



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al suroeste de la
provincia de El Oro.**

**SOTO JARAMILLO EDDIE ROMMEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**QUITO PANDO LEINER JOSUE
INGENIERO AMBIENTAL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al
suroeste de la provincia de El Oro.**

**SOTO JARAMILLO EDDIE ROMMEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**QUITO PANDO LEINER JOSUE
INGENIERO AMBIENTAL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al
suroeste de la provincia de El Oro.**

**SOTO JARAMILLO EDDIE ROMMEL
INGENIERO AMBIENTAL**

**QUITO PANDO LEINER JOSUE
INGENIERO AMBIENTAL**

LUNA FLORIN ALEX DUMANY

**MACHALA
2024**

SOTO - QUITO - Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al suroeste de la provincia de El Oro



Nombre del documento: SOTO - QUITO - Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al suroeste de la provincia de El Oro.pdf
ID del documento: a10e1283b7c6061c6b30d972ba6132b14bc62966
Tamaño del documento original: 3,82 MB
Autores: []

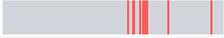
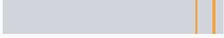
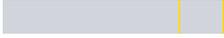
Depositante: ALEX DUMANY LUNA FLORIN
Fecha de depósito: 18/3/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/3/2025

Número de palabras: 17.518
Número de caracteres: 130.227

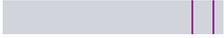
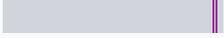
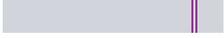
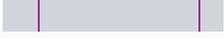
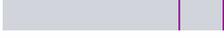
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

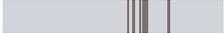
Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.unl.edu.ec https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27176/1/JonathanMichael_LópezBeltra... 12 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (110 palabras)
2	 dspace.unl.edu.ec https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5337/1/POTENCIALIDAD Y TRADICIONES DE ... 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (99 palabras)
3	 dialnet.unirioja.es Análisis estructural y condiciones abióticas del bosque seco ... https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9052887.pdf 14 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
4	 doi.org https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2871 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)
5	 Documento de otro usuario #cbb598 El documento proviene de otro grupo 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #f0c4aa El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
2	 repositorio.upse.edu.ec Composición, estructura y diversidad florística del bos... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6522/1/UPSE-TIA-2021-0129.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	 doi.org Landscape Structure and Seasonality: Effects on Wildlife Species Richnes... https://doi.org/10.3390/rs13183762	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
4	 repositorio.utn.edu.ec Composición florística y estructura del bosque seco, co... http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11103/6/03 FOR 328 TRABAJO GRADO.pdf...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
5	 doi.org Evaluación de la estructura y composición florística en la microcuenca d... https://doi.org/10.33789/talentos.11.2.201	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.unl.edu.ec https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5337/1/POTENCIALIDAD Y TRADICIONES DE ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
2	 dspace.unl.edu.ec Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánic... http://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5187/1/COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCT...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (120 palabras)
3	 dspace.unl.edu.ec Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánic... http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5187	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (120 palabras)
4	 www.scielo.sld.cu Estructura y composición arbórea del bosque seco tropical e... http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692022000200169	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (115 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
5	 dspace.unl.edu.ec Composición florística, estructura y endemismo en el bosqu... http://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5349/1/COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCT...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
6	 dspace.unl.edu.ec https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5349/1/COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCT...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
7	 dspace.unl.edu.ec https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/27176/1/JonathanMichael_LópezBeltran.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (110 palabras)
8	 repositorio.unesum.edu.ec http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2296/1/NIETO LOPEZ VICTOR ROBERTO.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (112 palabras)
9	 ciencialatina.org https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/838/1134?inline=1	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (104 palabras)
10	 Documento de otro usuario #c24598 📌 El documento proviene de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1  <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9>
- 2  <https://doi.org/10.1126/science.aba1289>
- 3  <https://www.ambiente.gob.ec/bosque-seco>
- 4  <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- 5  <https://www.ambiente.gob.ec/bosque-seco-ecuatoriano-es-parte-de-la-red-mundial-de-reservas-de-biosfera-de-la-unesco/>

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, SOTO JARAMILLO EDDIE ROMMEL y QUITO PANDO LEINER JOSUE, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Composición florística leñosa y estructural del bosque seco al suroeste de la provincia de El Oro., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



SOTO JARAMILLO EDDIE ROMMEL

0750719874



QUITO PANDO LEINER JOSUE

2200202741

UNIVERSITAS
MAGISTRO-
RUM
ET SCHOLAR-
IUM

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, este trabajo de titulación se lo dedicó a mis Padres, Lautaro, Sonia y Piedad, quienes han sido mi fortaleza y mi mayor apoyo en cada paso de este camino. Su amor incondicional, su sabiduría y su ejemplo han iluminado mi vida y me han guiado hasta aquí.

A mi hermano Alexis, a mis tíos, tías, primos y enamorada Brigitte G. quienes con su cariño y motivación han sido una fuente constante de inspiración. Este logro es para todos ustedes, como muestra de que, con esfuerzo y perseverancia, se pueden alcanzar los sueños más grandes. Gracias por ser parte de mi vida y por siempre creer en mí.

Leiner Josue Quito Pando

A Dios, mi guía y refugio, por darme fortaleza, salud y sabiduría para alcanzar esta meta. A mi mamá, Juanita, por su amor incondicional, valentía y fe en mí, enseñándome que no hay obstáculos imposibles de superar.

A mi papá, Eddie, cuya memoria me ilumina y me inspira cada día; este logro está dedicado a él con todo mi amor y gratitud. A mis abuelos, Marlene y Marino, por ser un pilar de sabiduría, apoyo y amor constante. Y a toda mi familia, por su cariño y ejemplo de unión, que siempre han sido mi mayor motivación. Este trabajo es para ustedes, quienes han sido el motor de mis sueños.

Eddie Rommel Soto Jaramillo

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud en el corazón, quiero agradecer primero a Dios, por ser mi fortaleza y mi guía en cada paso de este proceso. A mis padres, Lautaro, Sonia y Piedad por su amor y apoyo durante esta etapa tan importante para mi vida. A mi familia, que con su amor y apoyo incondicional han sido mi mayor pilar y motivación para superar cada desafío.

Mi más sincero reconocimiento también va para nuestro tutor, Ing. Luna Florin Alex Dumany, Mgs, cuya paciencia, dedicación y sabiduría fueron fundamentales para completar este trabajo. Su guía y compromiso dejaron una huella en este recorrido. Gracias por ser un ejemplo de excelencia y apoyo constante.

Leiner Josue Quito Pando

Agradezco a Dios por su bondad y fortaleza para perseverar. A mi mamá, Juanita, por su apoyo y resiliencia, siendo mi mayor inspiración. A mi papá, Eddie, cuya memoria me ha acompañado en cada paso.

A mis abuelos, Marlene y Marino, por su amor y enseñanzas. A mi tutor, el Ingeniero Alex Luna, por su paciencia y guía en este proyecto. A toda mi familia, amigas y compañeros que, con su apoyo, contribuyeron a este logro. A todos ustedes, mi más sincera gratitud.

Eddie Rommel Soto Jaramillo

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar la composición florística, estructura y capacidad de captura de carbono en tres sitios representativos de bosques secos al suroeste de la provincia de El Oro, Ecuador: La REAr, el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas y un remanente de bosque en la Parrq. Palmales. Estos ecosistemas presentan diferentes grados de perturbación antrópica, lo que permite evaluar su estado ecológico.

Se utilizaron índices de diversidad como el de Shannon-Wiener, obteniendo valores de 2,60 en la REAr, 2,26 en el BPCTA y 1,71 en Palmales. Además, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y la densidad de madera (DM), parámetros que permitieron estimar la captura de carbono. Los resultados mostraron que el BPCTA tiene la mayor biomasa y capacidad de almacenamiento de carbono (18.436,52 kg de biomasa y 9.218,26 kg de carbono), seguido por la REAr (9.740,86 kg de biomasa y 4.870,43 kg de carbono), mientras que Palmales presentó los valores más bajos (5.629,16 kg de biomasa y 2.814,58 kg de carbono).

Los resultados destacan la importancia de conservar los bosques secos por su biodiversidad y su capacidad como sumideros de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Además, evidencian la necesidad de implementar estrategias de restauración ecológica en áreas degradadas como el remanente en la Parroq. Palmales.

Palabras clave: bosques secos, biodiversidad, índice de diversidad, captura de carbono, fragmentación de hábitat.

ABSTRACT

The present research aims to analyze the floristic composition, structure and carbon sequestration capacity in three representative sites of dry forests in the southwest of the province of El Oro, Ecuador: The REAr, the Protected Forest of the Arenillas Technical College and a remnant of forest in the Parroquia Palmales. These ecosystems present different degrees of anthropic disturbance, which allows us to evaluate their ecological status.

Diversity indices such as the Shannon-Wiener index were used, obtaining values of 2.60 in the REAr, 2.26 in the BPCTA and 1.71 in Palmales. In addition, diameter at breast height (DBH), height (H) and wood density (MD) were measured, parameters that allowed estimating carbon sequestration. The results showed that the BPCTA has the highest biomass and carbon storage capacity (18,436.52 kg of biomass and 9,218.26 kg of carbon), followed by the REAr (9,740.86 kg of biomass and 4,870.43 kg of carbon), while Palmales had the lowest values (5,629.16 kg of biomass and 2,814.58 kg of carbon).

The results highlight the importance of conserving dry forests for their biodiversity and their capacity as carbon sinks, contributing to climate change mitigation. They also highlight the need to implement ecological restoration strategies in degraded areas such as the remaining area in Parroquia Palmales.

