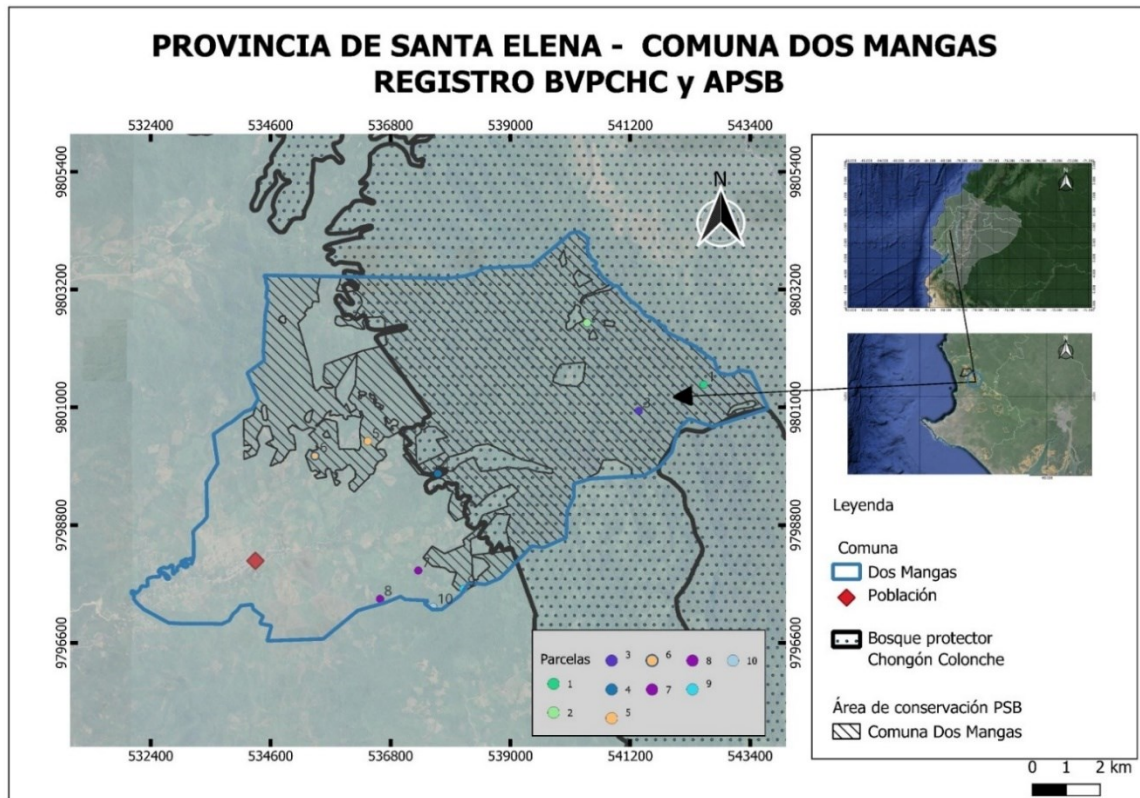


Figura 2.- Mapa de bosque protector Chongón Colonche, programa Socio Bosque, tipos de ecosistemas y áreas de muestreo - comuna Dos Mangas

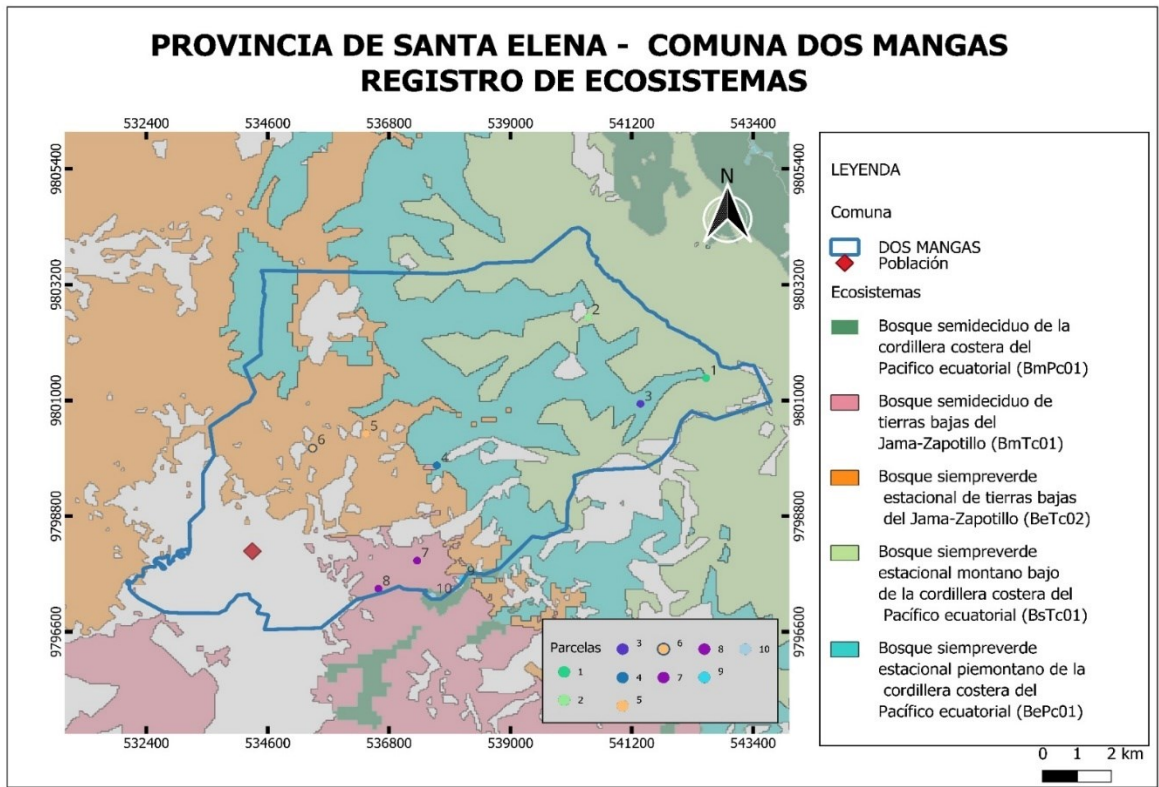


Figura 3.- Mapa de ecosistemas y áreas de muestreo - comuna Dos Mangas.

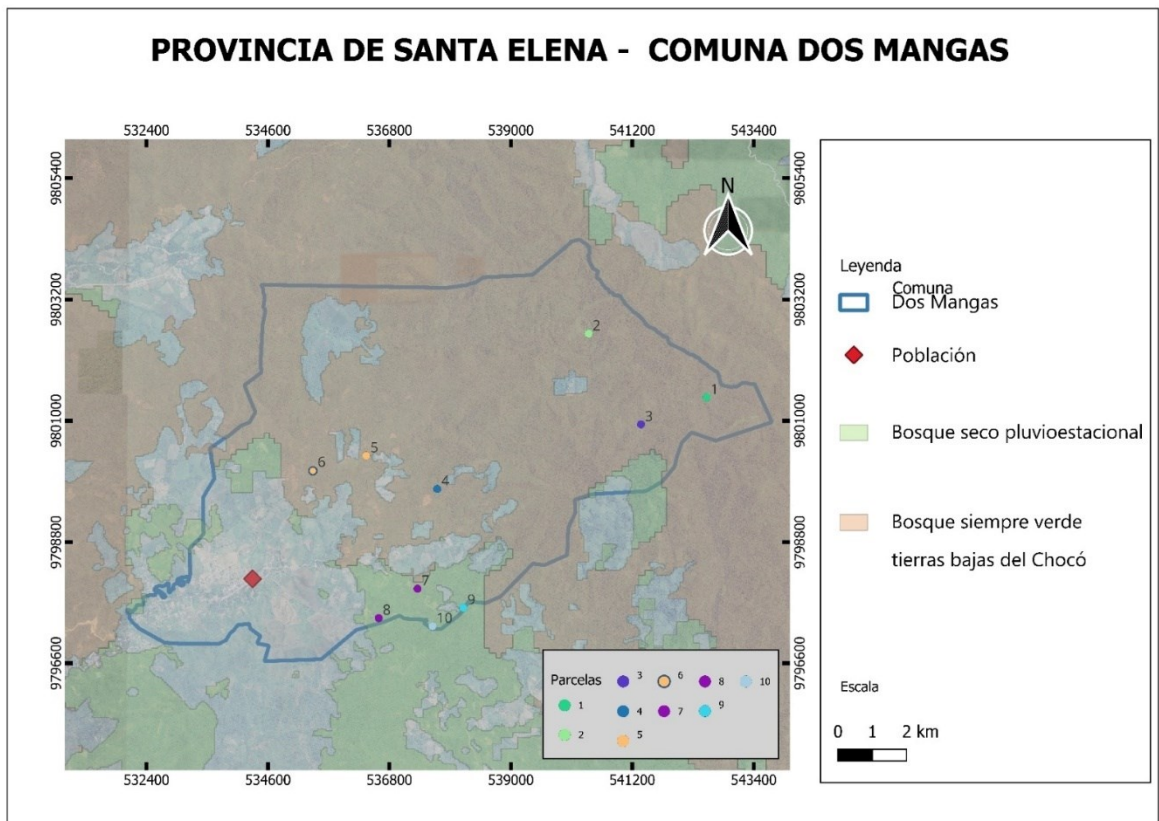


Figura 4.- Mapa de estratos de bosque - comuna Dos Mangas.

7.3 Identificación de la Composición florística

Se realizó la identificación de la composición florística, utilizando los registros de identificación (Astudillo et al., 2019; Dueñas & Ramos, 2010; León et al., 2011; López & Martín, 2005; Lozano, 2002; Maluenda et al., 2002; Palacios & Jaramillo, 2016)

Se elaboró el inventario florístico donde se aplicaron los siguientes parámetros dasométricos: diámetro a la altura de pecho ($D_{ap1.30\text{ m}}$) mayores a 10 cm y altura total (A). Para el registro del diámetro de pecho, se utilizó una cinta diamétrica, realizando mediciones directas de campo a 1.3 m sobre el terreno y para el registro de la altura de los árboles se empleó el hipsómetro (Forestry pro II) siguiendo los parámetros establecidos (FAO, 2004; Imaña, 2011; Ruso, 2009).

Con la información dasométrica, se obtuvo un análisis estadístico con el software estadístico InfoStat y el paquete Office (Excel) para cada tipo de ecosistema. (Balzarini et al., 2008).

7.4 Índice de valor de importancia por especie (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es una medida usada en ecología para evaluar la relevancia de una especie dentro de una comunidad o ecosistema. El IVI integra diversos parámetros ecológicos, permitiendo una apreciación más completa del rol de cada especie; se calcula en estudios de vegetación, aunque su aplicación puede extenderse a otras áreas (Curtis, 1959; Jumbo et al., 2018; Soler et al., 2012; Zarco et al., 2010).

Componentes del IVI. - El IVI se basa en tres principales componentes:

1. Densidad Relativa: Es la proporción del número de individuos de una especie respecto al total de individuos de todas las especies en la comunidad.

2. Frecuencia Relativa: Representa la proporción de la cantidad de parcelas en las que aparece una especie respecto al número total de parcelas muestreadas.

3. Dominancia Relativa: Mide el área basal o la biomasa de una especie en relación al área basal o biomasa total de todas las especies en la comunidad.

Para calcular el IVI, se utilizan las siguientes fórmulas para cada componente (Curtis, 1959; Jumbo et al., 2018; Soler et al., 2012; Zarco et al., 2010).

$$\begin{array}{l} \text{Índice de valor} \\ \text{de importancia} \\ \text{(IVI)} \end{array} \quad \text{IVI} = \frac{\text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}}{3} * 100$$

$$\text{Abundancia (D)} = \frac{\text{Número de árboles por especie}}{\text{Total, del área muestreada}} * 100$$

$$\text{Abundancia relativa (AbR)\%} = \frac{\text{Número de árboles por especie}}{\text{Total, de árboles}} * 100$$

$$\text{Dominancia relativa (DmR)\%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Frecuencia relativa (Fr)\%} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie}}{\text{Sumatoria total de las frecuencias absoluta}} * 100$$

7.5 Índice ecológico

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') e índice de Simpson

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), estima la heterogeneidad de la comunidad considerando la abundancia y el grado promedio de incertidumbre para

predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar y el Índice de Simpson, varía entre 0 y 1, donde 0 representa una comunidad con una sola especie y 1 representa una comunidad con múltiples especies igualmente abundantes (Tabla 2) (Astudillo et al., 2019; Moreno, 2011; Zarco et al., 2010).