Key words: dry forests, biodiversity, diversity index, carbon sequestration, habitat fragmentation.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	12
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
A. Antecedentes.....	14
III. JUSTIFICACIÓN	15
IV. OBJETIVOS.....	17
A. OBJETIVO GENERAL	17
B. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
V. MARCO TEORICO.....	18
A. Sistema Nacional de Áreas Protegidas	18
1) Reserva ecológica.....	18
B. Bosque y Vegetación Protector	18
C. Ecosistemas boscosos en el Ecuador	18
D. Estado de los bosques en Ecuador	18
E. Bosques secos	19
F. Importancia de los bosques secos	19
G. Estructura de los bosques secos	19
H. Comportamiento del bosque.....	20
I. Especies leñosas	20
J. Composición florística.....	20
K. Diversidad florística	21
L. Hábitos de las plantas.....	21
M. Índices de diversidad	22
1) Diversidad Alfa	22
2) Diversidad Beta	22
3) Diversidad Gamma.....	22
4) Índice de Shannon-Wiener (H).....	22

5) Índice de Simpson (D).....	23
6) Índice de valor de importancia (IVI)	23
N. Diámetro altura pecho – DAP.....	23
Ñ. Captura de carbono - Bosques Secos	23
O. Densidad de madera (DM)	24
VI. METODOLOGÍA	25
A. Ubicación geográfica del área de estudio	25
1) Reserva Ecológica Arenillas	25
2) Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas	25
3) Remanente de bosque en la parroquia Palmales del canto Arenillas	25
B. Herramientas y materiales	28
C. Fase 1. Estado del Arte.	29
D. Fase 2. Identificación y selección.	29
1) Selección del área de estudio	29
2) Determinación y tamaño de las parcelas.	30
E. Fase 3. Campo	31
1) Recolección de datos.....	31
2) Registro de especies	31
3) Medición de DAP	32
4) Estimación de altura.....	32
5) Toma de muestra para Densidad de madera	32
F. Fase 4. Procesamiento y análisis de la muestra.....	33
1) Análisis de índices de diversidad.....	33
2) Análisis de densidad de madera.....	36
VII RESULTADOS	38
A. Composición florística y estructural	38
1) Especies arbóreas identificadas en el la Reserva Ecológica Arenillas.....	38

2) Composición florística del componente leñoso de la Reserva Ecológica Arenillas	39
3) Índice de Shannon-Wiener de la vegetación de la REAr	40
4) Índice de Simpson de la vegetación de la REAr.....	40
5) Parámetros estructurales de la Reserva Ecológica Arenillas.....	42
6) Especies arbóreas identificadas en el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas	44
7) Composición florística del Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas	44
8) Índice de Shannon-Wiener	45
9) Índice de Simpson.....	46
10) Parámetros estructurales del Colegio Técnico Arenillas.....	47
11) Especies arbóreas identificadas en el remanente de Bosque parroquia Palmales	49
12) Composición florística del remanente de Bosque parroquia Palmales	50
13) Índice de Shannon-Wiener	50
14) Índice de Simpson.....	51
15) Parámetros estructurales del remanente de Bosque parroquia Palmales	52
B. Comparaciones de la estructura de los 3 bosques secos de la provincia de El Oro.	53
1) Diversidad de Especies	53
2) Distribución de DAP	54
3) Área basal	55
4) Análisis de correlación y los modelos de regresión.	56
5) Índice de Valor de Importancia (IVI)	57
C. Estimaciones de captura de carbono almacenado	58
1) Densidad de Madera.....	58
2) Carbono almacenado.....	63
VIII DISCUSIÓN	66
A. Diversidad florística y estructural.....	66
B. Parámetros Estructurales.....	66
C. Captura de Carbono	67

IX CONCLUSIONES	69
X RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS.....	71
ANEXOS	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN LA REAr	38
Tabla 2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER EL LA REAr	40
Tabla 3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON EN LA REAr	41
Tabla 4. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN LA REAr.....	42
Tabla 5. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN EL BOSQUE PROTECTOR DEL COLEGIO TÉCNICO ARENILLAS	44
Tabla 6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER DEL B.P.C.T.A ..	45
Tabla 7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON B.P.C.T.A	46
Tabla 8. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN EL B.P.C.T.A	47
Tabla 9. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES	49
Tabla 10. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES	51
Tabla 11. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES	51
Tabla 12. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN EL R.B.P.P	52
Tabla 13. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DE LA REAr	58
Tabla 14. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DEL B.P.C.T.A	61
Tabla 15. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DEL R.B.P.P	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación dentro del cantón Arenillas provincia de El Oro	26
Figura 2. Diagrama de flujo.....	27
Figura 3. Mapa de área de muestreo dentro del cantón arenillas provincia de El Oro.....	30
Figura 4. Área de estudio, tamaño y forma de las parcelas.	31
Figura 5. Proceso de extracción de un core de madera.	32
Figura 6. Empleo de una piola o cuerda para facilitar el proceso de core en la planta leñosa.	33
Figura 7. Abundancia de especies en la Reserva Ecológica Arenillas	39
Figura 8. Comparación De Índices De Diversidad en la Reserva Ecológica Arenillas.....	42
Figura 9. Índice de valor de importancia (IVI) de la REAr.....	43
Figura 10. Abundancia de especies en el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas	45
Figura 11. Comparación De Índices De Diversidad en el B.P.C.T.A	47
Figura 12. Índice de valor de importancia (IVI) del B.P.C.T.A.....	49
Figura 13. Abundancia de especies en el remanente de bosque de Palmales.....	50
Figura 14. Comparación De Índices De Diversidad del R.B.P.P	52
Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) del R.B.P.P.....	53
Figura 16. Índice de diversidad en los tres sitios de muestreo.	54
Figura 17. Distribución de DAP por Categoría y sitio.	55
Figura 18. Área basal total por lugar de muestreo.....	56
Figura 19. Relación entre DAP y H.....	57
Figura 20. (IVI) por sitio y especie más importante.....	58
Figura 21. Biomasa y Carbono total.....	63
Figura 22. Carbono almacenado por sitio.....	64
Figura 23. Relación DAP y C. almacenado.....	65

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
REA	Reserva Ecológicas Arenillas
SW	Suroeste
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
DM	Densidad de Madera
IVI	Índice de valor de importancia
DBH / DAP	Diámetro a la altura del pecho
H	Altura
H'	Índice de Shannon-Wiener
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
GIS	Geographic Information System (Sistema de Información Geográfica)
BPCTA	Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas
RBP	Remanente de Bosque Palmales

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la conservación del ambiente y la biodiversidad es alarmante, comprender la riqueza biológica de los ecosistemas, especialmente aquellos que enfrentan amenazas significativas debido a la actividad humana [1]. La formación de los bosques secos, ecosistemas deciduos y semideciduos característicos por su diversidad florística y endemismo, representan un componente vital del patrimonio natural del Ecuador [10,11]. Además de su importancia ecológica, estos bosques han sido fundamentales para la subsistencia de las comunidades locales en el tiempo, proporcionando diversos recursos esenciales, como madera, frutos y fibras.

Los bosques secos a nivel nacional se encuentran en un proceso de fragmentación forestal, por lo que las áreas grandes y continuas están divididas en fragmentos más pequeños y aisladas por la deforestación, la transformación del paisaje, la agricultura, y las modificaciones en la cobertura vegetal son considerados el impulsor principal [2,3,11]. Sin embargo, la controversia sobre los diversos efectos de la desintegración del hábitat en la diversidad biológica podría atribuirse a la escasez de datos observacionales provenientes de sitios que abarcan todo el espectro de fragmentación de los bosques secos [4]. Explicando que esta situación se ha agravado por disturbios antropogénicos, como la expansión de la infraestructura humana y la disminución de espacios aptos para muchas especies animales y vegetales.

En la provincia de El Oro, Ecuador, se encuentran importantes remanentes de bosques secos que se fomenta entre los poblados el uso adecuado de los recursos, priorizando la conservación de su gran diversidad genética [5]. Este estudio se enfoca en analizar la composición florística leñosa y estructural de estos bosques, así como en estimar la captura de carbono que albergan. Para lograr esto, se seleccionaron tres puntos de muestreo estratégicos: la Reserva Ecológica Arenillas REAR, un área protegida con biodiversidad única; el bosque protector dentro del Colegio Técnico Arenillas, cuenta con especies nativas del bosque seco; y un remanente de bosque seco en la parroquia de Palmales, donde coexisten actividades ganaderas con la protección de los recursos naturales.

Al comprender la composición y estructura de estos bosques, así como su capacidad para almacenar carbono, este estudio contribuirá a generar información relevante para el

manejo sostenible de tres tipos de bosques, desde diferentes puntos de conservación por la influencia humana y la expansión por fronteras agrícolas, pecuarias y urbanas, tomando en cuenta el estado de conservación y el tamaño de las poblaciones vegetales que existen dentro de estos bosques secos. Se espera que los resultados obtenidos favorezcan para informar políticas y estrategias de conservación que promuevan la preservación de estos ecosistemas tan valiosos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los remanentes de bosques secos en la provincia de El Oro representan un único y biodiverso ecosistema, en el que se albergan una gran diversidad de especies de importancia faunística y florística [7]. Sin embargo, en Ecuador investigaciones sobre los bosques secos que se han realizado indica una reducción extremada del sesenta por ciento al setenta y cinco por ciento en comparación a años anteriores [7]. Actualmente, estos ecosistemas están amenazados por múltiples factores, la deforestación, expansión agrícola, ganadería y urbanización [2,3,11].

La creciente presión antropogénica que se genera sobre estos bosques conlleva a la pérdida y fragmentación de estos ecosistemas frágiles, con lo que se puede evidenciar pérdida de biodiversidad, así como de especies endémicas debido a que esta región fue catalogada como una de las zonas con más endemismo en el mundo [9].

Los bosques secos son clave en la regulación del clima al actuar como sumideros de carbono. La degradación de estos ecosistemas, tienen como consecuencia la liberación de grandes cantidades de carbono a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global. La falta de información sobre la captura de carbono en los bosques secos de El Oro dificulta la formulación de estrategias efectivas frente a la adaptación al cambio climático y mitigación en la provincia [6].

Frente a una acelerada pérdida de biodiversidad y crecientes impactos sobre estos bosques, es necesario enseñar la importancia de estos ecosistemas. La poca información que existe sobre la composición florística, estructural y funcional de estos bosques dificultan la formulación de políticas y acciones de conservación que sean efectivas. Por eso se requiere

una comprensión más profunda de la variedad de vida y los servicios que proporcionan estos bosques, para diseñar intervenciones adecuadas para su preservación.

Bajo el problema mencionado, se necesita analizar la composición florística leñosa y estructural de los bosques secos al suroeste de la provincia de El Oro y conocer la estimación de captura de carbono en estos ecosistemas. El estudio proporcionará información que servirá de base para la formulación de políticas y estrategias de conservación, contribuyendo a la protección y preservación de estos ecosistemas importantes para las generaciones futuras.

A. Antecedentes

Los bosques secos tropicales, debido a su biodiversidad única y la importancia crucial de los servicios ecosistémicos que proporcionan, han surgido como elementos fundamentales en la agenda global de conservación. En la provincia de El Oro, Ecuador, estos bosques son especialmente valiosos debido a su excepcional diversidad biológica y por ser esenciales para la supervivencia y cultura de las comunidades locales. Muchas especies de flora y fauna viven en estos ecosistemas, los cuales son cruciales para su supervivencia. Estas especies son endémicas y han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en un clima árido y con estaciones marcadas.

Los bosques secos de El Oro se enfrentan a riesgos que ponen en estado vulnerable su integridad y funcionamiento. La agricultura y la ganadería contribuyó a una notable degradación de estos bosques secos, ocasionando así la depleción del hábitat y reducción del paisaje [4]. Estudios que se han realizado sobre la fragmentación forestal dentro de los bosques secos manifiestan que la biodiversidad en la región se ha visto seriamente afectada debido a este proceso, lo que supone una amenaza para las especies endémicas y los servicios ecosistémicos proporcionados por estos bosques secos, como la regulación del ciclo del agua y la conservación del suelo [8].

A demás, los recursos naturales de los bosques secos de El Oro se enfrentan a desafíos cada vez mayores debido al cambio de los patrones de temperatura y precipitaciones que alteraran significativamente estos ecosistemas [6]. Los ecosistemas incluso más afectados en su capacidad de recuperarse los impactos negativos de las actividades humanas debido a un incremento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas y tormentas violentas. Tanto la influencia humana como los cambios climáticos

suponen un importante peligro para la integridad y resistencia de los bosques secos en la provincia de El Oro.

Aunque se han realizado estudios previos de investigación sobre la composición de las flores, la organización de la vegetación y el ciclo del carbono, aún existen vacíos sobre la ecología de los ecosistemas deciduos y semideciduos para comprender plenamente estos aspectos ha detalle [9]. Es necesario realizar investigaciones adicionales para abordar estas lagunas de conocimiento y así establecer una base sólida que permita conservar y manejar de forma sostenible los bosques secos en la provincia de El Oro. Es crucial llevar a cabo investigaciones que permitan el desarrollo de estrategias efectivas de conservación, las cuales garantizarán la protección de la diversidad biológica y asegurarán que estos ecosistemas sigan proporcionando servicios ambientales esenciales para las generaciones venideras.

III. JUSTIFICACIÓN

La conservación de los bosques secos en la provincia de El Oro es de suma importancia frente a las múltiples amenazas que enfrenta, como expansión agropecuaria y urbana, la deforestación y la fragmentación de hábitats [3]. Estos bosques, albergan una gran biodiversidad, desempeñando un papel crucial en la regulación del clima, la protección de suelos, la captura de carbono, el mantenimiento de servicios ecosistémicos esenciales para un equilibrio ambiental.

A pesar de la gran relevancia que representan estos bosques deciduos y semideciduos a nivel global, no son muy conocidos y la poca cantidad de investigaciones realizadas y publicadas se encuentran en difícil acceso, sin embargo, se han realizado pequeños avances sobre la información detallada de la composición florística, la estructura de las especies leñosas y la captura de carbono en estos bosques lo que limita igual la capacidad para comprender cómo es su estado de conservación, y así poder desarrollar estrategias efectivas de protección y recuperación vegetativa [9,10]. Por lo tanto, la realización de este proyecto de investigación se justifica por la necesidad de llenar esta brecha de conocimiento y así proporcionar datos sólidos que avalen la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los bosques secos de El Oro.

La estimación precisa de la captura de carbono en estos bosques es muy importante con relación al contexto actual del cambio climático, ya que los bosques secos pueden desempeñar un papel importante para mitigar los impactos negativos de las emisiones de carbono. Comprender la composición florística y estructural de especies leñosas, permitirán identificar especies clave, así como áreas prioritarias de conservación, evaluando el impacto que tiene las actividades humanas en la riqueza biológica y los servicios ecosistémicos.

Los resultados esperados con esta investigación no solo contribuirán al conocimiento científico sobre este tipo de bosques, sino que también serán la base para el esquema e implementación de acciones y políticas enfocadas en la conservación de estos ecosistemas tan vitales para nosotros. Esta información también será valiosa a un nivel de educación ambiental, así como la sensibilización pública sobre la importancia que conlleva la conservación de la diversidad biológica de los parches de bosques secos. Este proyecto de investigación es fundamental para garantizar una conservación a largo plazo de los bosques secos de la provincia de El Oro.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición florística y estructural de especies leñosas en bosques secos al suroeste de la provincia de El Oro, estimando la captura de carbono e indicadores de calidad ecológica en diferentes escenarios de conservación.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar la diversidad florística y estructural vertical de especies leñosas en los bosques secos al suroeste de la provincia de El Oro.
- Comparar la estructura de los bosques secos en la provincia de El Oro, considerando la influencia de las actividades antrópicas que se realizan en 3 diferentes tipos de ecosistemas.
- Estimar la captura de carbono almacenado por las especies leñosas, en los tres diferentes tipos de ecosistemas.

V. MARCO TEORICO

A. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

1) Reserva ecológica

Son espacios naturales que tiene mínimas intervenciones humanas y recursos naturales de gran valor. [32].

B. Bosque y Vegetación Protector

Es una categoría aparte, que se encuentra fuera del SNAP. Estos espacios tienen restricciones ya que forman parte del patrimonio Forestal del estado [33].

C. Ecosistemas boscosos en el Ecuador

Los ecosistemas boscosos de Ecuador se definen según criterios de la FAO y el MAATE. La FAO considera áreas con árboles altos y cobertura densa, excluyendo zonas agrícolas y urbanas [23]. Por otro lado, el MAATE amplía esta definición incluyendo comunidades vegetales naturales o cultivadas con árboles que representen al menos el 30% de la cobertura, abordando la importancia ambiental, social y económica de estos ecosistemas [24].

D. Estado de los bosques en Ecuador

Ecuador es considerado un país megadiverso, alberga una variedad de ecosistemas forestales, que van desde los bosques secos tropicales en la región de la costa y sierra hasta los bosques lluviosos de la región amazónica [25]. Estos bosques tienen una constante presión debido a la expansión agrícola, ganadera y la deforestación. El MAATE indica que el Ecuador ha perdido cerca de 2.5 millones de ha de cobertura forestal entre el año 2000 a 2018, siendo las más afectadas la provincia de el Oro en la región costa [26].

Los bosques secos sufren un retroceso en su conservación, el aumento presente de las fronteras agrarias y ganaderas, han fragmentado estos ecosistemas, dejando una extensión de bosques muy reducida, con afectaciones en su estructura y composición florística. No obstante, se mantiene la lucha constante en la conservación y restauración en áreas protegidas como la REA [26].

E. Bosques secos

Los bosques secos a nivel mundial son el hogar más extenso para la mayoría de las aves endémicas en América del Sur, lo que los convierte en una prioridad de conservación, en la actualidad el 95 por ciento del bosque seco tropical se ha perdido por la actividad humana. Este ecosistema se clasifica como una de las prioridades de biodiversidad más altas del mundo porque albergan una de las concentraciones más altas de especies endémicas en toda América del Sur. Su grado de amenaza es grave porque sus condiciones son beneficiosas para cultivos de exportación [27].

Este ecosistema está caracterizado por una marcada estacionalidad con la disponibilidad de agua, contando con una prolongada estación seca que conlleva a limitaciones en la biodiversidad y la productividad primaria. En la provincia de El Oro, se presentan una adaptabilidad considerable a las condiciones áridas que existen en el área, con plantas que han desarrollado estrategias como lo son hojas pequeñas, espinas y raíces profundas que les permiten sobrevivir a las bajas precipitaciones [28].

F. Importancia de los bosques secos

Estos bosques son muy importantes por su papel fundamental en la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, pese a su aridez, albergan una gran variedad de flora y fauna adaptadas a las condiciones extremas de estos ecosistemas. Siendo también zonas que contribuyen en gran medida con la captura y el almacenamiento de carbono, ayudando así a mitigar el cambio climático [29].

Los bosques secos también son esenciales para la economía local, en la provincia de El Oro proporcionan recursos como forraje, madera y productos no maderables, es por ello que la conservación y el correcto manejo sostenible de estos bosques son vitales para lograr mantener la integridad ecológica y los beneficios que aportan a las comunidades locales [30].

G. Estructura de los bosques secos

Estos bosques tienen una estructura caracterizada por una estratificación donde predominan árboles de altura media, arbustos y una cobertura herbácea escasa, debido a la sequía extrema. Dentro de estos ecosistemas los árboles más comunes a encontrarse son las especies de algarrobo (*Prosopis juliflora*), el ceibo (*Ceiba trichistandra*) y el guayacán

(*Handroanthus chrysanthus*), cuyas adaptaciones son idóneas para la conservación del agua y la resistencia en las marcadas épocas de sequías. En cuanto a composición florística, estos bosques presentan una variabilidad notable, con diferencias que son significativas en diversidad y abundancia de especies entre áreas protegidas y las que no son protegidas [31].

H. Comportamiento del bosque

El comportamiento de los bosques secos se ve influenciado por el clima, antrópicos y edáficos, la estacionalidad de las lluvias marca los patrones de crecimiento y fenología de las plantas, donde se aprecia un crecimiento y florecimiento acelerados durante la estación húmeda y, por su contraparte, en la estación seca, se reduce la actividad biológica. Las actividades antrópicas, influyen de manera significativa en la dinámica de los bosques, lo que conlleva a una alteración en la composición y estructura de los poblados que forman las comunidades vegetales [30].

La intervención humana en estos ecosistemas ha provocado la fragmentación de hábitat y una disminución de la complejidad biológica. En las áreas protegidas como la REA, la implementación de medidas de conservación ha permitido que exista una recuperación parcial de estos ecosistemas, con lo que se ha demostrado la resiliencia que tienen los bosques secos bajo la gestión y un manejo adecuado [29].

I. Especies leñosas

Las plantas leñosas son especies vegetales que desarrollan tejidos rígidos, principalmente formados por lignina, permitiéndoles sostener estructuras permanentes y sobrevivir en diversos ecosistemas, incluidas áreas de climas extremos como los bosques mediterráneos y tropicales [55].

Estas plantas cumplen un rol fundamental en la estructura y función ecológica de los ecosistemas al proporcionar hábitats, contribuir a la biodiversidad y participar en ciclos de nutrientes. Su composición y diversidad son indicadores clave de la salud y estabilidad de los ecosistemas forestales [55].

J. Composición florística

La composición florística trata sobre el análisis minucioso de las especies vegetales que se encuentran dentro de un área geográfica determinada, especialmente en ecosistemas

boscosos, lo que nos permite saber cómo están distribuidas y cuál es la característica que los representa [12]. La diversidad florística se determina según el número de individuos de cada tipo de vegetación, lo que nos proporciona una visión más detallada de como las especies se desenvuelven en los bosques, diferenciando si estas son hierbas, arbustos o árboles [12].

Realizar estudios sobre la composición florística, nos permitirá obtener información a detalle sobre los componentes vegetales que existen en una región, a partir de lo cual podemos tomar decisiones sobre la planificación de programas de conservación, donde actualmente está ocupando cada vez más un lugar central en el discurso de conservación y el manejo de estos recursos forestales [13]. En Ecuador por su gran variedad de ecosistemas boscosos, en los últimos años ha despertado un interés significativo en una correcta gestión de estos recursos, lo que ha llevado a cabo estudios enfocados a entender la estructura de cada ecosistema, conocer su importancia ecológica, las especies vulnerables, las asociaciones y comportamientos dentro de estos bosques.

K. Diversidad florística

La diversidad florística estudia las interacciones entre especies vegetales en ecosistemas boscosos, crucial para entender su distribución. La biodiversidad en nuestro país se atribuye a diferentes factores; geografía, suelos diversos, relieve y climas, creando un entorno ideal para una rica diversidad vegetal [14].

L. Hábitos de las plantas

Las plantas muestran diversas formas y estructuras morfológicas, categorizándose según diferencias y similitudes. Los árboles y arbustos comparten características como tejidos leñosos; los árboles suelen tener un tallo único alto, mientras que los arbustos tienen múltiples tallos y son más bajos. Un elemento distintivo de los bosques secos es la presencia de una notable diversidad de suculentas, que pertenecen a la familia Cactácea, que se caracterizan por poder tejidos muy carnosos, estas adaptaciones han permitido que estas especies puedan sobrevivir a áreas cuya precipitación es baja, así también contribuyendo al sustento de comunidades humanas asentadas en este tipo de ecosistema [15].

Además de la existencia de arbustos y árboles, los boques tienen una gran variedad de especies herbáceas, distinguidas por carecer de tejido leñoso y desarrollarse en forma de mata, con alturas de entre 10 y 90 cm [15]. La distribución de las especies en estos

ecosistemas se interrelaciona con las características ambientales de la zona, como el suelo, la precipitación, las actividades antrópicas, lo que influye en el establecimiento y dispersión de cada ecosistema vegetal.