Tabla 2.- Registro de índice de Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D);

Tipo de índice	Fórmula	Condición
Índice de Shannon (H')	$H = \sum (P_i) \cdot (\log n \cdot P_i)$	<u>0 - 1,35 diversidad baja</u>
		<u>1,36 - 3,5 diversidad media</u>
		<u>mayor a 3,6 diversidad alta</u>
Índice de Simpson (D)	$D = \sum (P_i)^2$	<u>0,01 - 0,33 dominancia baja (diversidad alta)</u>
		<u>0,34 - 0,66 dominancia media (diversidad media)</u>
		<u>mayor 0,67 dominancia alta (diversidad baja)</u>
Donde:		
Pi: abundancia proporcional de las especies i dividido entre el número total de árboles de la muestra		
n= número de árboles totales		

7.6 Determinación de captación/almacenamiento de carbono en el bosque de la comuna Dos Mangas (área basal, volumen y biomasa forestal)

La estimación del área basal se calculó para cada una de las parcelas monitoreadas. El área basal (AB) es la sumatoria de las áreas transversales (área del tronco a 1,30 m de altura) de todos los árboles con un diámetro mayor a 10 cm existentes en una hectárea (y se expresa en m²/ha) (Ruso, 2009). Esta estimación, permite determinar la densidad de los árboles, la cual es esencial para la estimación de volumen y biomasa de las especies forestales.

$$\text{Area basal: } AB = \sum_{i=1} at_i$$

$$AB = [(DAP_{\text{medio}})^2 \times 0.7854] \times (\text{Arb/ha})$$

$$AB = (m^2/\text{arb}) \times (\text{Arb/ha})$$

Donde: Ab = área basal (m^2); d^2 = diámetro del tronco, coeficiente de forma = 0.7854

7.7 Estimación del volumen de las especies florísticas

El volumen se determinó a partir del área basal, el cual se lo obtuvo mediante inventario florístico aplicando la siguiente fórmula para cada árbol (Ruso, 2009).

$$\text{Volumen: } Vol = AB \times H \times 0,5$$

Donde: Vol = área basal (AB); H = Altura (H); coeficiente de forma = 0,5

7.8 Estimación de la biomasa forestal

La biomasa forestal, indica el ciclo global del carbono, siendo la clave en estudios de cambio climático, la estimación se realizó multiplicando el volumen del bosque, la densidad, el factor de expansión de biomasa aérea y subterránea, acorde a las Directrices del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, expansión aplicada de 1,20 para la biomasa aérea y 1,20 biomasa subterránea (IPCC, 2006), aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Biomasa} = Vol * Ba * Bs$$

Donde: $Biomasa$ = Volumen * Biomasa aérea * Biomasa subterránea.

7.9 Estimación del carbono almacenado en los ecosistemas

El carbono almacenado, se estimó utilizando los datos de biomasa forestal del área, aplicando un factor de conversión de carbono de 0,5 tomando la premisa que el 50 % del peso de los árboles era carbono (Jumbo et al., 2018)

Contenido de Carbono; $C = Bf. \times Fc$

Donde: C = Biomasa forestal (Bf); Fracción de carbono.

7.10 Estimación del CO₂ almacenado en el bosque.

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 ton CO₂ Jumbo et al., 2018. Para calcular el CO₂ almacenado a partir del carbono se utilizó la fórmula: $CO_2 = C \times 3,67$

Donde:

CO₂ = cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO₂.

3,67 = fracción que se utiliza para convertir carbono en toneladas de CO₂.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Composición y estructura florística del bosque de la comuna Dos Mangas

En las 10 áreas de estudio se registró un total de 70 árboles distribuidos en 13 órdenes, 17 familias, 23 géneros y 25 especies. Las familias más representativas fueron Cordiaceae, Fabaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Moraceae y Meliaceae, siendo las familias con mayor riqueza de especies en el bosque de la comuna Dos Mangas (Tabla 3).

Estos resultados son consistentes con estudios previos, quienes registraron entre las familias más representativas a Bignoniaceae, Euphorbiaceae y Moraceae (Astudillo et al., 2019). Como también, estudios realizados en el Parque Nacional Machalilla en el ecosistema Bosque semidecíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01), predominó la familia Bignoniaceae (Castro et al., 2023).

Del total de las 25 especies registradas en este estudio (Figura 5), se encontraron distribuidos entre *Triplaris cumingiana* Fisch (15,7 %), *Croton rivinifolius* (10 %), *Brosimum alicastrum* Sw. (8,6 %), *Cordia alliodora* (8,6 %), *Carapa guianensis* Aubl. (5,7 %) y *Lozanella enantiophylla* (5,7 %), mientras que el restante se encontró representadas por un número reducido de árboles. De estas especies registradas, 4 especies según el Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador, son endémicas, y tres de estas especies se ubican en alguna categoría de amenaza, siendo *Phytelephas aequatorialis* Spruce (NT), *Inga colonchensis* y *Hernandia lychnifera* (EN). Además, según IUCN, 2017, se registraron 17 especies bajo alguna categoría de amenaza (Figura 5).

Tabla 3 Listado de las especies arbóreas registradas en la comuna de Dos Mangas. Se indica el orden, familia, género y especie

Orden	Familia	Género	Especies	No. Común	Estado de conservación categoría de amenaza	
					EC.	UICN
Arecales	Areaceae	Phytelephas	<i>aequatorialis Spruce</i>	Tagua	End /NT	NT
Boraginales	Cordiaceae	Cordia	<i>alliodora</i>	Laurel		LC
			<i>hebeclada</i>	Tutumbo		-
Caryophyllales	Polygonaceae	Triplaris	<i>cumingiana</i>	Fernán Sánchez		LC
Fabales	Fabaceae	Andira	<i>sp</i>	Cholomacho		-
		Inga	<i>colonchensis</i>	Guabo	End /EN	
Gentianales	Rubiaceae	Simira	<i>ecuadorensis</i>	Colorado		
Lamiales	Bignoniaceae	Handroanthus	<i>chrysanthus</i>	Guayacán blanco		VU
			<i>serratifolius</i>	Guayacán prieto		EN
		Tabebuia	<i>billbergii</i>	Guayacán		

Laurales	Hernandiaceae	Hernandia	<i>lychnifera</i>	Jigua blanca	End /EN	EN
	Lauraceae	Nectandra	<i>lineata</i>	Jigua amarilla		
Magnoliales	Myristicaceae	Virola	<i>flexuosa.</i>	Sangre de Gallina		LC
Malpighiales	Calophyllaceae	Calophyllum	<i>brasiliense Cambess.</i>	María		LC
	Euphorbiaceae	Alchornea	<i>pearcei</i>	Sapotillo		LC
		Croton	<i>rivinifolius</i>	Chala		
Malvales	Malvaceae	Gyranthera	<i>amphibiolepis</i>	Cuero de sapo		EN
Oxalidales	Elaeocarpaceae	Sloanea	<i>spp.</i>	Sloanea		
Rosales	Cannabaceae	Lozanella	<i>enantiophylla</i>	Ortiguillo Macho		LC
	Moraceae	Brosimum Sw.	<i>alicastrum</i>	Tillo		LC
		Castilla	<i>tunu</i>	Cauchillo		LC

		Ficus	<i>Ficus insipida Willd.</i>	Higuerón	LC
	Urticaceae	Cecropia	<i>sciadophylla Mart.</i>	Guarumo	LC
Sapindales	Meliaceae	Carapa	<i>guianensis Aubl.</i>	Figüeroa	LC
		Cedrela	<i>odorata</i>	Cedro	VU

Nota: En Peligro=EN, Vulnerables=VU, Casi Amenazada=NT, Endemismo=End, Preocupación menor=LC.

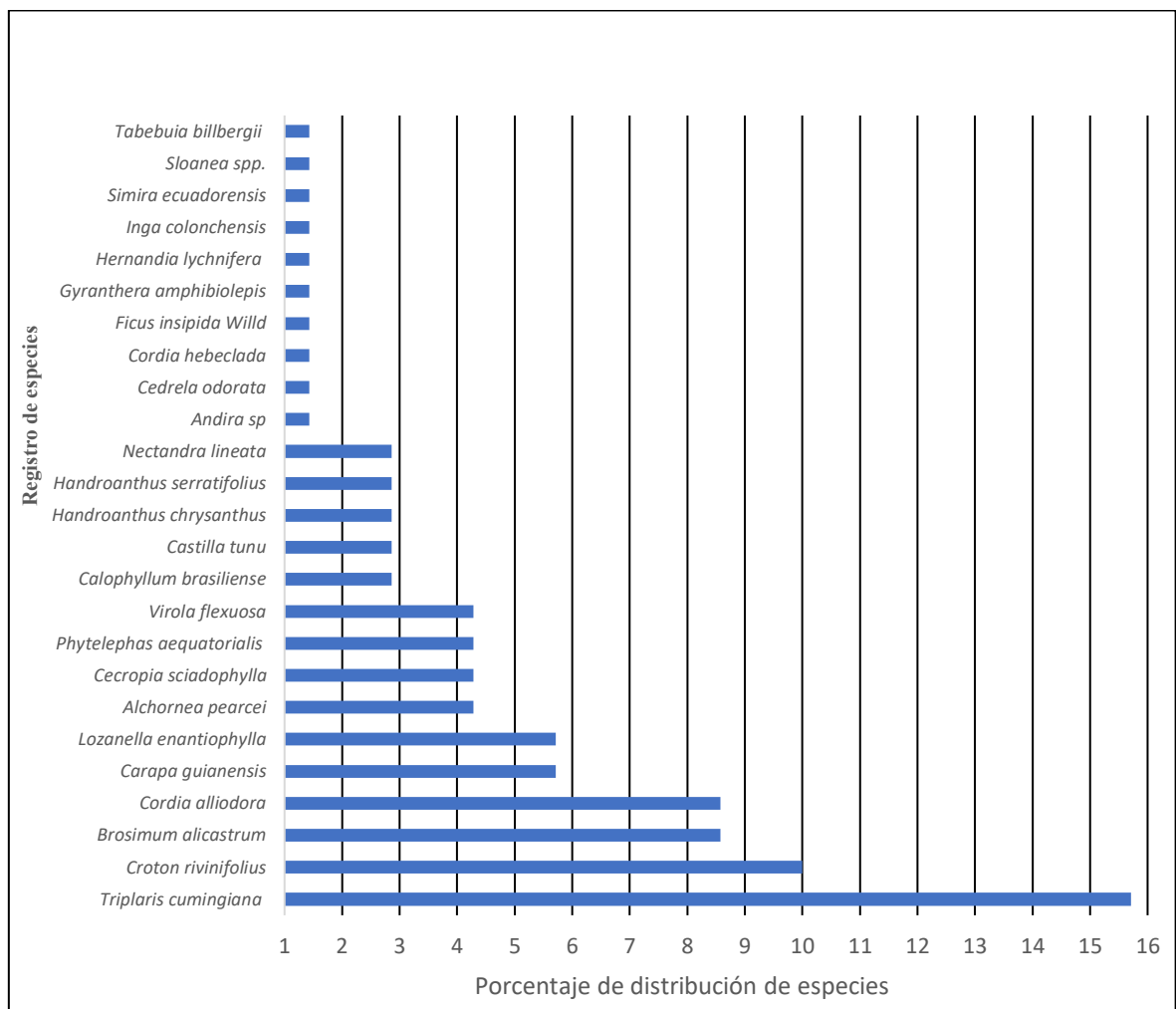


Figura 5.- Distribución de especies en el bosque de la comuna Dos Mangas.

8.2 Composición y estructura florística por ecosistema

En el ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01), ubicado dentro del Bosque y Vegetación Protectora Chongón Colonche (BVPCHC) y el área de conservación del programa Socio Bosque (APSB), se encontraron 16 árboles con un rango de altura entre 8 a 43 m (Tabla 4, 5 y 14), con un promedio de $17,81 \pm 9,01$ m y un coeficiente de variación de 50,56 %. Los diámetros de los árboles oscilaron entre 0,14 a 0,59 m, con un promedio de $0,29 \pm 0,15$ m y un coeficiente de variación de 51,99 %. Este amplio rango de alturas y diámetros indica una estructura heterogénea favorable para la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema, lo que mejora la capacidad del bosque para resistir perturbaciones ambientales (Figura 6 y 7).

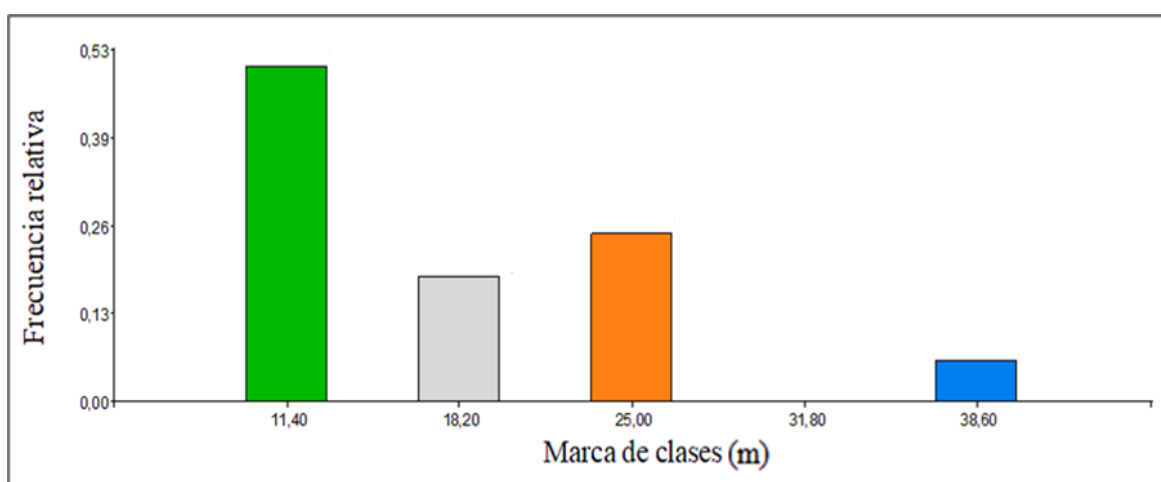


Figura 6.- Distribución de frecuencias de la altura de los árboles registrados en el ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).