M. Índices de diversidad

Son fundamentales para evaluar datos estadísticos de las especies, dentro de la estructura y uniformidad de un ecosistema. Facilitan comparaciones entre estudios mediante la selección aleatoria de muestras, esenciales para entender y gestionar la biodiversidad. [16].

1) Diversidad Alfa

Este indicador evalúa la representatividad de especies que existen en un área determinada. El análisis considera el número de especies, los grupos taxonómicos y estratos que están presentes en la muestra, para determinar la diversidad específica en un área, se usan curvas de rango y abundancia de especies, que revelan la riqueza de especies en la muestra. El índice de Shannon se emplea para evaluar la homogeneidad que existe en el ecosistema en términos de abundancia de todas las especies que hemos muestreado [17].

2) Diversidad Beta

Se centra en la similitud o variación de la composición de especies entre comunidades dentro de uno o varios ecosistemas. Evaluamos la homogeneidad o heterogeneidad de hábitats mediante índices como Sorensen, que relaciona el número de especies compartidas entre varias áreas de estudio [18].

3) Diversidad Gamma

Determina la riqueza total de especies dentro de un ecosistema, siendo este el resultado combinado de la diversidad alfa y beta, podemos citar al índice propuesto por Shluter y Ricklefs, pues utiliza la diversidad alfa promedio y la diversidad beta promedio, más el área de estudio para poder calcular el número total de comunidades presentes en un ecosistema [19].

4) Índice de Shannon-Wiener (H)

Los índices de diversidad son útiles para evaluar el uso de recursos por la población humana, comparar diferentes poblaciones y evaluar el esfuerzo de muestreo [51].

El índice de Shannon-Wiener mide tanto la riqueza de especies como su abundancia, reflejando la uniformidad en una muestra y cómo se distribuyen las especies entre los individuos [47,52]. Sin embargo, su limitación principal es que no considera la distribución espacial de las especies.

5) Índice de Simpson (D)

El Índice de Simpson es un indicador de diversidad ampliamente utilizado en estudios ecológicos y ambientales, cuyo propósito es evaluar la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie. Este índice no solo considera la riqueza de especies, sino también la abundancia relativa, proporcionando así una visión clara de la dominancia y la equitatividad dentro de la comunidad [54].

6) Índice de valor de importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es una herramienta clave en estudios ambientales para evaluar la composición y estructura de un ecosistema. Este índice integra medidas de frecuencia, densidad y dominancia relativas para cuantificar la relevancia ecológica de cada especie dentro de un hábitat determinado [50].

En ecosistemas forestales, el IVI refleja el papel estructural de las especies leñosas, proporcionando una visión integral de su contribución a la funcionalidad y estabilidad del ecosistema. Adicionalmente, puede adaptarse para calcular la importancia a nivel de familias, facilitando el análisis de la diversidad y composición florística desde una perspectiva ecosistémica y permitiendo un enfoque flexible según los objetivos del estudio [53].

N. Diámetro altura pecho – DAP

El DAP es un indicador importante, especifica la medida del grosor de un árbol tomada a una altura estándar de 1.30 metros sobre el nivel del suelo [20]. El DAP es crucial para estimar también otros indicadores, como el grosor del tronco, crecimiento del árbol, biomasa, realizar inventarios de recursos maderables y no maderables en ecosistemas forestales [21,22].

Ñ. Captura de carbono - Bosques Secos

Los bosques secos presentan una biomasa menor en comparación a otros tipos de bosques, cumple un rol fundamental en la captura y el almacenamiento de Carbono, la

capacidad que presentan este tipo de bosques para el secuestro de carbono está estrechamente relacionado a las adaptaciones que tienen frente a la sequía y la estacionalidad. Durante la estación húmeda, las plantas en los bosques secos pueden absorber y almacenar carbono de una forma eficiente, esto debido a la disponibilidad del agua [32].

Las profundas raíces de varias especies de árboles en estos ecosistemas permiten el acceso a agua subterránea, lo que ayuda a que puedan continuar con el proceso de la fotosíntesis y ser capaces de almacenar carbono incluso en las épocas secas, aunque de una manera no tan eficiente, las pequeñas hojas y espinas de algunos tipos de plantas minimizan la pérdida de agua por transpiración, haciendo un uso óptimo del agua, para la captura de carbono [28].

Las actividades antrópicas, llegan a tener un impacto significativo en la capacidad que puedan tener estos bosques para realizar la captura de carbono. Las prácticas sostenibles enfocadas en la protección del suelo y la cobertura vegetal, ayudan a mantener la capacidad de los bosques secos para secuestrar carbono. Como se ha mencionado en áreas protegidas como la Reserva Ecológica Arenillas, las limitaciones y reducción de las presiones antrópicas han permitido que estos bosques mantengan su función ecológica intacta y puedan continuar de forma efectiva en la captura de carbono [29].

O. Densidad de madera (DM)

La densidad de madera es la medida de la cantidad de carbono que una planta destina a su construcción estructural. Esta densidad varía entre diferentes partes de la planta, siendo menor en ramas y áreas externas del tronco y mayor en la médula del tronco. En términos científicos, se define como el cociente entre la masa del material seco (madera secada en estufa) y el volumen verde de la madera. Este concepto es importante para estimar el carbono almacenado y entender la estructura y función ecológica de la vegetación leñosa [46].

VI. METODOLOGÍA

A. Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado al Suroccidente del Ecuador, localizado en el cantón Arenillas, en la provincia de El Oro. Cuenta con una superficie de aproximadamente 810,17 km² y está ubicado dentro de la ecorregión del bosque seco tropical, una de las áreas con mayor biodiversidad de bosque seco en el país y en la región. Es una de las zonas más importantes en cuanto su riqueza biológica, por ser un ecosistema de manera singular, muy amenazados y tiene un alto grado de especies endémicas [35,36]. Una situación alarmante es que la provincia de El Oro, presenta la segunda tasa de deforestación anual más elevada en los últimos años a nivel país (6274 ha/año) [36].

La temperatura dentro del área de estudio oscila los 18 °C a 30 °C, tiene una altura de 15 m.s.n.m y presenta datos sobre precipitaciones que van desde los 1 a 1 mm / año [38].

La investigación se llevó a cabo en tres sitios considerados como representativos para nuestro estudio al sur de la provincia de El Oro, Ecuador (Figura 1), los cuales fueron seleccionados por sus características ecológicas y los diferentes niveles de perturbación que estos presentan:

1) Reserva Ecológica Arenillas

Esta área protegida en la que predominan los ecosistemas de bosque seco, con una intervención humana muy baja, pero presenta una riqueza y densidad de mastofauna elevada comparada con la diversidad de otras áreas protegidas de zonas de bosque estacionalmente seco [37].

2) Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas

Es un área con una historia de conservación, que está ubicada en la parte posterior del entorno educativo del Colegio Técnico Arenillas, lo que conlleva a una moderada intervención humana.

3) Remanente de bosque en la parroquia Palmales del canto Arenillas

Esta zona, aunque es parte de un ecosistema seco, su influencia por actividades agropecuarias como lo son la ganadería y agricultura es muy notoria, considerando así una intervención humana más notoria.

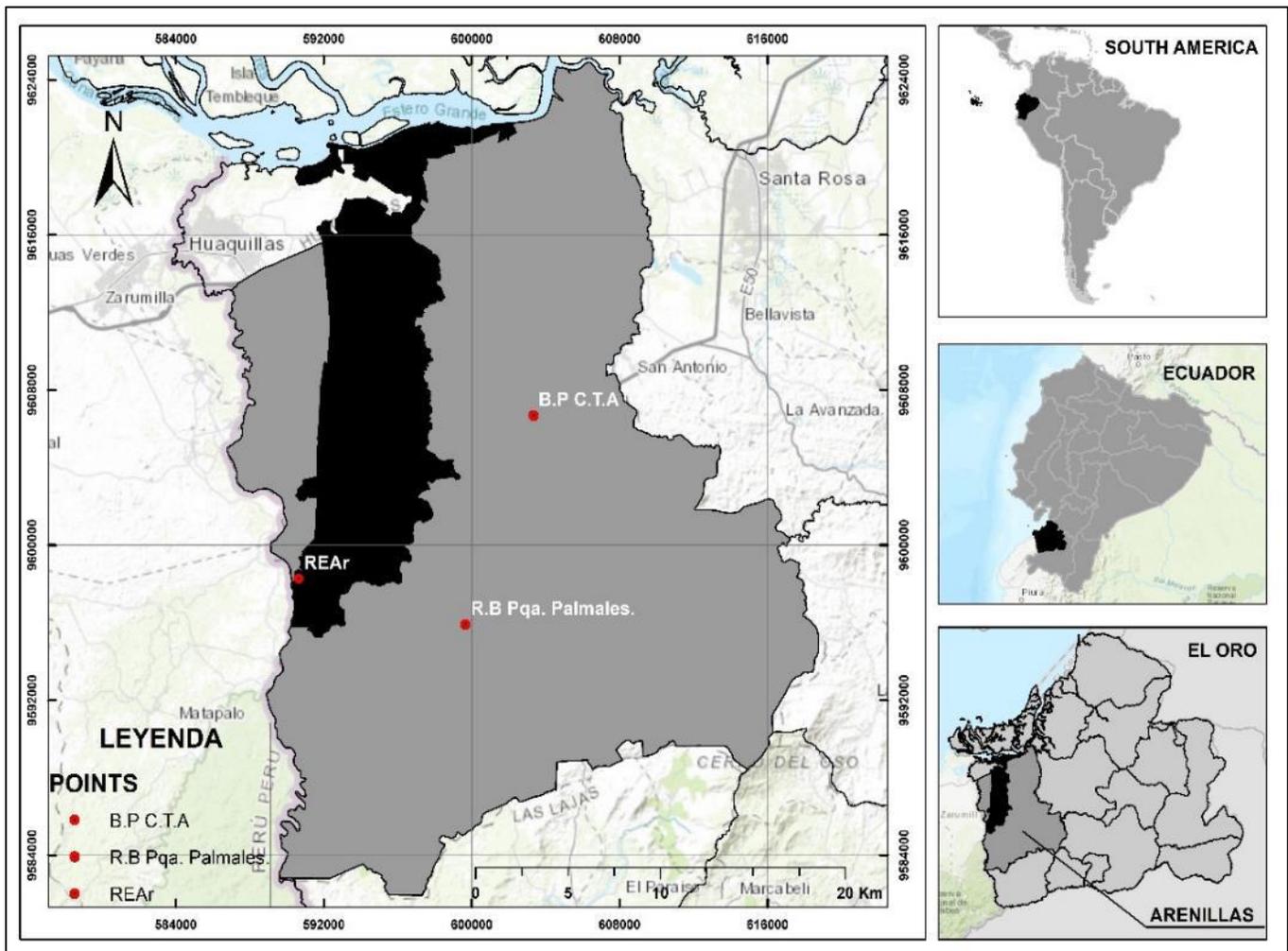


Figura 1. Mapa de Ubicación dentro del cantón Arenillas provincia de El Oro

En la Figura 2 se observa el diagrama de flujo metodológico que se visualiza las fases en las que se ha dividido la metodología, está compuesta de 4 fases principales: Fase de estado del arte, Fase de identificación y selección, Fase de campo y Fase de procesamiento y análisis de muestras.

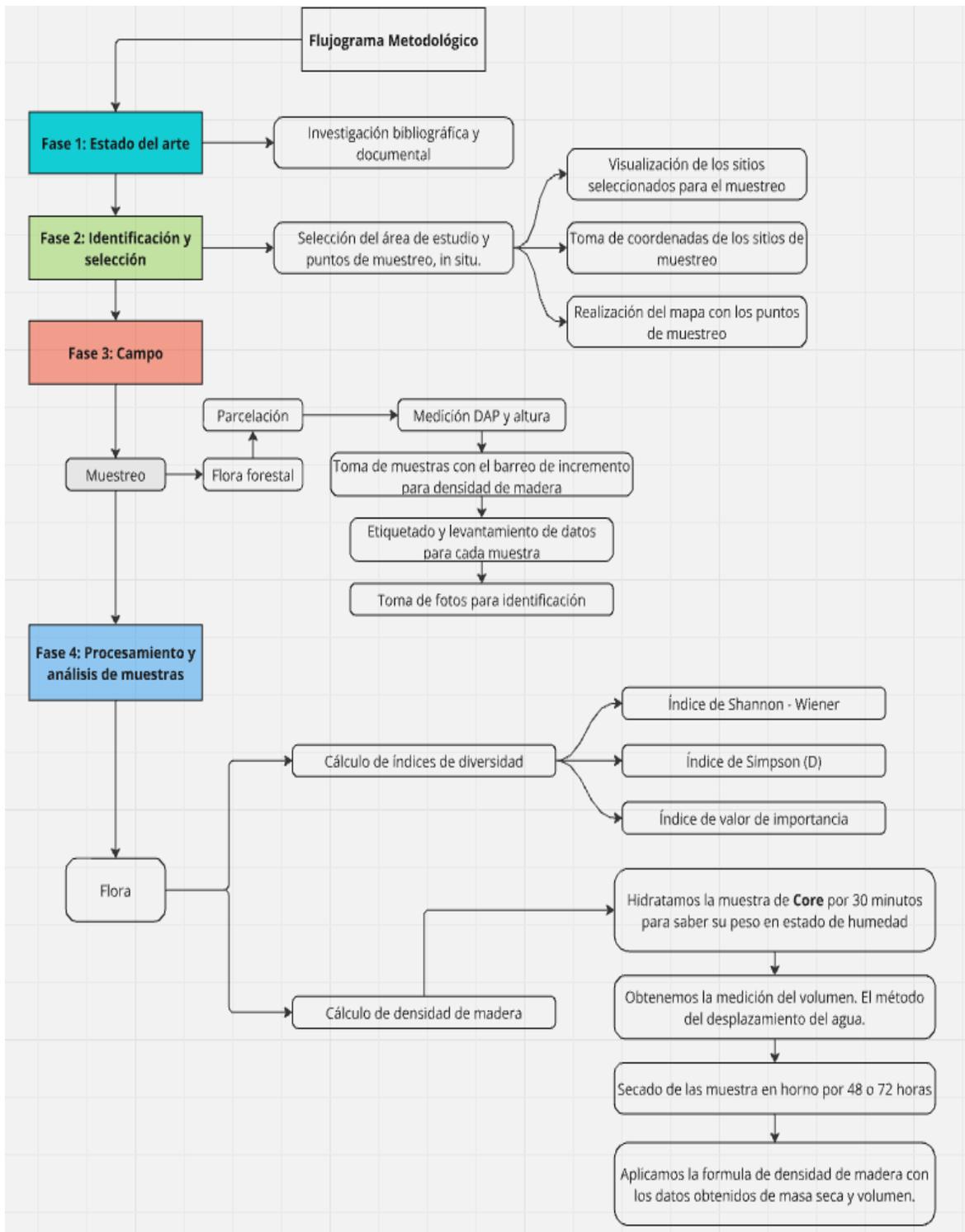


Figura 2. Diagrama de flujo

B. Herramientas y materiales

Fase 1. Estado del arte

Revisión bibliográfica y documental

- 1) App iNaturalist
- 2) Base de datos TROPICOS Y GBIF
- 3) Libros
- 5) Guías
- 6) Revistas bibliográficas
- 7) bibliotecas - Repositorios

Identificación y selección

Fase 2. Identificación y selección

Selección del área de estudio y puntos de muestreo, in situ

Herramientas	<ol style="list-style-type: none"> 1) Computadora - Laptop 2) ArcMap 10.8.2 (GIS) 3) App GPS UTM
Insumos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Internet 2) Metadatos y Geoportal Ecuador (cartografía del MAATE: Cobertura y Uso de suelo 2022, Ecosistemas, Bosque y Vegetación Protectores del Ecuador, SNAP y población cantones).

Fase 3. Campo

Herramientas de parcelación

- 1) Estacas
 - 2) Flexómetro
 - 3) Piola o cabo
-

Materiales y Herramientas de muestreo

Materiales

- 1) Ficha de datos
 - 2) Etiquetas
 - 3) Esferográficos
 - 4) Piola
 - 5) Sorbetes
 - 6) Teléfono para tomas fotográficas
-

Herramientas

- 1) Flexómetro
- 2) Barreno de incremento
- 3) Clinómetro

Fase 4. Procesamiento y análisis de muestras

Herramientas

- 1) Balanza gramera
 - 2) Recipiente plástico
 - 3) Horno de laboratorio - Estufa
 - 4) Laptop
 - 5)Bata
 - 6) Software de procesamiento de datos
-

C. Fase 1. Estado del Arte.

En la primera fase se realizó una investigación bibliográfica sobre los bosques secos. Se revisaron diferentes tipos de documentos como, repositorios, artículos científicos, libros y guías metodológicas. Siendo de gran ayuda para el muestreo a plantear.

D. Fase 2. Identificación y selección.***1) Selección del área de estudio***

Se utilizo la App **GPS UTM** para la toma de coordenadas y poderlas luego ubicar en una hoja de Excel, continuando con este proceso se realizó la visualización de los sitios de muestreo en el ArcMap 10.8.2.

Se descargo algunos archivos de tipo *shapefile* del Geo portal Ecuador ingresando al mapa interactivo MAATE, para la elaboración específica del mapa de puntos y área de muestreo [39].

Una vez que ya tenemos ubicado los puntos con las zonas de muestreo en conjunto con los archivos dentro de nuestro ArcMap 10.8.2, insertamos algunos detalles donde se logre observar que representa cada *Shapefile* polígonos y puntos (Figura 3).

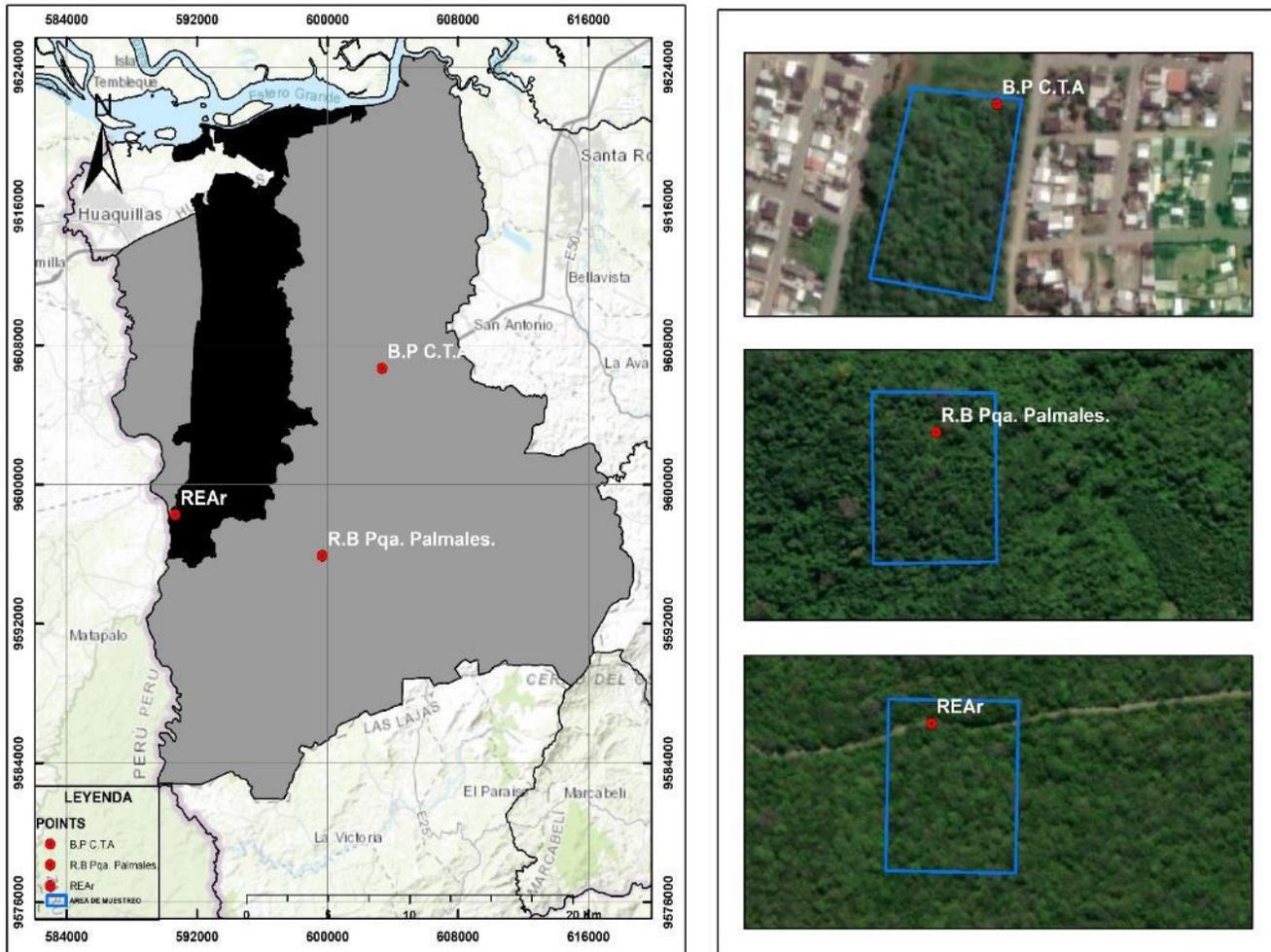


Figura 3. Mapa de área de muestreo dentro del cantón arenillas provincia de El Oro.

2) Determinación y tamaño de las parcelas.

Para la determinación de las parcelas a6 muestrear se realizó de manera in situ, observando las áreas que tengan una mayor cantidad de plantas leñosas.

En cada uno de los terrenos seleccionados se delimito una hectárea para el estudio, cada ha fue subdividida en parcelas, de 20 x20 metros (400 m²), dando así una total de 25 parcelas, siguiendo un diseño sistemático para lograr abarcar el área de una forma equitativa y poder así maximizar la representatividad del muestreo (Figura 4) [40].