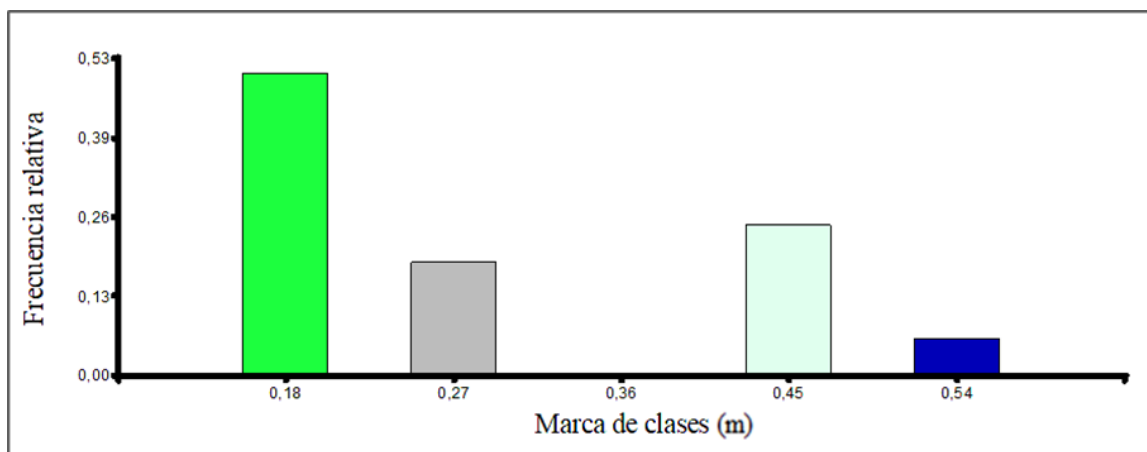


Figura 7.- Distribución de frecuencias *Dap* = diámetro de altura del pecho en el ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).

En el ecosistema del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01), ubicado dentro del Bosque y Vegetación Protectora Chongón Colonche (BVPCHC) y el área de conservación del programa Socio Bosque (APSB), se registraron 16 árboles con un rango de altura de los árboles entre 8 a 25 m (Tabla 6, 7 y 14), con un promedio de $14,19 \pm 4,56$ m y un coeficiente de variación de 32,17 %. Los diámetros de los árboles variaron entre 0,14 a 0,46 m, con un promedio de $0,25 \pm 0,09$ m y un coeficiente de variación de 36,75 %. Este ecosistema presentó una menor variabilidad en comparación con el ecosistema (BsTc01), identificándose con una estructura más homogénea, lo que puede estar asociado a una estabilidad relativa del ecosistema y desarrollo moderado de los árboles (Figura 8 y 9).

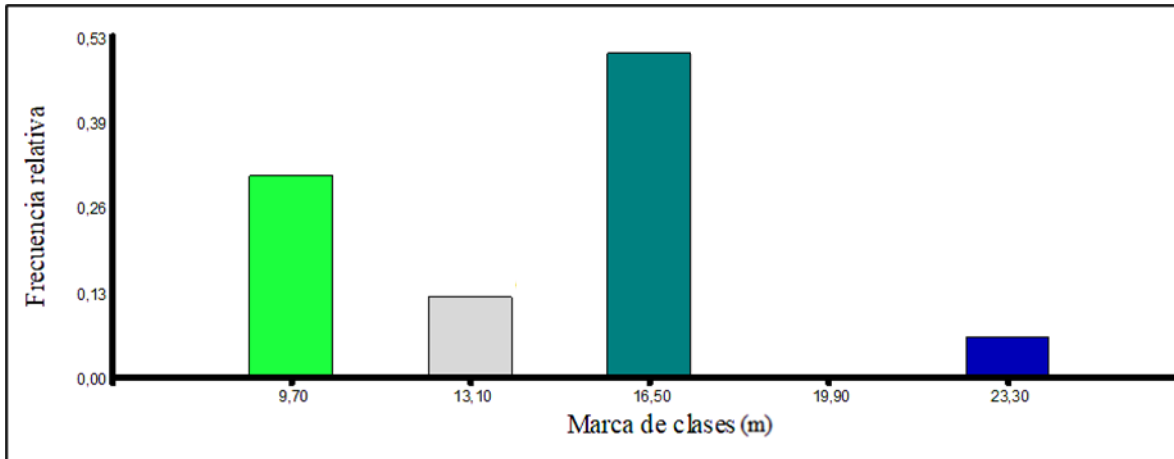


Figura 8.- Distribución de frecuencias de la altura de los árboles registrados en el del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).

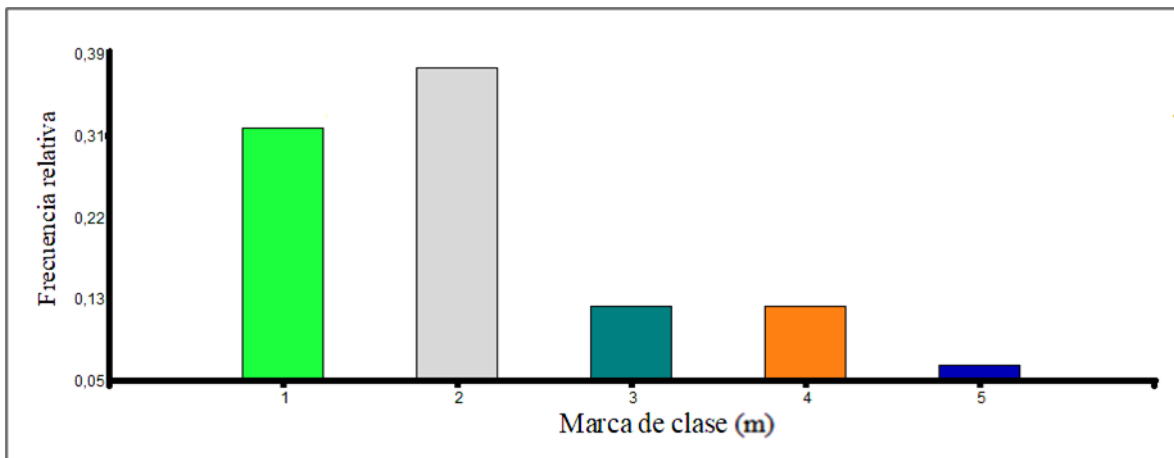


Figura 9.- Distribución de frecuencias del diámetro altura de pecho = Dap, registrados en el del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).

En el ecosistema del Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02), ubicado dentro del área de conservación del programa Socio Bosque (APSB), se registró 12 árboles con un rango de altura de los árboles entre 7 a 19 m (Tabla 8, 9 y 14), con un promedio de $13,42 \pm 3,87$ m y un coeficiente de variación de 28,86%. Los diámetros de los árboles variaron entre 0,11 a 0,86 m, con un promedio de $0,32 \pm 0,21$ m con un coeficiente de variación de 66,7%. Este ecosistema presentó una menor altura media en comparación con los ecosistemas (BeBc01) y (BePc01), mostrando una reducida variabilidad. Sin embargo, el alto coeficiente de variación en el diámetro sugiere una

distribución diversa de tamaños de árboles, lo cual puede reflejar un entorno dinámico en proceso de cambio o recuperación (Figura 10 y 11).

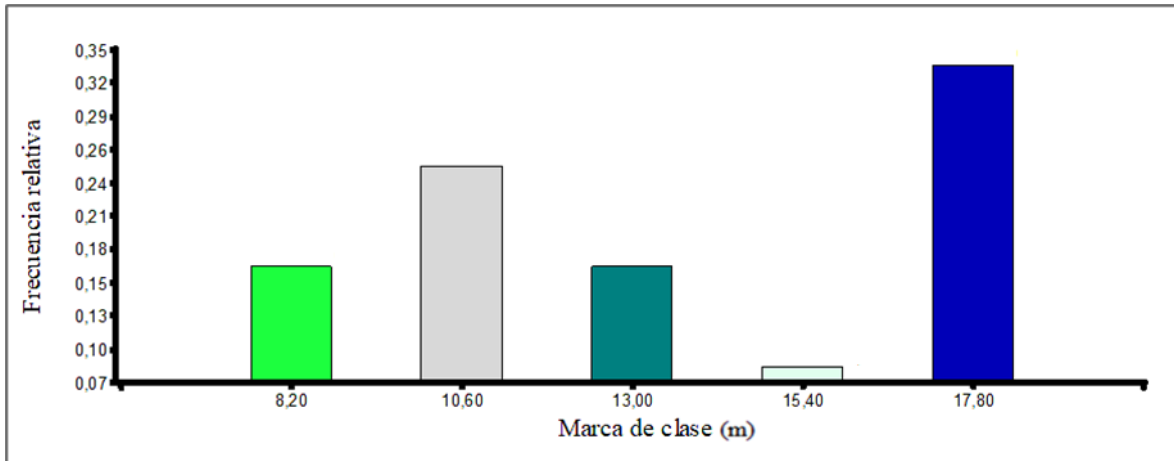


Figura 10.- Distribución de frecuencias de la altura (m) de los árboles registrados en el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).

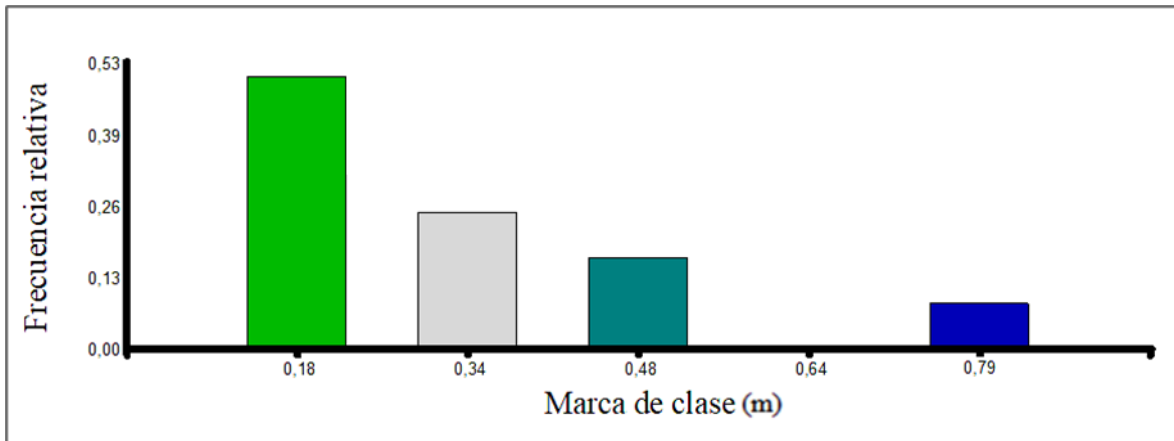


Figura 11.- Distribución de frecuencias de Dap (m) de los árboles registrados en el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).

El Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01), registró 17 árboles con un rango de altura entre 7 a 13 m (Tabla 10, 11 y 14), un promedio de $9,82 \pm 1,74$ m y un coeficiente de variación (CV) 17,72% con un diámetro promedio de $0,19 \pm 0,07$ m y un coeficiente de variación de 37,12 %.

En comparación con los ecosistemas (BeBc01), (BePc01) y (BeTc02), este ecosistema presenta la menor variabilidad en altura, indicando una estructura más homogénea, sin embargo, la variabilidad moderada en el diámetro sugiere que la mayoría de los árboles tienen diámetros reducidos. Esto podría reflejar un estado de recuperación o una etapa estable de su desarrollo, La variabilidad observada puede ser resultado de diferencias en la edad de los árboles, las especies presentes, las condiciones de crecimiento, o perturbaciones como la deforestación o cambios en el uso de la tierra. (Figura 12 y 13).

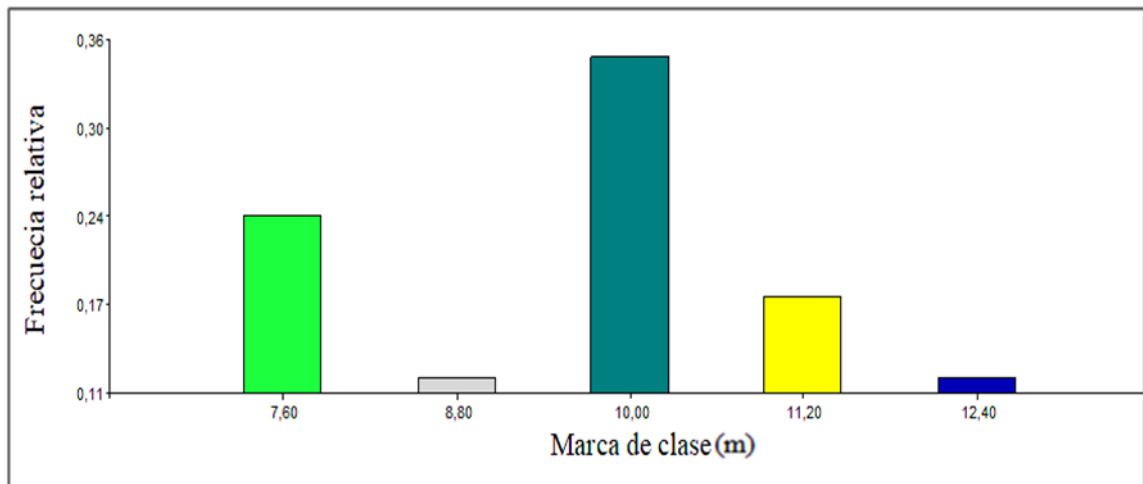


Figura 12.- Distribución de frecuencias de Altura de los árboles registrados en el Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).