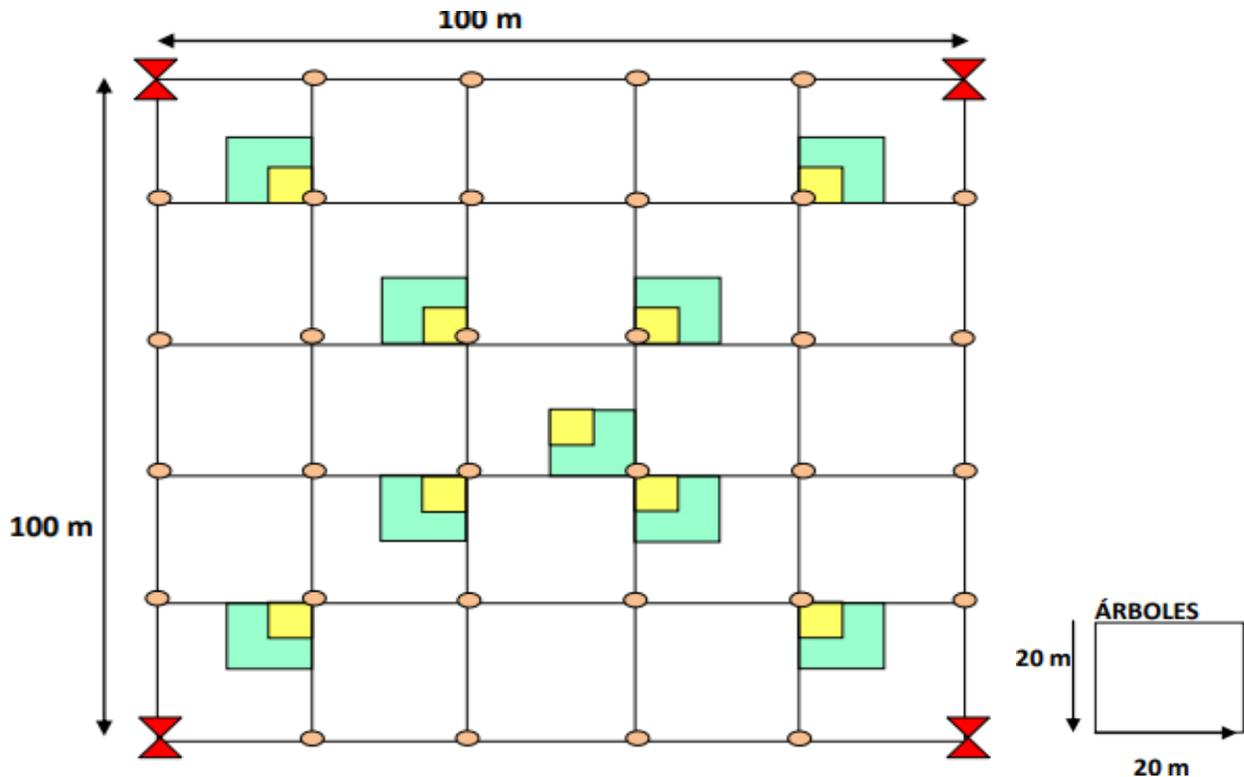


Figura 4. Área de estudio, tamaño y forma de las parcelas [40].

E. Fase 3. Campo

1) Recolección de datos

Se realizó un inventario de todas las especies leñosas que encontramos en cada una de las parcelas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 centímetros, las mediciones fueron realizadas con ayuda de una cinta métrica especializada y un clinómetro para estimar de manera más acertada la altura total de los árboles [44].

2) Registro de especies

En cada parcela se observó detenidamente cada ejemplar, considerando las características morfológicas que presentaban, tomando fotografías de las mismas, para posteriormente realizar la identificación de cada una haciendo uso de la app iNaturalist [41], en la que se sube la fotografía del árbol y se procede a realizar la identificación. Para corroborar la identificación se usó adicionalmente bases de datos de biodiversidad y flora como lo son TROPICOS Y GBIF [42,43], las cuales permitieron conocer asegurarnos y conocer cuál era la taxonomía de las especies encontradas en nuestra área de estudio.

3) *Medición de DAP*

Se midió el diámetro de cada árbol a 1.30 m del suelo aproximadamente, utilizando una cinta previamente señalada para esto [44].

4) *Estimación de altura*

Para complementar la caracterización estructural de las especies, se hizo uso de un clinómetro para conocer la altura (H) total de cada árbol seleccionado [45].

5) *Toma de muestra para Densidad de madera*

a) *Selección y preparación del árbol*

Elige un árbol adecuado fuera de las parcelas de medición, de 10 a 30 cm de diámetro a la altura del pecho (DBH). Anota la especie, el número de identificación y el DBH, después empieza limpiando la corteza en el área donde se extraerá el núcleo (core), eliminando musgos u otros materiales [46].

b) *Montaje del barreno de incremento*

Desenrosca la manivela del barreno y coloca la barra de incisión en su interior, ajustándola para iniciar la extracción [46].

c) *Extracción del núcleo*

Inicia la perforación aplicando presión con la manivela. Gira el barreno lentamente sin forzarlo, ya que la barra puede romperse en maderas densas (Figura 5). Usa una cuerda para ayudar si la madera es muy dura (Figura 6) [46].

Una vez que se alcanza la profundidad deseada, introduce la barra extractora para retirar el núcleo de madera [46].

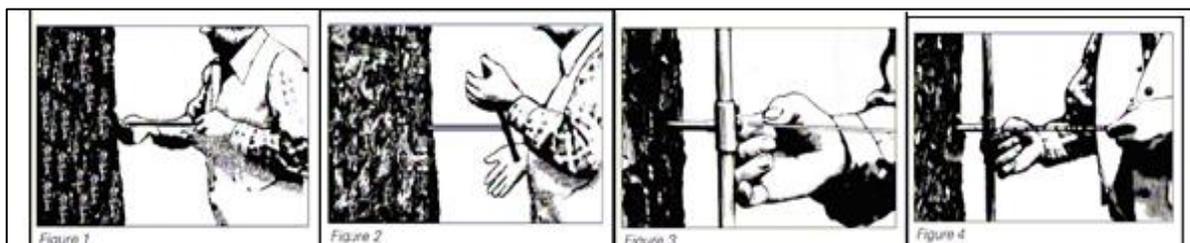


Figura 5. *Proceso de extracción de un core de madera.*

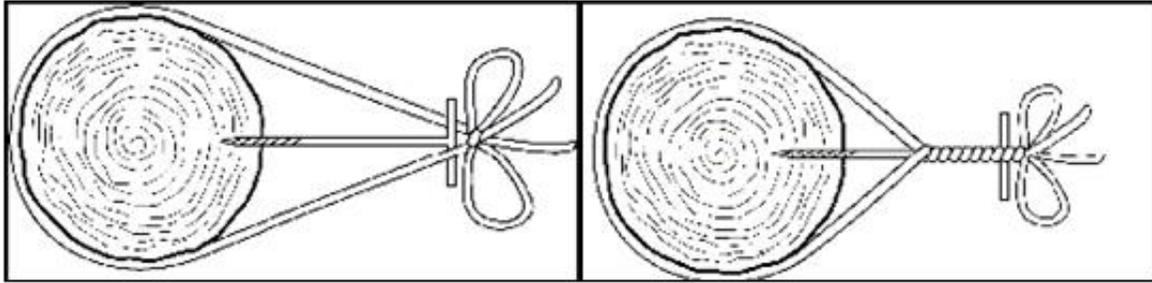


Figura 6. Empleo de una piola o cuerda para facilitar el proceso de core en la planta leñosa.

d) Almacenamiento de la muestra

Coloca el núcleo en una pajilla de plástico, tapa los extremos y etiqueta la muestra con un identificador [46].

F. Fase 4. Procesamiento y análisis de la muestra

1) Análisis de índices de diversidad.

Para evaluar la diversidad florística en los tres puntos de muestreo seleccionados, se realizó el cálculo de distintos índices de biodiversidad: Índice de Shannon-Wiener, Índice de Simpson y valor de importancia (IVI).

a) Índice de Shannon-Wiener (H)

Este índice evalúa tanto la riqueza como la equitatividad de las especies que están presentes en un ecosistema [47]. Para su cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i * \ln P_i)$$

Donde:

H es el índice de diversidad

S es el número total de especies en el sitio

P_i es la proporción de los individuos de la especie i con respecto al total de los individuos en el área

$\ln P_i$ es el logaritmo natural de la proporción de la especie

Este índice nos ayuda a obtener un valor que refleja la diversidad del sitio, donde los valores mas altos señalan una mayor diversidad, siendo así que los resultados obtenidos se pueden interpretar de la siguiente manera [48].

Diversidad baja: H entre 0 a 1.35

Diversidad media: H entre 1.36 a 3.58

Diversidad alta: H mayor a 3.58

b) Índice de Simpson (D)

Este índice mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de la muestra pertenezcan a la misma especie, con lo que se refleja la dominancia de algunas especies en la comunidad [49]. La fórmula que se usó para calcular es:

$$\sigma = \sum (P_i)^2$$

Donde:

σ es el índice de diversidad de Simpson

P_i es la proporción de los individuos de la especie (n/N)

n es el numero de individuos de la especie

N es el número total de especies

Siendo así que el índice de Simpson se presenta de la siguiente forma:

$$\lambda = 1 - \delta$$

Donde:

λ es el índice de diversidad de Simpson

δ corresponde al índice de dominancia

Los resultados del índice de Simpson se interpretan de la siguiente forma [49].

Diversidad baja: D entre 0 a 0.33

Diversidad media: *D* entre 0.34 a 0.66

Diversidad alta: *D* mayor a 0.67

c) Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia indica las especies que contribuyen significativamente a la composición y el carácter de un ecosistema. Para calcularlo, se suma la frecuencia, densidad y dominancia relativas [50].

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la sp}}{\text{Sumatoria de Frecuencias de todas las spp}} \times 100$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\# \text{ de individuos de la sp}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia de la sp}}{\text{Sumatoria de Dominancia de todas las spp}} \times 100$$

d) Densidad absoluta

Permite conocer el número de individuos por especie presentes en la comunidad [50], para lo cual se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\# \text{ total de individuos de la sp}}{\text{Total del area muestreada}} \times 100$$

e) Frecuencia absoluta

Se considera el número de veces en los que una especie se repite en una cantidad específica de parcelas, permite evaluar la contribución de las especies a la comunidad [50], para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\# \text{ de veces sp presente en las parcelas}}{\# \text{ de parcelas muestreadas}}$$

f) Dominancia absoluta

Se considera que una especie es dominante cuando influye considerablemente en la estructura de una comunidad, estas especies son ecológicamente de gran valor y muy abundantes en la comunidad [50]. Su cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Area basal}}{\text{Tamaño de parcelas muestreadas}}$$

2) Análisis de densidad de madera.

a) Preparación de la muestra

Para mantener la humedad, coloca el núcleo de madera en agua durante media hora para asegurar una distribución homogénea de la humedad [46].

b) Método de desplazamiento de agua:

Llena un recipiente con agua y colócalo en una balanza de precisión, continuando tare la balanza para ponerla en cero [46].