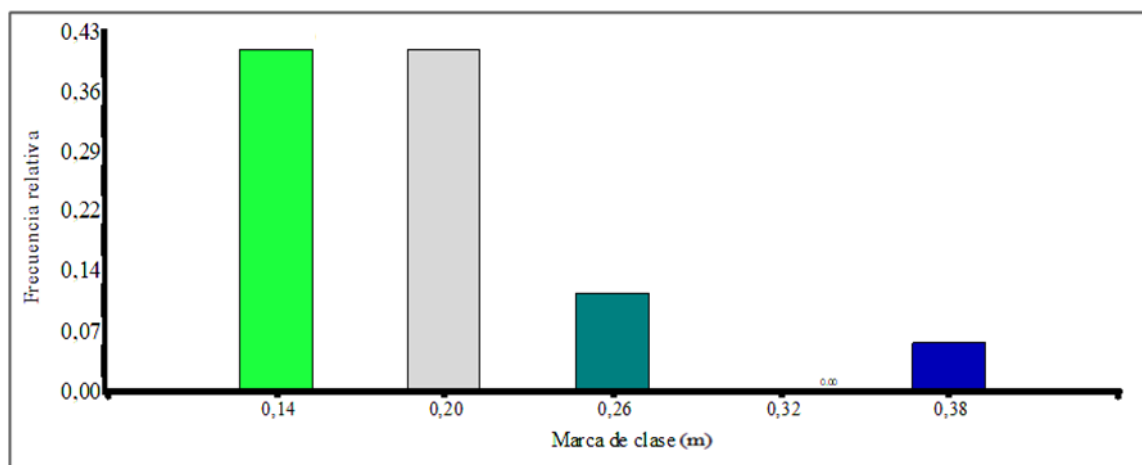


Figura 13.- Distribución de frecuencias de Dap de los árboles registrados en el Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).

El ecosistema, Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01). De las dos áreas de muestreo, una se ubicó en áreas del programa Socio Bosque (parcela 9) y otra fuera de áreas de conservación, registrándose entre ambos 9 árboles con un rango de altura de los árboles entre 7 a 18 m (Tabla 12, 13 y 14), altura promedio de $10,78 \pm 3,19$ m y un coeficiente de variación (CV) 29,62 % con un diámetro promedio de $0,2 \pm 0,06$ m y un coeficiente de variación de 30,16 %.

Caracterizándose este ecosistema (BmPc01), por una estructura relativamente homogénea con variabilidad moderada tanto en altura como en diámetro. Comparado con los ecosistemas (BsTc01), (BePc01), (BeTc02), (BmTc01), este presentó un menor promedio de altura y diámetro de los árboles, sugiriendo que podría estar en un estado de estabilidad o en una etapa intermedia de sucesión ecológica. Sin embargo, la importancia ecológica radica en su papel específico dentro de la región de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial, contribuyendo a la biodiversidad y funcionalidad del paisaje forestal de la región (Figura 14 y 15).

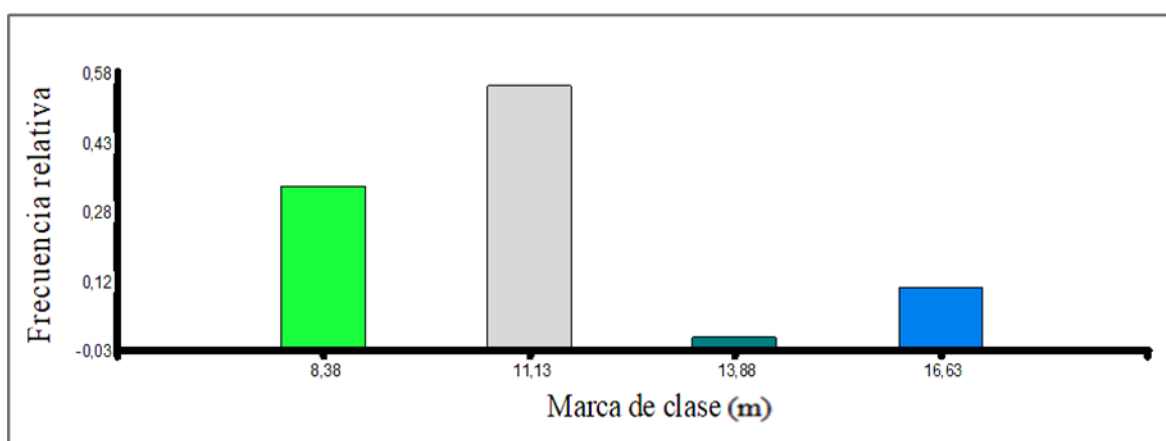


Figura 14.- Distribución de frecuencias de altura (m) de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).

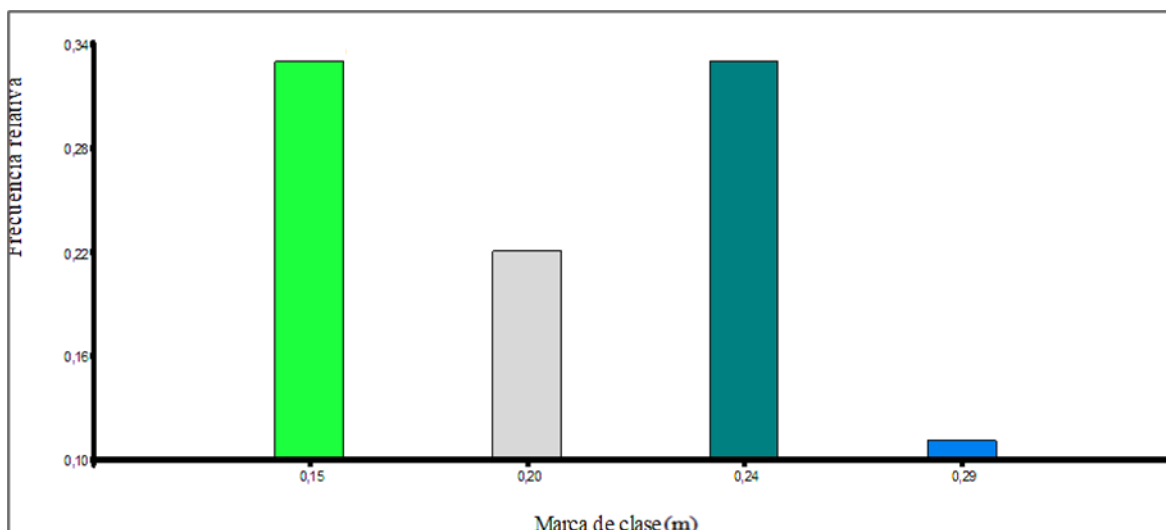


Figura 15.- Distribución de frecuencias de *Dap* (m) de los árboles registrados en el Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).

8.3 Índice estructural de la composición florística

De los cinco ecosistemas monitoreados, se identificaron un total de 70 árboles. Al considerar el Índice de Valor de Importancia (IVI), se determinó que en el ecosistema del Bosque Siempreverde Estacional Montano Bajo de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (BsTc01), la especie más dominante fue *Handroanthus serratifolius*, con un valor de IVI del 16,24% (Figura 16). Para el Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) y el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) se consideró a la especie más representativa a *Triplaris cumingiana Fisch* con un IVI de 17,19 % y 27,89 % respectivamente. En el Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) la especie dominante fue *Brosimum alicastrum Sw* con un IVI de 26,60 %.

En el Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) *Alchornea pearcei Britton* con un IVI al 22,81 % fue la especie dominante (Tabla 15 y Figura 17). En cambio, en estudios realizados en el Parque Nacional Machalilla, en este ecosistema (BmPc01) destacó la especie *Simira ecuadorensis* donde prevaleció con un IVI de 26,8 % (Castro et al., 2023).

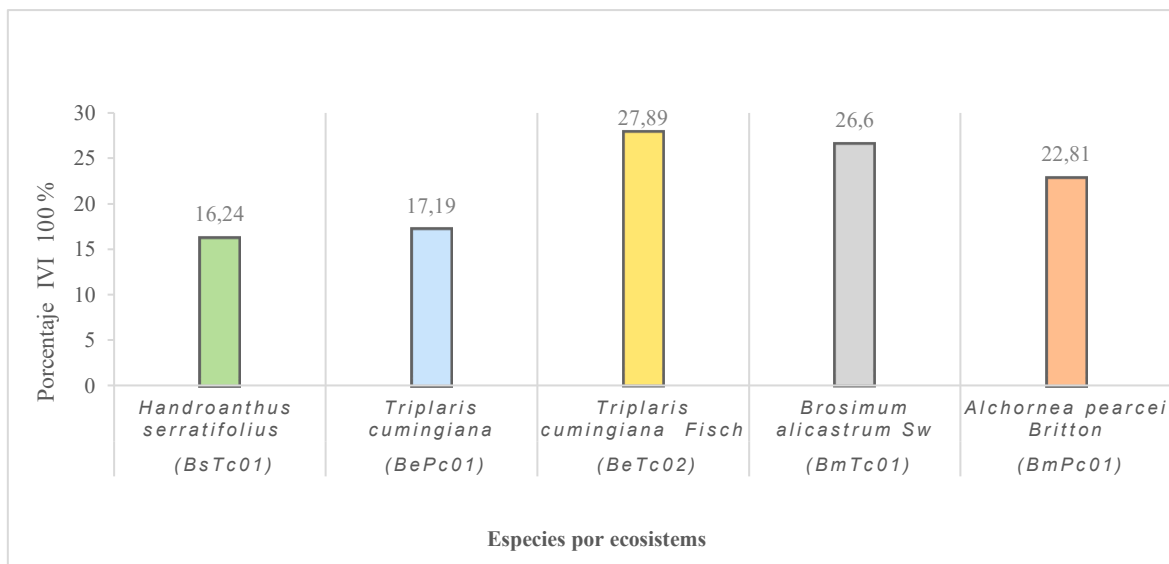


Figura 16.- Índice de Valor de Importancia más representativos por ecosistemas

8.4 Índice de diversidad alfa

Para las parcelas distribuidas en los ecosistemas del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) y Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01), se describieron valores acordes a una diversidad media entre 1,56 a 1,83 y dominancia alta entre 0,77 a 0,82 respectivamente; sugiriendo que, aunque el ecosistema no presenta una alta variabilidad y heterogeneidad de especies, es decir existe una distribución equilibrada de diferentes especies, lo que es beneficioso para el ecosistema en términos de estabilidad y resiliencia. En cambio, el ecosistema Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) en cada parcela obtuvo resultados diferentes (parcela 1: diversidad media de 1,60 y una dominancia alta en 0,80, y parcela 2: diversidad baja de 1,35 y dominancia alta de 0,73) por lo que existiría presiones antropogénicas cercanas al sector que podría ser causados por cambios en la distribución de las especies florísticas y de su capacidad de adaptación en estas áreas.

En el Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) y el Bosque semidecíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) presentaron una diversidad baja entre los valores de 0,99 a 1,24 y dominancia media entre los valores 0,59 a

0,66 respectivamente, lo que implicaría que el ecosistema estaría sufriendo perturbaciones o presiones antropogénicas significativas (Tabla 16).

8.5 Estimación de Carbono y CO₂

8.5.1 Área basal de las especies florísticas

Se estimó un promedio del área basal por cada ecosistema, registrando que el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) un valor de 52,32 m²/ha, mientras que el Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) registró 39,39 m²/ha; el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) alcanzó un 48,87 m²/ha; mientras que el Bosque semidecuido de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) obtuvo 24,11 m²/ha. Por último, el Bosque semidecuido de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) mostró un 13,75 m²/ha (Tabla 17). En consecuente, los ecosistemas (BsTc01), (BePc01) y (BeTc02) presentaron un promedio de área basal superior a los otros ecosistemas, posiblemente debido a su ubicación geográfica, zonas alejadas a la comunidad, con menor perturbación y de difícil acceso para el desarrollo de actividades antrópicas como ganadería libre pastoreo, zonas de pastizales y extracción de recursos no maderable (toquilla, caña guadua, tagua); caso contrario sucede como los ecosistemas (BmTc01) y (BmPc01) donde se observó interacción activa con la comunidad.

8.5.2 Volumen de las especies forestales por ecosistema

Se estimó un promedio del volumen de las especies forestales por cada ecosistema, registrándose para el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) un volumen de 470,40 m³/ha, mientras que el Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) registró 270,34 m³/ha; el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) alcanzó 319,01 m³/ha; el Bosque semidecuido de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) obtuvo un valor de 118,05 m³/ha. Y, el Bosque semidecuido de

la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) registro un promedio de volumen de 75,48 m³/ha (Tabla 18).

8.5.3 Biomasa forestal por ecosistema

Se estimó un promedio de la biomasa forestal por cada ecosistema. Donde, el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) presentó una biomasa de 338,69 ton/ha, mientras que Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) registró 194,65 ton/ha; el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) alcanzó 229,69 ton/ha; mientras que el Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) la biomasa forestal fue de 85,02 ton/ha y para el Bosque semidecidual de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) se estimó la biomasa en 54,34 ton/ha (Tabla 19).

Existen limitados estudios de biomasa forestal por ecosistemas, la mayoría catalogados por estratos de bosques. Por lo tanto, se agrupó a los ecosistemas presentes en la comuna Dos Mangas en los dos estratos de bosques, donde el estrato Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) registró una biomasa de 254,34 ton/ha y el estrato de Bosque Seco pluvioestacional en (BSP), la biomasa fue 69,69 ton/ha. En estudios realizados en el área de protección Tonchigüe – Mompiche, donde aplicaron teledetección con el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) estimaron la biomasa del estrato (BSVTBC) en 185,43 ton/ha y para el estrato (BSP) en 82,26 Ton/ha (Sánchez & Encarnación, 2022). Estimaciones diferentes, a las encontradas a este estudio, esto podría deberse a la variación climática, uso del suelo y a las metodologías utilizadas como la resolución de los datos satelitales, asimismo, a que los estratos pueden agrupar diversos tipos de ecosistemas lo que implicaría la necesidad de realizar más estudios detallados y comparativos en diferentes sitios.

8.5.4 Carbono almacenado por ecosistema

Se estimó un promedio de carbono almacenado por cada ecosistema, registrándose que el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01) presentó un valor de 169,35 ton C/ha, mientras que, el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) alcanzó un promedio de 114,84 ton C/ha, seguido del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) con 97,32 ton C/ha; y para el Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) obtuvo un valor de 42,51 ton C /ha y para el Bosque semidecíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) el promedio de carbono almacenado se estimó en 27,17 ton C/ha (Figura 17, 18 y Tabla 20).

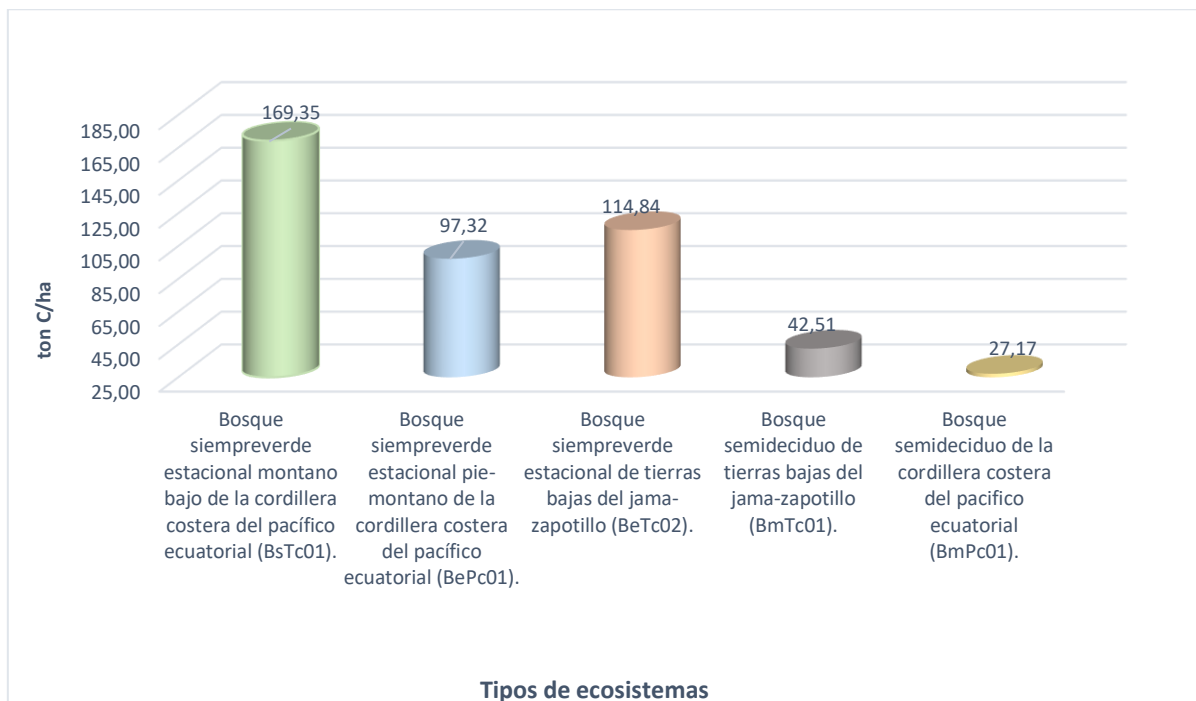


Figura 17.- Registro de carbono por tipos de ecosistemas

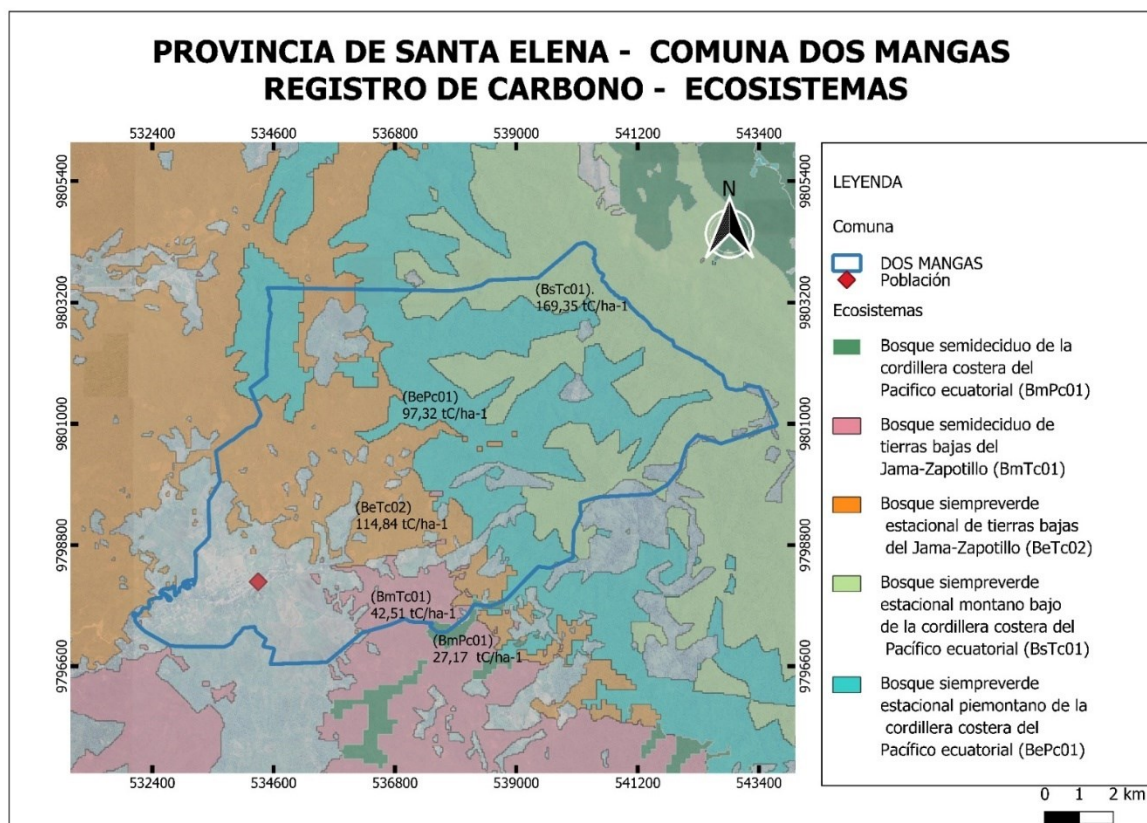


Figura 18.- Registro de carbono por ecosistemas.

8.5.5 Carbono almacenado por estrato de bosque

El bosque ubicado en la comuna Dos Mangas, presentó dos estratos con potencial de almacenamiento de carbono, donde él: Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) obtuvo una estimación promedio de carbono de 127,17 ton C/ha (Figura 19). En estudios realizados bajo el proyecto de Evaluación Nacional Forestal (ENF) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), en este mismo estrato se obtuvo un valor de 114,84 ton C/ha. (MAE, 2017), siendo menor el registrado para este estudio. Por otro parte, para el caso del estrato de Bosque seco pluvioestacional, (BSP), que no forma parte BVP de la cordillera Chongón Colonche, se estimó un promedio de carbono en 34,84 ton C/ha (Figura 19 y 20). Estimación inferior a la obtenida en la (ENF) del MAATE, que registro 37,04 ton C/ha (MAE, 2017). Considerándose, que la variación en los resultados se debió posiblemente a los diferentes métodos de evaluación que se aplicaron para levantar la información o las características biofísicas intrínsecas en las áreas de estudio, que son

determinantes en las existencias de biomasa aérea y de carbono almacenado (Cabrera et al., 2019).

En cambio, estudios realizados en el BVP “El Artesan” en Jipijapa - Manabí, la estimación de carbono en la biomasa aérea concordó con los 37 Mg ha-1 que reporta el Ministerio de Ambiente del Ecuador para Bosque seco pluvioestacional (BSP) (Macías, Escobar, et al., 2020). Sin embargo, al verificar el tipo de ecosistemas del BVP “El Artesan” corresponde a un ecosistema de Bosque decíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial, lo que indicaría la importancia de obtener datos precisos de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono en cada tipo de ecosistemas.

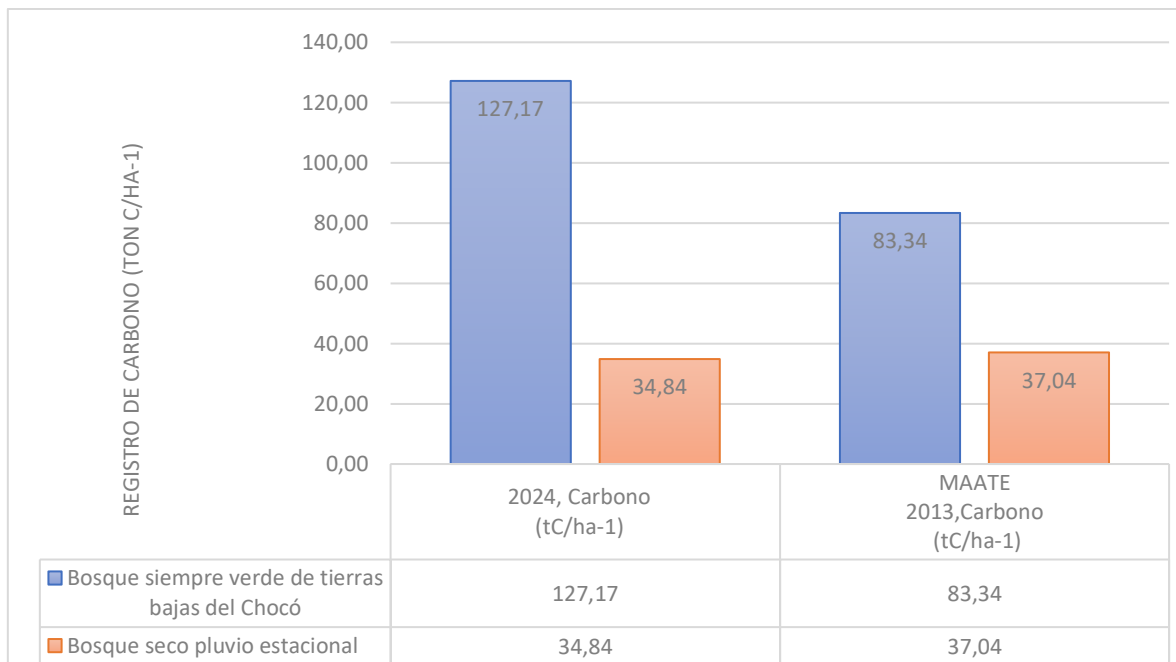


Figura 19.- Registro de carbono por estrato de bosques en comparación con los determinados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

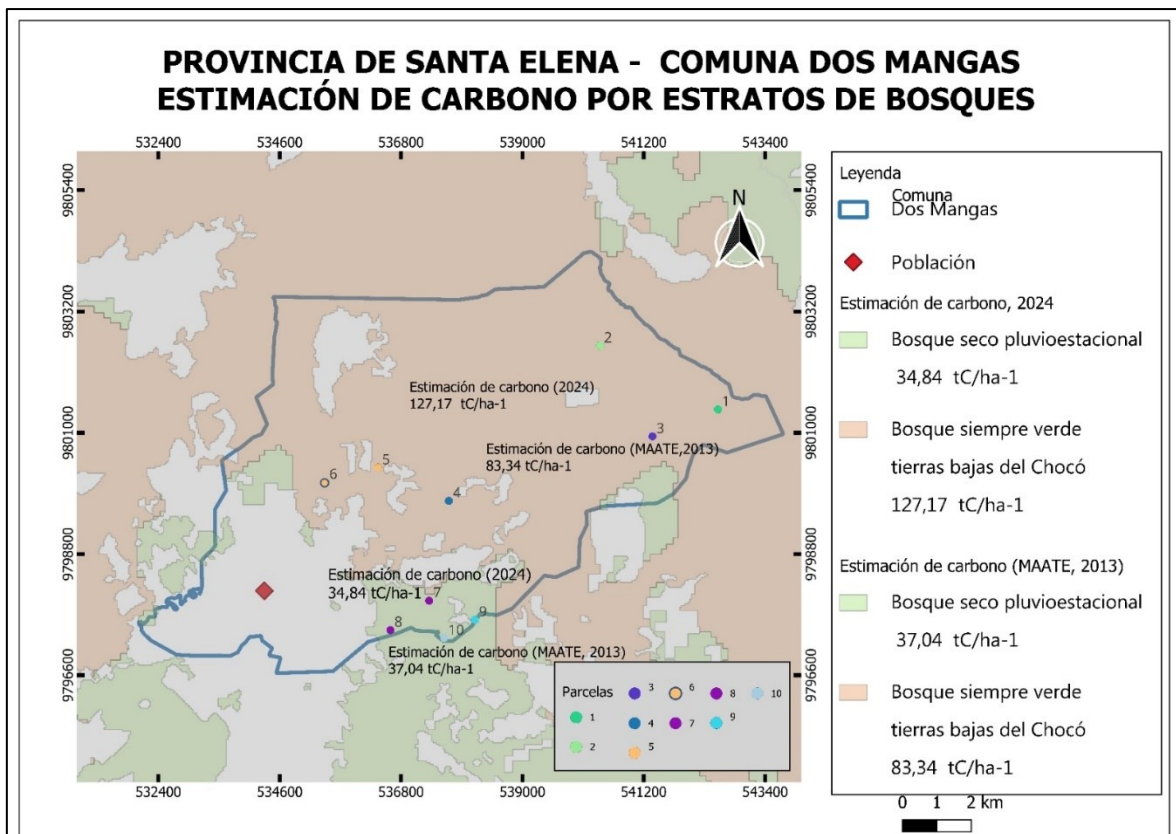


Figura 20.- Estimación de carbono por estrato de bosque en comparación con los determinados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

8.5.6 Estimación de Dióxido de carbono CO₂ por ecosistema.

Se estimó un promedio de almacenamiento de dióxido de carbono CO₂ almacenado por cada ecosistema, registrando para el Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del pacífico ecuatorial (BsTc01), los mayores valores de captación con 621,51 ton CO₂, seguido por el Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02) con 421,46 ton CO₂, el Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01) con 357,16 ton CO₂, mientras que el Bosque semidecuido de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) registro un promedio de dióxido de carbono de 156,01 ton CO₂ y el Bosque semidecuido de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BmPc01) obtuvo los menores valores de almacenamiento con 99,71 ton CO₂ (Figura 21). El almacenamiento de CO₂ entre los diferentes ecosistemas indica la necesidad de un enfoque específico en la gestión y conservación de cada tipo de bosque. Los bosques siempreverdes estacionales de tierras bajas destacan por su alta capacidad de

almacenamiento de carbono, y por ende su importancia en la mitigación de la variabilidad climática.