Introduce el núcleo de madera en el agua sin que toque los bordes ni el fondo, asegurándolo con una pinza o aguja [46].

La lectura de la balanza (peso del agua desplazada) será equivalente al volumen del núcleo en cm³ (ya que 1 g de agua equivale a 1 cm³) [46].

c) Secado de la muestra

Seca la muestra en un horno ventilado de 80 a 105 °C hasta alcanzar un peso constante, generalmente de 48 a 72 horas [46].

Pesa la muestra inmediatamente después de retirarla del horno para evitar que absorba humedad del aire [46].

d) Cálculo de la densidad

Calcula la densidad básica usando la relación entre masa seca y volumen verde [46]:

$$\text{Densidad básica} = \frac{\text{Masa seca}}{\text{Volumen verde}}$$

Este sistema nos permitirá obtener una medida precisa de la densidad de la madera para estudios de biomasa, carbono y ecología forestal [46].

e) Biomasa Aérea Total (AGB)

Para calcular la biomasa aérea total de un individuo se calcula la siguiente ecuación alométrica.

$$AGB = 0.0673 * (DM * (DAP)^2 * H)^{0.976}$$

Donde:

DM es la Densidad de madera g/cm³ o kg/m³

DAP es el diámetro a la altura del pecho (cm)

H es la altura del árbol (m)

f) Conversión de Biomasa a carbono

El almacenamiento de carbono almacenado en un árbol se determina o se logra estimar como el 50% de su biomasa

$$\text{Carbono} = AGB * 0.5$$

VII RESULTADOS

A. Composición florística y estructural

La diversidad de flora que presentan los tres puntos de muestreo, registra un total de 124 individuos de los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera, la Reserva Ecológica Arenillas 70 individuos, el Colegio Técnico Arenilla 40 individuos y el remanente de bosque de Palmales 14 individuos.

1) Especies arbóreas identificadas en el la Reserva Ecológica Arenillas

En la Tabla I están las especies de árboles identificadas en las 25 parcelas levantadas en el ecosistema de bosque seco tropical de la Reserva Ecológica Arenillas, con 70 individuos, divididos en 16 especies de las cuales pertenecen a 11 familias.

Tabla 1. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN LA REAR

Nº	Familia	Especie	Nombre Común
1	Cactaceae	<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	Cactus
2	Primulaceae	<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	Barbasco
3	Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Palo Santo
4	Fabaceae	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	Charan verde
5	Malvaceae	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	Árbol de algodón
6	Capparaceae	<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	La flor de Sebastián
7	Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	Cháran Blanco
8	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bototillo
9	Capparaceae	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	Zapote de perro
10	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Laurel
11	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	Coquito
12	Malvaceae	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	Pasallo
13	Fabaceae	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Almendro
14	Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	Guayacán
15	Fabaceae	<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	Chaquiuro
16	Rhamnaceae	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	Ébano

2) Composición florística del componente leñoso de la Reserva Ecológica Arenillas

La abundancia por especies que se logra representar en la Figura 7 es dinámico. Siendo así que la especie *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose fue la más abundante con 11 individuos representando el 15.71%, seguida de las especies *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. con 8 individuos alcanzando un porcentaje del 11.43%, *Caesalpinia glabrata* Kunth. *Ceiba trischistandra* (A. Gray) Bakh y *Ziziphus thyrsoiflora* Benth todos ellos con 6 individuos representando un porcentaje del 8.57%.

Por otra parte, las especies con valores menos abundantes (< 5 individuo por especie) fueron las siguientes: *Chloroleucon mangense* (Jacq.) Britton & Rose abarca el 5.71%, *Armatocereus cartwrightianus* (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill y *Geoffroea spinosa* Jacq. con el 4.29%; *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken, *Erythroxylum glaucum* O. E. Schulz y *Pithecellobium excelsum* (Kunth) Mart. con el 2.86% y con el 1.43% tenemos a las especies siguientes: *Bonellia sprucei* (Mez) B.Ståhl & Källersjö y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

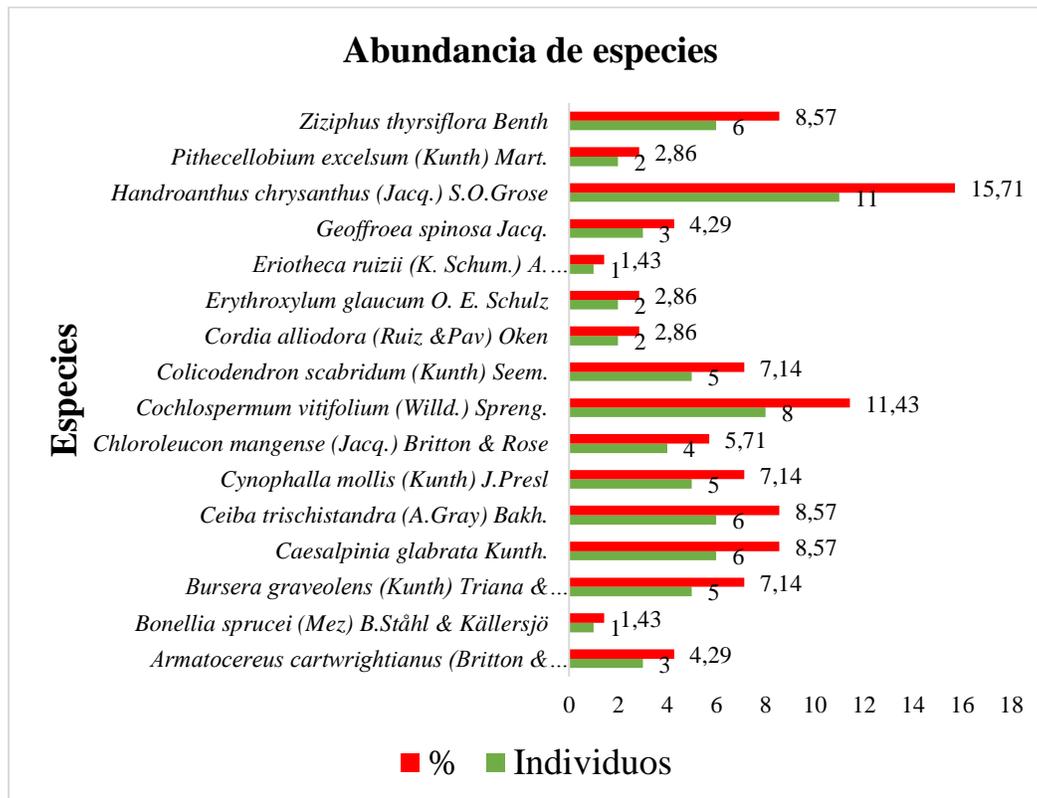


Figura 7. Abundancia de especies en la Reserva Ecológica Arenillas

3) Índice de Shannon-Wiener de la vegetación de la REAr

En la Tabla II, se presenta el índice de Shannon-Wiener, observando que la vegetación leñosa de la REAr, presenta una diversidad de 2.60 que significa una diversidad media según el rango de calificación de este índice.

Tabla 2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER EL LA REAr

Especie	Individuos	Pi	Pi*Ln(Pi)
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	3	0,04286	-0,135
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1	0,01429	-0,061
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	5	0,07143	-0,189
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	6	0,08571	-0,211
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	6	0,08571	-0,211
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	5	0,07143	-0,189
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	4	0,05714	-0,164
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	8	0,11429	-0,248
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	5	0,07143	-0,189
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	2	0,02857	-0,102
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	2	0,02857	-0,102
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	1	0,01429	-0,061
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	3	0,04286	-0,135
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	11	0,15714	-0,291
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2	0,02857	-0,102
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	6	0,08571	-0,211
Total	70	1	-2,60*-1=2,60

4) Índice de Simpson de la vegetación de la REAr

En la Tabla III, se muestran los pasos para calcular el Índice de Simpson. En esta tabla se puede observar que el índice de diversidad es igual a 0.92, confirmando que la comunidad tiene una alta equidad entre especies y ausencia de dominancia significativa. Tomando en cuenta que los valores cercanos a 1 indican que los individuos están distribuidos uniformemente, mientras que valores más bajos reflejan dominancia de pocas especies.

Tabla 3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON EN LA REAR

Especie	Individuos	Pi	Pi²
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	3	0,04286	0,00184
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1	0,01429	0,00020
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	5	0,07143	0,00510
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	6	0,08571	0,00735
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	6	0,08571	0,00735
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	5	0,07143	0,00510
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	4	0,05714	0,00327
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	8	0,11429	0,01306
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	5	0,07143	0,00510
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	2	0,02857	0,00082
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	2	0,02857	0,00082
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	1	0,01429	0,00020
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	3	0,04286	0,00184
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	11	0,15714	0,02469
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2	0,02857	0,00082
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	6	0,08571	0,00735
Total	70	1	0,08490

1 - 0,0849

ÍNDICE DE SIMPSON**0,92**

La Figura 8 muestra una comparación visual de los índices de Shannon y Simpson. Aunque ambos índices nos permiten medir la diversidad, el índice de Shannon presenta un valor más alto (2.60) debido a su escala más amplia. Por otro lado, el índice de Simpson (0.92) confirma la equidad en la distribución de los individuos.

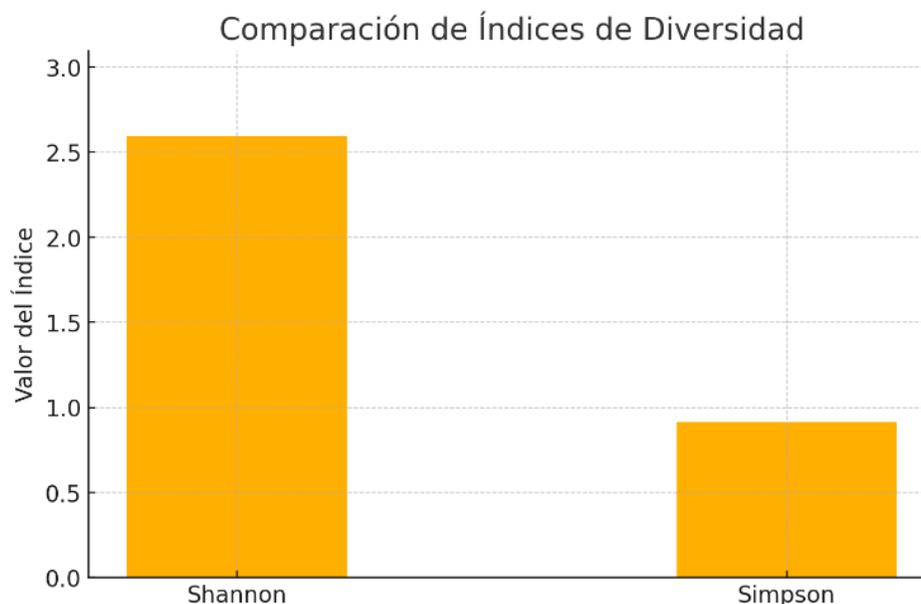


Figura 8. Comparación De Índices De Diversidad en la Reserva Ecológica Arenillas

5) Parámetros estructurales de la Reserva Ecológica Arenillas

En la Tabla IV, se encuentran representados los valores correspondientes para la determinación de la dominancia de especies (el índice de valor de importancia IVI), que involucra la frecuencia, densidad y dominancia relativas.