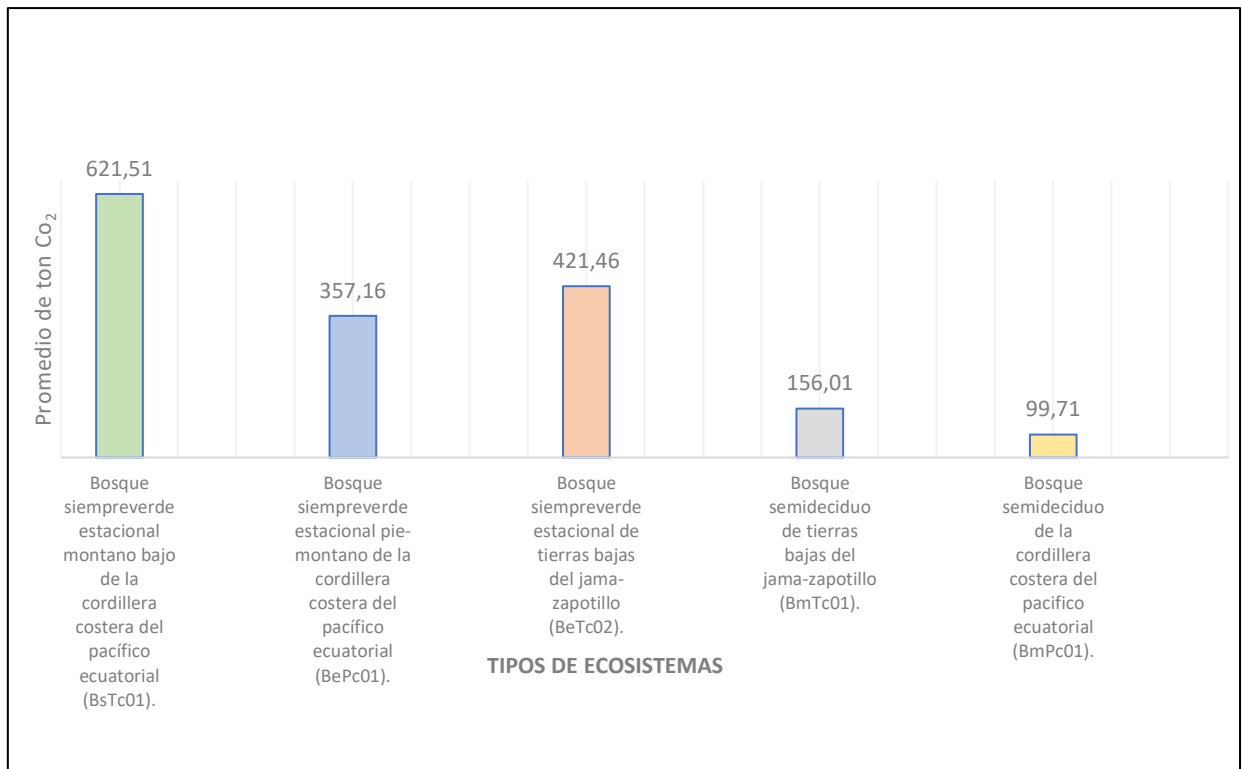


Figura 21.- Registro de toneladas de dióxido de carbono por Tipos de Ecosistemas.

8.5.7 Estimación de Dióxido de Carbono (CO₂) por estrato de bosque.

Se estimó un promedio de almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) donde el estrato de Bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) presentó una alta capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono con 466,71 ton CO₂, lo que indicaría una mayor biomasa, y una importante capacidad de almacenamiento, en cambio el Bosque seco pluvioestacional, (BSP), obtuvo un bajo almacenamiento de dióxido de carbono de 127,86 ton CO₂ (Figura 22).

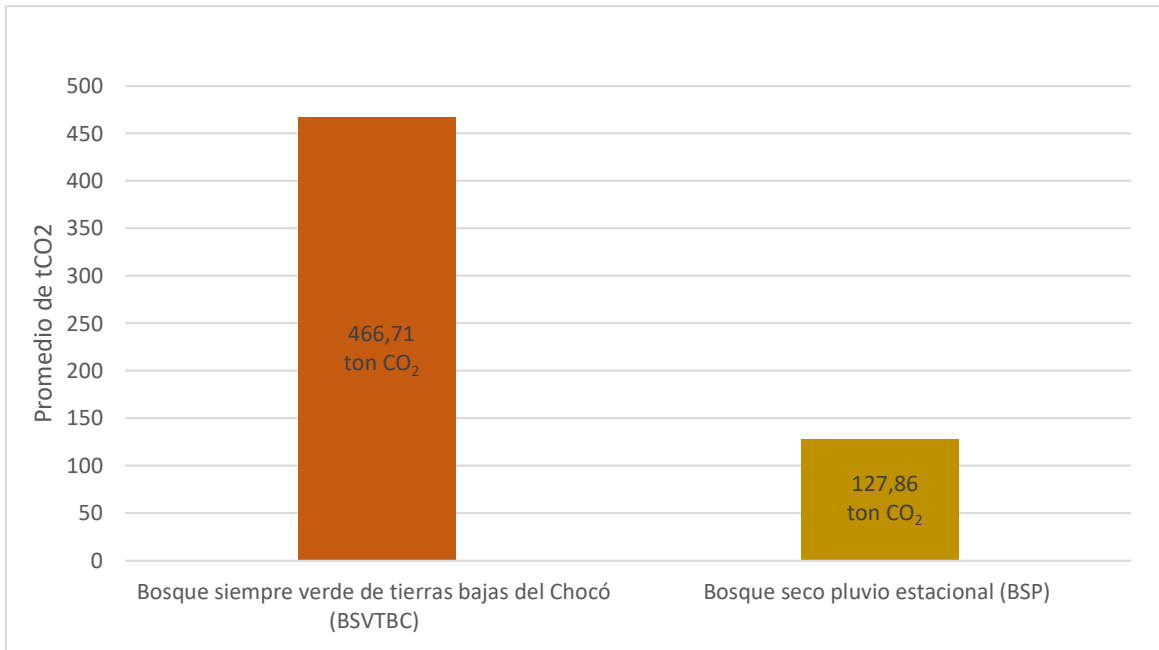


Figura 22.- Registro de toneladas de dióxido de carbono por estrato de bosque.

9. CONCLUSIONES

En el bosque de la cordillera Chongón Colonche, en la comuna Dos Mangas, Santa Elena, se registraron cinco ecosistemas, los cuales presentaron una gran diversidad de especies florísticas, donde se obtuvo un total 25 especies distribuidas en 17 familias. El estudio reconoció especies endémicas, confirmando una biodiversidad única, sin embargo, estas especies figuran en la lista roja de especies amenazadas del Ecuador, lo que implicaría la fragilidad de sus ecosistemas. Además, cada ecosistema presentó características particulares en términos de altura, diámetro y coeficiente de variación florística, indicando distintos estados de desarrollo y resiliencia, donde el ecosistema (BsTc01) presentó una altura media de 17,81 m y CV de 50,56. En cambio, el ecosistema (BeTc02) registró rangos de altura media de 9,82 m y CV de 17,72.

Así mismo, la evaluación del IVI determinó las especies más dominantes y su diversidad alfa puntualizó la dominancia alta y diversidad media en los ecosistemas (BsTc01), (BePc01) y (BeTc02). Sin embargo, en el caso de los ecosistemas (BmTc01) y (BmTc01) se registró diversidad baja con una dominancia y media posiblemente debido a la influencia de actividades antropogénicas cercanas. En general, la flora registrada en la comuna Dos Mangas destacó la importancia ecológica que tiene cada uno de sus ecosistemas para la conservación y sostenibilidad frente a los desafíos de las variaciones climáticas y ambientales.

Los ecosistemas variaron considerablemente en su capacidad de almacenamiento de carbono y dióxido de carbono, destacándose el ecosistema Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01), que se encuentran dentro del BVP y APSB. Este ecosistema presentó valores superiores en el área basal, volumen, biomasa y estimación de captación de carbono 169,35 ton C/ha equivalente a 621,51 ton CO₂. Además, presentó una mínima perturbación antropogénica, y debido al difícil acceso del sitio, demostró que la conservación y gestión oportuna ayudarían con su protección, la reducción de gases de efecto de invernadero y a la adaptación a las variaciones climáticas.

En cambio, el ecosistema del Bosque semidecíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01) presentó los valores más bajos en la capacidad de almacenamiento de carbono 27,17 ton C/ha equivalente a 99,71 ton CO₂, probablemente debido a una mayor interacción con actividades antrópicas tales como extracción de recursos no maderables (toquilla, caña guadua) y/o ganadería libre pastoreo que puedan causar degradación del suelo y reducción de la densidad arbórea, biomasa y área basal afectando su capacidad de almacenamiento de carbono. Por lo tanto, se acepta la hipótesis, ya que evidentemente existen diferencias en la capacidad de almacenamiento de carbono entre distintos ecosistemas, lo que refuerza la relevancia de su conservación para mantener la biodiversidad y contribuir a la mitigación de los efectos de la variabilidad climática.

El estrato de bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC) tiene una estimación de almacenamiento de carbono en 127,17 ton C/ha, equivalente a 466,71 ton CO₂, valores superiores al encontrado en el estrato de bosque seco pluvioestacional (BSP) con una estimación de 34,84 ton C/ha, equivalente a 127,86 ton CO₂. Esta variación puede atribuirse a las diferencias en las características de los ecosistemas que contribuyen a una mayor biomasa y, por ende, a una mayor capacidad de almacenamiento de carbono. Así mismo, el estrato del Bosque seco pluvioestacional (BSP) registró una menor densidad, lo que resultó una capacidad de almacenamiento de carbono reducida, por lo que las actividades antrópicas estarían limitando negativamente la sostenibilidad del bosque.

10.RECOMENDACIONES

La diversidad de especies florísticas y la presencia de especies endémicas y en categorías de amenaza en el bosque nativo de la comuna Dos Mangas, destacan su importancia ecológica. Por lo tanto, se deberían planificar planes de acción específicos para las especies de mayor importancia enfocándose en la restauración de hábitats, planificación, zonificación de actividades antropogénicas y la educación ambiental sobre la importancia de las especies florísticas en los ecosistemas.

Para una comparación del estado actual de la flora y el almacenamiento de carbono, se deben analizar también los ecosistemas, ya que los estratos de bosques a nivel nacional presentan diferentes ecosistemas. Esto permitirá priorizar las áreas de mayor importancia ecológica, las cuales requieren una atención especial y pueden contribuir significativamente a mitigar las variaciones climáticas.

Los valores superiores en la estimación en el almacenamiento de carbono en el bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó (BSVTBC), en comparación con el bosque seco pluvioestacional (BSP), destacan la necesidad de desarrollar estrategias de conservación adaptadas a las características específicas de cada ecosistema. Proponer políticas de manejo que fomenten la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero sería una gestión adecuada de los bosques.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés, J., Rojas, A., Fabian, D., Ortiz, L., Rosa, A., López, C., Rivera Rojas, M., & Erazo, E. B. (2021). *Caracterización y diversidad de árboles dispersos en pasturas de un paisaje de bosque seco tropical en el Caribe Colombiano*.
<http://www.lrrd.org/lrrd33/7/3393jaria.html>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
www.lexis.com.ec
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *COA, Código orgánico del ambiente*.
<https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*.
www.lexis.com.ec
- Astudillo, E., Pérez, J., Troccoli, L., Aponte, H., & Tinoco, O. (2019). *Flora leñosa del bosque de garúa de la cordillera chongón colonche, Santa Elena, Ecuador*.
<https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1334>
- Balzarini, M., González, L. A., & Tablada, M. (2008). *Infostat: manual del usuario*.
<https://www.researchgate.net/publication/283491340>
- Best, B. J., & Kessler, M. (1995). *Biodiversity and conservation in Tumbesian Ecuador and Perú Birdlife internacional*.
- Cabrera, M., Segura, E., Sinche, F., Maldonado, L., & Tierras, J. (2019). *Estructura y estimación del carbono acumulado en el estrato arbóreo de un bosque siempreverde de tierras bajas. Caso Parque Ecológico Recreacional Lago Agrio, Sucumbíos*.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.329>
- Calderón, L. D. (2023). *Análisis del cambio en la cobertura boscosa enfocado en la descarbonización como propuesta de reforestación en Atlántida*.
<https://doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16008>
- Canales, L. (2021). *Patrones de actividad y abundancia de mamíferos en el bosque de las comunas Dos Mangas y Loma Alta, Ecuador*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6655>
- Castro, J. K., Cevallos Zambrano, J. J., Franco, F. X. P., Palacios Peñafiel, J. C., & Chirino Miranda, E. (2023). *Caracterización de poblaciones de especies endémicas en bosque tropical seco semidecíduo. Parque Nacional Machalilla, Manabí, Ecuador*.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2023.2266299>

- Chuncho, G. A., Carlos, V., Chuncho, G., & Aguirre, Z. H. (2019). *Anatomía y morfología vegetal*. www.ediloja.com.ec
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*.
- Curtis, J. (1959). *The vegetation of Wisconsin. An ordination of plant communities*.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vwzhhuamqpkc&oi=fnd&pg=pr7&dq=curtis+j.+1959.+the+vegetation+of+wisconsin.+an+ordination+of+plant+communities.+univ.+of+wisconsin+press.+madisoewa+&ots=gmez9mtb&sig=gyucr_nrkaignhouizqmaoa45fy#v=onepage&q&f=false
- Dueñas, Hernando., & Ramos, Carlos. (2010). *Dendrología Tropical “Estudio y caracterización dendrológica de las principales especies forestales de la Amazonia Peruana.”*
<https://www.researchgate.net/publication/309676533>.
- Fa, John., Watson, J., Leiper, I., Potapov, P., Evans, Tom., Burgess, Neil., Molnár, Z., Fernández, Á., Duncan, T., Wang, S., Austin, B., Jonas, H., Robinson, C., Malmer, P., Zander, K., Jackson, M., Ellis, E., Brondizio, E., & Garnett, S. (2020). Importancia de las tierras de los pueblos indígenas para la conservación de paisajes forestales Intactos.
<https://doi.org/10.1002/fee.2148>
- FAO. (2004). *Programa de Evaluación de los Recursos Forestales*.
<https://fao.org/3/ae578s/AE578S06.htm>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022*.
<https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- Fischer, R., Lippe, M., Dolom, P., Kalaba, F. K., Tamayo, F., & Torres, B. (2023). *Efectividad de las combinaciones de instrumentos de políticas para la conservación de los bosques en los trópicos - Percepciones de las partes interesadas de Ecuador*.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106546>
- Flores, V. (2023). *Diversidad y abundancia de anfibios en el bosque protector Chongón – Colonche comuna Dos Mangas, provincia de Santa Elena – Ecuador*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9641>
- Friedlingstein, P., Jones, M., Andrew, R., Bakker, C., Hauck, J., Le Quéré, C., Peters, G., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J., Ciais, P., Alin, S., Anthoni, P., Bates, N., Becker, M., Bopp, L., Tuyen, T., Chevallier, F., Chini, L., ... Zeng, J. (2021). *Global carbon budget 2021. Anthroposphere – energy and emissions. Clemens Schwingshackl*.
<https://doi.org/10.5194/essd-2021-386>

- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., & Tabor, G. M. (2020). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos Desarrollando capacidades para proteger el planeta*.
www.iucn.org/pa_guidelines
- Imaña, J. (2011). *Mensura dasométrica*.
[http://www.rlbea.unb.br/jspui/bitstream/10482/15807/3/livro_mensuradasom%
 trica.pdf](http://www.rlbea.unb.br/jspui/bitstream/10482/15807/3/livro_mensuradasom%c3%a9trica.pdf)
- IPCC. (2023). *Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*.
<https://doi.org/10.59327/IPCC/AR69789291691647>
- IPCC, P. I. sobre C. C. (2006). *Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Jumbo, C., Delgado, C. & Ramírez, L. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas- Limón Indanza, Ecuador. *Granja*.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>
- Kleemann, J., Koo, H., Hensen, I., Mendieta-Leiva, G., Kahnt, B., Kurze, C., Inclan, D. J., Cuenca, P., Noh, J. K., Hoffmann, M. H., Factos, A., Lehnert, M., Lozano, P., & Fürst, C. (2022). *Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador*.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109404>
- Lechón, Wilson. (2023). Acción frente al cambio climático: gobernanza multinivel de los gobiernos subnacionales y locales en Ecuador. *Estado & Comunes, Revista de Políticas y Problemas Públicos*.
https://doi.org/10.37228/estado_comunes.v1.n16.2023.287
- Leija, E. G., & Mendoza, M. E. (2021). *Landscape connectivity studies in latin america: Research challenges. Madera y Bosques*.
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712032>
- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa Ulloa Hugo Navarrete EDITORES, C., Edición, S., & Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. (2011).
[https://www.academia.edu/34552605/libro_rojo_de_las_plantas_end%
 el_ecuador](https://www.academia.edu/34552605/libro_rojo_de_las_plantas_end%c3%a9micas_d_el_ecuador)

- Lisio, A. (2020). *La economía ecología como alternativa al extractivismo en la responsabilidad de América Latina frente al Cambio Climático*.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72166221003>
- López, R., & Martín, M. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades*.
www.maderasdecolombia.org
- Lozano, P. E. (2002). *Los tipos de bosque en el sur del Ecuador*.
https://www.researchgate.net/publication/233936622_los_tipos_de_bosque_en_el_sur_del_ecuador?enrichid=rgreq-316966b1b579a21ae6d907906da13f10-xxx&enrichsource=y292zxjqywdlozizmzkznjyymjtbuzoxmdi1mde3mjlntyxnjzamtqwmtq0otcyntcxmw%3d%3d&el=1_x_2&_esc=publicationcoverpdf
- MAAE, M. del A. A. y T. E. (2019). *Bosques protectores y sistema nacional de área protegidas del Ecuador*.
<http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/bosques-protectores>
- MAATE, M. del A. A. y T. E. (2019). *Primera contribución determinada a nivel nacional para el acuerdo de París bajo la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático*.
<https://unfccc.int/ndcreg>
- MAATE, M. del A. A. y T. E. (2022). *Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
<https://www.ambiente.gob.ec/cuarta-comunicacion-nacional-sobre-cambio-climatico-y-segundo-informe-bienal-de-actualizacion-del-ecuador/>
- Mabel, K., Peralta, C., Emiliano, C., Feijoo, F., Darwin, I., & Pucha-Cofrep, A. (2023). *Rasgos anatómicos de la madera de especies comunes de bosque seco en la Reserva Natural Laipuna al sur del Ecuador*.
https://www.researchgate.net/publication/370983431_rasgos_anatomicos_de_la_madera_de_especies_comunes_de_bosque_seco_en_la_reserva_natural_laipuna_al_sur_de_ecuador
- Macías, C., Montes, C., Sánchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Cedeño, F., Bolcato, D., & Iglesias, S. (2020). *Influencia de gradiente altitudinal sobre la composición y estructura del “Bosque y vegetación protectora El Artesan - EcuadorianHands”, Joa, Jipijapa*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ecos.1973>

- MAE. (2017). *Tercera comunicación nacional del Ecuador sobre cambio climático*.
- MAE, M. del A. del E. (2013a). *Evaluación Nacional Forestal. Sistematización Experiencia*.
https://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/?page_id=1444
- MAE, M. del A. del E. (2013b). *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaria de Patrimonio Natural. Quito*.
https://www.academia.edu/8756195/sistema_de_bosques_del_ecuador_pdf?sm=b
- MAE, M. del A. del Ecuador. (2013c). *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental*.
<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>
- Maluenda, Jorge., Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Nicaragua, Instituto Nacional Forestal (Nicaragua), & Orgut Consulting. (2002). *Guía de especies forestales de Nicaragua*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
<https://www.academia.edu/search?page=2&q=especies%20forestales%20del%20ecuador>
- Marta, D., & Vichot, B. (2023). *Diversidad florística y estructura del bosque seco en el norte del Ecuador*.
<https://cfores.upr.edu/cu/index.php/cfores/article/view/651/1103>
- Merchán, Renny., & Saavedra, Jorge. (2022). *Desarrollo local comunitario de la comuna Dos Mangas del cantón Santa Elena*.
<https://doi.org/10.46296/rc.v5i10edesep.0080>
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., & Gascon, C. (2011). *Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots*. In *Biodiversity Hotspots*.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_1
- Moreno, Claudia. (2011). *Métodos para medir la biodiversidad*.
<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Myers, N., Mittermeier², R. A., Mittermeier², C. G., Da Fonseca³, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. In *NATURE* | (Vol. 403).
www.nature.com
- Ordoñez. (1998). *Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado San Juan Nuevo, Michoacan*.
- Ordóñez, Benjamín., Antonio., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. In *Madera y Bosques*.

- Ortega, D., Keeler, A., & Jiang, S. (2019). Climate change mitigation policy in Ecuador: Effects of land-use competition and transaction costs.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.015>
- Palacios, Walter., & Jaramillo, N. (2016). Árboles amenazados del Chocó ecuatoriano. *Avances En Ciencias e Ingeniería*.
<https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.508>
- Pardo, Paola., & Cabrera, Rodrigo. (2022). *Diversidad arbórea y arbustiva del bosque seco tropical Colonche Santa Elena*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i3.518>
- Quiroga, R. (2017). *Contexto regional: situación y medición de los bosques en ALC*.
<https://www.cepal.org>
- Rivas, C. A., Guerrero-Casado, J., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2024). *Conectividad funcional entre ecosistemas forestales dominantes en Ecuador: un gran desafío para un país con una alta tasa de deforestación*.
<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126549>
- Rivas, C. A., Navarro-Cerillo, R. M., Johnston, J. C., & Guerrero-Casado, J. (2020a). *Dry forest is more threatened but less protected than evergreen forest in Ecuador's coastal region*.
<https://doi.org/10.1017/S0376892920000077>
- Rivas, C. A., Navarro-Cerillo, R. M., Johnston, J. C., & Guerrero-Casado, J. (2020b). *El bosque seco está más amenazado, pero menos protegido que el bosque siempre verde en la región costera del Ecuador*.
<https://doi.org/10.1017/S0376892920000077>
- Ruso, R. (2009). *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal*.
https://www.researchgate.net/publication/236593400_guia_practica_para_la_medicion_de_la_captura_de_carbono_en_la_biomasa_forestal.
- Sánchez, D., González, L., Yuriko, H., & Domen, Alexander. (2020). *Influencia del pH y sales del suelo en la estructura y composición del bosque del área de conservación privada Gotas de Agua Jaén*.
<https://purl.org/pe-repo/renati/nivel#tituloProfesional>
- Sánchez, & Encarnación, J. (2022). *Modelo de biomasa para la estimación económica del servicio de regulación de gases del área de protección Tonchigüe - Mompiche*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24133/geoespacial.v20i1.3171>

- Sarker, P., Fischer, R., Tamayo, F., Navarrete, B., & Günter, S. (2022). *Análisis de las combinaciones de políticas forestales basadas en la coherencia de las políticas y la coherencia de los instrumentos de política legislativa: Un estudio de caso de Ecuador. Forest Policy and Economics.*
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102838>
- Soler, Pedro., Berroterán, José., Gil, José., & Acosta, Rafael. (2012). *Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela.*
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003&lng=es&tlng=es
- Solís, B., & Tomás, S. (2023). *Bajo presión efectos impactos y adaptación al cambio climático en operadores de agua de América-Latina y el Caribe.*
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0005170>
- Wilson, Solange, M., Sione, & Silvana, M. (2021). *Contribución de América Latina y el Caribe al desafío de bonn.*
www.bonnchallenge.org
- Yang, R., Cao, Y., Hou, S., Peng, Q., Wang, X., Wang, F., Tseng, T.-H., Yu, L., Carver, S., Convery, I., Zhao, Z., Shen, X., Li, S., Zheng, Y., Liu, H., Gong, P., & Ma, K. (2020). *Cost-effective priorities for the expansion of global terrestrial protected areas.*
<https://www.science.org>
- Yang, Y., Zhu, Y., & Zhao, Y. (2024). Mejorar los medios de vida de los agricultores mediante la compensación ecológica de los sumideros forestales de carbono. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 198.*
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114401>
- Zarco, V., Valdez, J., Ángeles, G., & Castillo, O. (2010). *Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco.*
www.ujat.mx/publicaciones/uciencia

12. ANEXOS

Tabla 4 Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01);

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
-------	----	----	----	----	----	-----	-----

1	8	15	11,5	8	0,5	8	0,5
2	15	22	18,5	3	0,19	11	0,69
3	22	29	25,5	4	0,25	15	0,94
4	29	36	32,5	0	0	15	0,94
5	36	43	39,5	1	0,06	16	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia absoluta acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 5 .- Tabla de frecuencia $Dap_{1.30\ m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01);

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	0,14	0,23	0,18	8	0,5	8	0,5
2	0,23	0,32	0,27	3	0,19	11	0,69
3	0,32	0,41	0,36	0	0	11	0,69
4	0,41	0,50	0,45	4	0,25	15	0,94
5	0,50	0,59	0,54	1	0,06	16	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 6.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01)

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	8,00	11,40	9,7	5	0,31	5	0,31
2	11,40	14,80	13,1	2	0,13	7	0,44
3	14,80	18,20	16,5	8	0,5	15	0,94
4	18,20	21,60	19,9	0	0	15	0,94
5	21,60	25,00	23,3	1	0,06	16	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 7.- Tabla de frecuencia del Dap_{1.30 m} correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	0,14	0,21	0,17	5	0,31	5	0,31
2	0,21	0,27	0,24	6	0,38	11	0,69
3	0,27	0,33	0,3	2	0,13	13	0,81
4	0,33	0,4	0,36	2	0,13	15	0,94
5	0,4	0,46	0,43	1	0,06	16	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 8.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02);

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	7,00	9,40	8,2	2	0,17	2	0,17
2	9,40	11,80	10,6	3	0,25	5	0,42
3	11,80	14,20	13	2	0,17	7	0,58
4	14,20	16,60	15,4	1	0,08	8	0,67
5	16,60	19,00	17,8	4	0,33	12	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 9.-Tabla de frecuencia $Dap_{1.30\ m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02);

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	0,11	0,26	0,18	5	0,42	5	0,42
2	0,26	0,41	0,33	4	0,33	9	0,75
3	0,41	0,56	0,48	2	0,17	11	0,92
4	0,56	0,71	0,63	0	0	11	0,92
5	0,71	0,86	0,78	1	0,08	12	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 10.- Tabla de frecuencia de altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01)

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	7,00	8,20	7,6	4	0,24	4	0,24
2	8,20	9,40	8,8	2	0,12	6	0,35
3	9,40	10,60	10	6	0,35	12	0,71
4	10,60	11,80	11,2	3	0,18	15	0,88
5	11,80	13,00	12,4	2	0,12	17	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 11.- Tabla de frecuencia $Dap_{1,30 m}$ correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).;

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	0,1	0,17	0,14	7	0,41	7	0,41
2	0,17	0,23	0,2	7	0,41	14	0,82
3	0,23	0,29	0,26	2	0,12	16	0,94
4	0,29	0,35	0,32	0	0	16	0,94
5	0,35	0,41	0,38	1	0,06	17	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 12.- Tabla de frecuencia altura (m) correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FaA	FRA
1	7,00	9,75	8,38	3	0,33	3	0,33
2	9,75	12,50	11,13	5	0,56	8	0,89
3	12,50	15,25	13,88	0	0	8	0,89
4	15,25	18,00	16,63	1	0,11	9	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 13.- Tabla de frecuencia del Dap_{1.30 m} correspondiente al ecosistema del Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01)

Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA	FRA
1	0,13	0,17	0,15	3	0,33	3	0,33
2	0,17	0,22	0,19	2	0,22	5	0,56
3	0,22	0,26	0,24	3	0,33	8	0,89
4	0,26	0,31	0,29	1	0,11	9	1

Nota: Li= límite inferior, Ls: Límite superior, MC= marca de clase, FR=Frecuencia relativa, Frecuencia acumulativa acumulada = FaA y Frecuencia relativa acumulada =FRA.

Tabla 14 Tabla de frecuencia correspondiente a los ecosistemas del Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01); Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01);); Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02); Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) y Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).

Códigos de ecosistemas	N. registros	Altura (m)					Dap (m)				
		Max	Min	P	SD	CV	Max	Min	M	SD	CV
(BsTc01)	16	42	8	17,81	9,01	50,56	0,59	0,14	0,29	0,15	51,99
(BePc01)	16	25	8	14,19	4,56	32,17	0,46	0,14	0,25	0,09	36,75
(BeTc02),	12	19	7	13,42	3,87	28,86	0,86	0,11	0,32	0,21	66,7
(BmTc01)	17	13	7	9,82	1,74	17,72	0,41	0,11	0,19	0,07	37,12
(BmPc01)	9	18	7	10,78	3,19	29,62	0,31	0,13	0,2	0,06	30,16

Nota: Máximo = Max, Mínimo = Min, Promedio (P), Desviación estándar (SD), Coeficiente de variación (CV)

Tabla 15.- Tabla de índice de valor de importancia en cada ecosistema del bosque ubicado en la comuna Dos Mangas.

Estratos Ecosistemas	N. científico	N. ind.	Ar	Fa	Fr	Da	Dr	IVI 100 %
Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01)	Handroanthus serratifolius	2	12,5	1	8,33	0,36	27,90	16,24
	Castilla tunu	1	6,25	1	8,33	0,27	20,72	11,77
	Carapa guianensis Aubl.	3	18,75	1	8,33	0,09	7,12	11,40
	Ficus insipida Willd.	1	6,25	1	8,33	0,15	11,72	8,77
	Hernandia lychnifera	1	6,25	1	8,33	0,14	10,68	8,42
	Lozanella enantiophylla	2	12,5	1	8,33	0,04	3,10	7,98
	Alchornea pearcei Britton	1	6,25	1	8,33	0,08	5,89	6,83
	Nectandra lineata (Kunth) Rohwer	1	6,25	1	8,33	0,07	5,63	6,74
	Cecropia sciadophylla Mart.	1	6,25	1	8,33	0,03	2,19	5,59
	Calophyllum brasiliense Cambess.	1	6,25	1	8,33	0,03	1,96	5,51
	Triplaris cumingiana Fisch	1	6,25	1	8,33	0,02	1,55	5,38
	Virola flexuosa A.C.Sm.	1	6,25	1	8,33	0,02	1,55	5,38
	Total		16	100		100		100
Estratos Ecosistemas	N. científico	Nro. Ind.	Ar	Fa	Fr	Da	Dr	IVI 100 %
Bosque siempreverde estacion	<i>Triplaris cumingiana.</i>	3	18,75	2	16,67	0,14	16,15	17,19

	<i>Virola flexuosa</i>	2	12,5	1	8,33	0,16	18,70	13,18
	<i>Tabebuia billbergii</i>	1	6,25	1	8,33	0,17	19,22	11,27
	<i>Cecropia sciadophylla M.</i>	2	12,5	1	8,33	0,09	10,12	10,32
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	2	12,5	1	8,33	0,07	7,68	9,50
	<i>Calophyllum brasiliense C.</i>	1	6,25	1	8,33	0,09	10,56	8,38
	<i>Gyranthera amphibiolepis</i>	1	6,25	1	8,33	0,06	7,22	7,27
	<i>Sloanea spp.</i>	1	6,25	1	8,33	0,03	4,01	6,20
	<i>Carapa guianensis A.</i>	1	6,25	1	8,33	0,02	2,33	5,64
	<i>Andira sp</i>	1	6,25	1	8,33	0,02	2,18	5,59
	<i>Nectandra lineata</i>	1	6,25	1	8,33	0,02	1,83	5,47
	Total	16	100		100		100	100
Estratos Ecosistemas	N. científico	Nro. Ind.	Ar	Fa	Fr	Da	Dr	IVI 100 %
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02),	<i>Triplaris cumingiana Fisch</i>	2	16,67	2	22,22	0,59	44,80	27,89
	<i>Phytelephas aequatorialis S.</i>	2	16,67	1	11,11	0,23	17,53	15,10
	<i>Cordia alliodora</i>	2	16,67	1	11,11	0,10	7,20	11,66
	<i>Croton rivinifolius</i>	2	16,67	1	11,11	0,09	6,78	11,52
	<i>Castilla tunu</i>	1	8,33	1	11,11	0,17	12,53	10,66
	<i>Cedrela odorata</i>	1	8,33	1	11,11	0,13	9,66	9,70
	<i>Inga colonchensis</i>	1	8,33	1	11,11	0,01	0,85	6,77
	<i>Lozanella enantiophylla</i>	1	8,33	1	11,11	0,01	0,65	6,70

	Total	12	100	100	100	100	100	
Estratos Ecosistemas	N. científico	Nro. Ind.	Ar	Fa	Fr	Da	Dr	IVI 100 %
Bosque semidecíduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01)	<i>Brosimum alicastrum Sw.</i>	6	35,29	1	14,29	0,16	30,22	26,60
	<i>Cordia alliodora</i>	4	23,53	2	28,57	0,12	21,75	24,62
	<i>Triplaris cumingiana F.</i>	3	17,65	2	28,57	0,08	14,49	20,24
	<i>Phytelephas aequatorialis S.</i>	1	5,88	1	14,29	0,13	24,31	14,82
	<i>Croton rivinifolius</i>	3	17,65	1	14,29	0,05	9,23	13,72
	Total	17	100	100	100	100	100	
Estratos Ecosistemas	N. científico	Nro. Ind.	Ar	Fa	Fr	Da	Dr	IVI 100 %
Bosque semidecíduo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01)	<i>Alchornea pearcei Britton</i>	2	22,22	1	17	0,09	29,53	22,81
	<i>Croton rivinifolius</i>	2	22,22	1	17	0,07	23,34	20,74
	<i>Triplaris cumingiana Fisch</i>	2	22,22	1	17	0,07	23,22	20,70
	<i>Cordia hebeclada</i>	1	11,11	1	17	0,04	13,38	13,72
	<i>Simira ecuadorensis</i>	1	11,11	1	17	0,02	5,71	11,16
	<i>Lozanella enantiophylla</i>	1	11,11	1	17	0,01	4,82	10,86
	Total	9	100	100	100	100	100	

Nota: Ind = Árboles , Abundancia relativa = Ar, frecuencia absoluta = Fa; dominancia absoluta = Da; dominancia relativa = Dr; índice de valor de importancia = IVI.

Tabla 16.- Tabla de índice diversidad y dominancia en cada ecosistema del bosque ubicado en la comuna Dos Mangas.

	Índice	Índice
--	---------------	---------------

Tipos de estratos de ecosistemas	N. parcelas	Shannon	Diversidad	Simpson	Dominancia
(BsTc01)	1	1,561	Media	0,778	Alta
	2	1,834	Media	0,820	Alta
(BePc01)	3	1,735	Media	0,815	Alta
	4	1,748	Media	0,816	Alta
(BeTc02)	5	1,609	Media	0,800	Alta
	6	1,352	Baja	0,735	Alta
(BmTc01)	7	1,242	Baja	0,667	Media
	8	0,995	Baja	0,595	Media
(BmPc01)	9	1,040	Baja	0,625	Media
	10	1,055	Baja	0,640	Media

Nota: Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BsTc01); Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BePc01); Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02); Bosque semidecduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01) y Bosque semidecduo de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BmPc01).

Tabla 17.- Tabla de registro de área basal por tipo de ecosistema

Tipos de Ecosistemas	P	Nro. Indv.	D 1.30 (m)	Total ar/ha	Ab m²	(Ab) por tipo de ecosistema
Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BsTc01).	1	6	0,33	600	50,03	52,32
	2	10	0,26	1000	54,61	
Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BePc01)	3	9	0,21	900	31,64	39,39
	4	7	0,29	700	47,15	

Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).	5	5	0,24	500	23,34	48,87
	6	7	0,37	700	74,40	
Bosque semidecuido de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).	7	6	0,21	600	19,84	24,11
	8	11	0,18	1100	28,39	
Bosque semidecuido de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).	9	4	0,20	400	12,79	13,75
	10	5	0,19	500	14,72	

Nota: Área basal = Ab; individuo= Indv.; número= nro; Promedio =Pro.; arboles = ar.

Tabla 18.- Tabla de registro de volumen por tipo de ecosistema.

Tipos de Ecosistemas	P	A (m)	Ab (m ²)	(Ab)	Vol. (m ³ /ha)	Vol. (m ³ /ha)
Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).	1	18,83	50,03	52,32	471,12	470,40
	2	17,20	54,61		469,69	
Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).	3	15,44	31,64	39,39	244,30	270,34
	4	12,57	47,15		296,38	
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).	5	14,60	23,34	48,87	170,39	319,01
	6	12,57	74,40		467,63	

Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).	7	9,50	19,84	24,11	94,22	118,08
	8	10,00	28,39		141,94	
Bosque semideciduo de la cordillera costera del Pacifico ecuatorial (BmPc01).	9	13,25	12,79	13,75	84,72	75,48
	10	9,00	14,72		66,23	

Nota: parcelas=*P*; área basal = *Ab*; *Vol* = volumen; hectáreas=*ha*.

Tabla 19.- Tabla de registro de biomasa por ecosistema

Tipos de Ecosistemas	P	Al	Ab m ²	(Ab)	Vol. (m ³ /ha)	Vol. (m ³ /ha)	Biomasa ton/ha	Biomasa ton/ha
Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).	1	18,83	50,03	52,32	471,12	470,40	339,21	338,69
Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).	3	15,44	31,64	39,39	244,30	270,34	175,90	194,65
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama- Zapotillo (BeTc02).	5	14,60	23,34	48,87	170,39	319,01	122,68	229,69
	6	12,57	74,40		467,63		336,69	
Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).	7	9,50	19,84	24,11	94,22	118,08	67,84	85,02
	8	10,00	28,39		141,94		102,20	
	9	13,25	12,79	13,75	84,72	75,48	61,00	54,34

Bosque semidecidual de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).	10	9,00	14,72	66,23	47,69
--	----	------	-------	-------	-------

Nota: Parcelas=P; área basal = Ab; Vol = volumen, toneladas = t; hectáreas = ha.

Tabla 20.- Registro de estimación de carbono por ecosistemas.

Tipos de Ecosistemas	P	biomasa ton/ha	biomasa por ecosistema (ton/ha)	Carbono (ton/ha)	Carbono por ecosistema (ton/ha)
Bosque siempreverde estacional montano bajo de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BsTc01).	1	339,21		169,60	
			338,69		169,35
Bosque siempreverde estacional piemontano de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BePc01).	2	338,18		169,09	
	3	175,90		87,95	
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BeTc02).	4	213,40	194,65	106,70	97,32
	5	122,68	229,69	61,34	114,84
Bosque semidecidual de tierras bajas del Jama-Zapotillo (BmTc01).	6	336,69		168,35	
	7	67,84	85,02	33,92	42,51
Bosque semidecidual de la cordillera costera del Pacífico ecuatorial (BmPc01).	8	102,20		51,10	
	9	61,00		30,50	
	10	47,69	54,34	23,84	27,17

Nota: Parcelas=P; área basal = Ab; Vol = volumen; hectáreas = ha.

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado "CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DEL BOSQUE NATIVO DE LA COMUNA DOS MANGAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA" presentado por el estudiante, Oscar Daniel Carreño Maldonado fue enviado al Sistema Anti-plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

(ANEXO CAPTURA DEL PORCENTAJE)

TUTOR



JODIE JESSICA
DARQUEA ARTEAGA

Bfga. Jodie Jessica Darquea Arteaga, M.Sc.

(ANEXO CAPTURA DEL PORCENTAJE)



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

18-07-2024 Investigación -Oscar Carreño
Maldonado Introducción- copia (1)

6%
Textos
sospechosos



6% Similitudes
0% similitudes
entre comillas
0% entre las
fuentes
mencionadas
4% Idiomas no
reconocidos
(ignorado)

Nombre del documento: 18-07-2024 Investigación -Oscar Carreño
Maldonado Introducción- copia (1).docx
ID del documento: 472846a1573bbe6c8cf3be752d93d08281780cf5
Tamaño del documento original: 2,47 MB

Depositante: JODIE JESSICA DARQUEA ARTEAGA
Fecha de depósito: 19/7/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 19/7/2024

Número de palabras: 8886
Número de caracteres: 59.857