Tabla 4. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN LA REAR

Espece	AB(m2)	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	0,0855	4,29	6,2500	2,0236	4,19
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	0,0616	1,43	2,0833	1,4569	1,66
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	0,3525	7,14	4,1667	8,3398	6,55
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,3659	8,57	8,3333	8,6576	8,52
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	0,6985	8,57	6,2500	16,5270	10,45
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	0,1685	7,14	4,1667	3,9859	5,10
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0,3177	5,71	8,3333	7,5166	7,19
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,2761	11,43	12,5000	6,5317	10,15
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,2718	7,14	6,2500	6,4314	6,61
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	0,2432	2,86	4,1667	5,7543	4,26

<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	0,0154	2,86	4,1667	0,3642	2,46
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,1905	1,43	2,0833	4,5063	2,67
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	0,0570	4,29	2,0833	1,3495	2,57
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,0147	15,71	18,7500	24,0086	19,49
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	0,0265	2,86	4,1667	0,6262	2,55
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,0812	8,57	6,2500	1,9204	5,58
TOTAL	4,2266	100	100	100	100

Nota: AB es el área basal, FR es la frecuencia relativa, DR es la densidad relativa, DoR es la dominancia relativa y el (IVI) corresponde al índice de valor de importancia.

Las especies más importante ecológicamente dentro de la REAr son: *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose con 19.49%, *Ceiba trischistandra* (A.Gray) Bakh con 10.45% y *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. con el 10.15%. Así mismo, la especie con el valor más bajo es la *Bonellia sprucei* (Mez) B.Stähl & Källersjö con el 1.66%. En la Figura 9 se muestran las especies con mayor y menor Índice de Valor de Importancia (IVI).

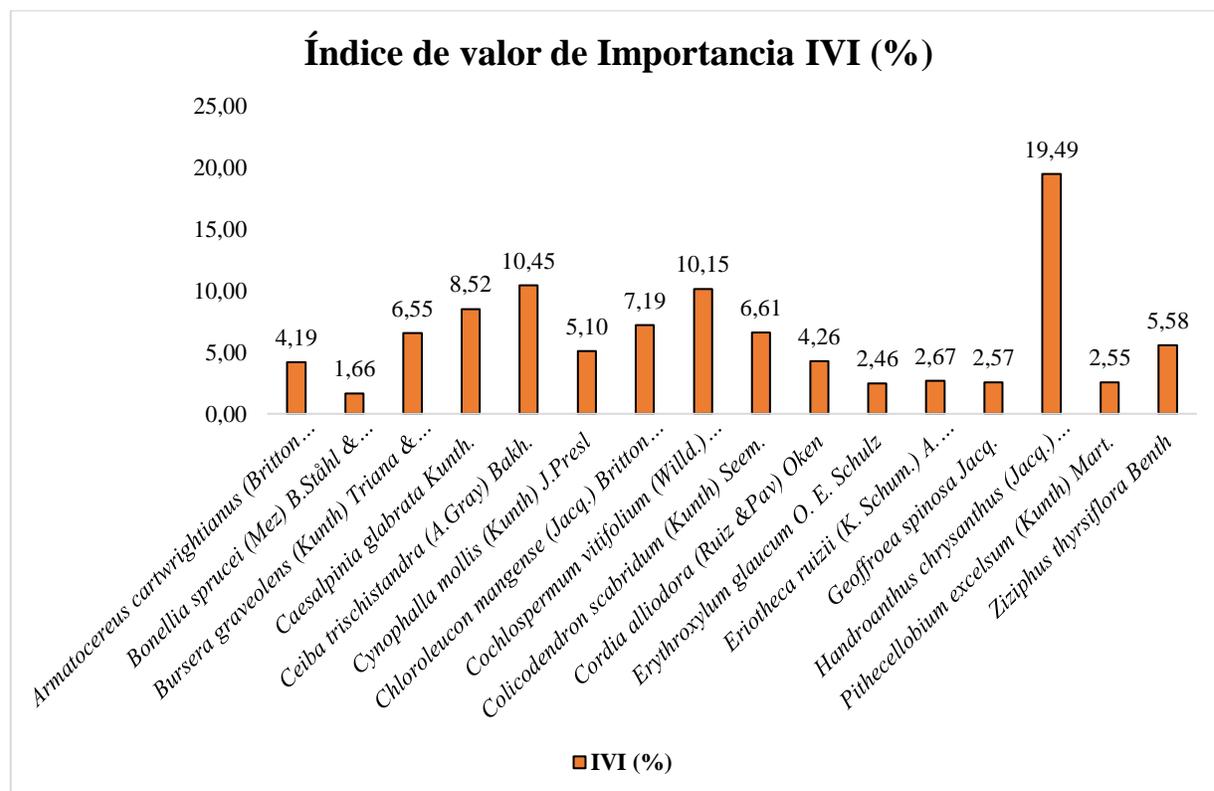


Figura 9. Índice de valor de importancia (IVI) de la REAr.

6) Especies arbóreas identificadas en el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas

En la Tabla V están las especies de árboles identificadas en las 25 parcelas levantadas en el ecosistema de bosque protector del Colegio Técnico Arenillas, con 40 individuos, divididos en 13 especies de las cuales pertenecen a 8 familias.

Tabla 5. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN EL BOSQUE PROTECTOR DEL COLEGIO TÉCNICO ARENILLAS

Nº	Familia	Especie	Nombre Común
1	Primulaceae	<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	Barbasco
2	Fabaceae	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	Charan verde
3	Malvaceae	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	Árbol de algodón
4	Capparaceae	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	Zapote de perro
5	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bototillo
6	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Laurel
7	Malvaceae	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	Pasallo
8	Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	Guayacán
9	Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Algarrobo
10	Fabaceae	<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	Chaquiro
11	Fabaceae	<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	Guachapeli
12	Fabaceae	<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo
13	Rhamnaceae	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	Ébano

7) Composición florística del Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas

En la Figura 10 la abundancia por especies que se logra representar se comporta de manera diferente para cada uno. Siendo así que la especie *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. fue la más abundante con 10 individuos representando el 25%, seguida de la *Ceiba trischistandra* (A.Gray) Bakh con 7 individuos alcanzando un porcentaje del 17.50%.

Las especies con valores menos abundantes fueron las siguientes: *Senna mollissima* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby, *Ziziphus thyrsoiflora* Benth, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A Robyns y *Colicodendron scabridum* (Kunth) Seem representando el 2.5%.

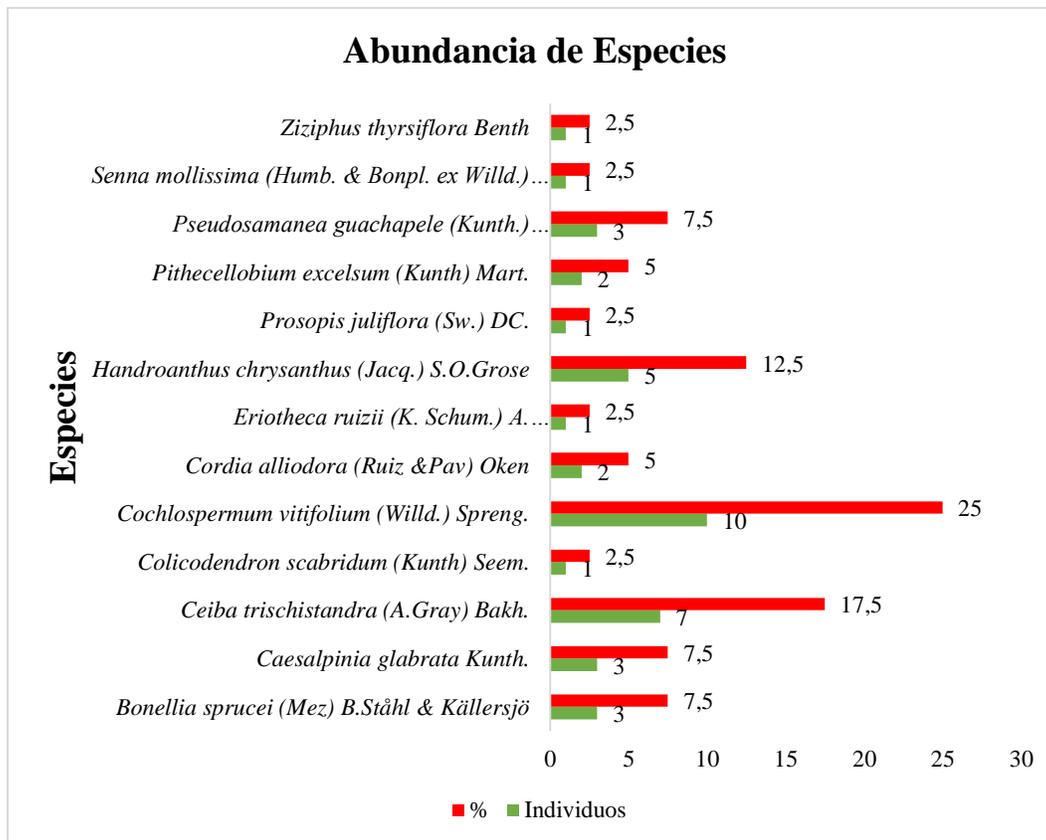


Figura 10. Abundancia de especies en el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas

8) Índice de Shannon-Wiener

En la Tabla VI, se presenta el índice de Shannon-Wiener, observando que la vegetación leñosa del Bosque protector del C.T.A. presenta una diversidad de 2.26 que significa una diversidad media según el rango de calificación de este índice.

Tabla 6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER DEL B.P.C.T.A

Especie	Individuos	Pi	Pi*Ln(Pi)
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	3	0,0750	-0,194
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	3	0,0750	-0,194
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	7	0,1750	-0,305
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	1	0,0250	-0,092
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	10	0,2500	-0,347
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	2	0,0500	-0,150
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	1	0,0250	-0,092
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	5	0,1250	-0,260

<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	1	0,0250	-0,092
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2	0,0500	-0,150
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	3	0,0750	-0,194
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	1	0,0250	-0,092
<i>Ziziphus thyrsoflora</i> Benth	1	0,0250	-0,092
Total	40	1	-2,26* 1=2.26

9) Índice de Simpson

En la Tabla VII, se muestran los pasos para calcular el Índice de Simpson. En esta tabla se puede observar que el índice de diversidad es igual a 0.87, confirmando que la comunidad tiene una elevada equidad entre especies.

Tabla 7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON B.P.C.T.A

Especie	Individuos	Pi	Pi²
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	3	0,0750	0,006
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	3	0,0750	0,006
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	7	0,1750	0,031
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	1	0,0250	0,001
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	10	0,2500	0,063
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	2	0,0500	0,003
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	1	0,0250	0,001
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	5	0,1250	0,016
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	1	0,0250	0,001
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2	0,0500	0,003
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	3	0,0750	0,006
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	1	0,0250	0,001
<i>Ziziphus thyrsoflora</i> Benth	1	0,0250	0,001
Total	40	1	0,13
			1 - 0,13
ÍNDICE DE SIMPSON			0,87

Los índices de Shannon y Simpson que se pueden apreciar de manera visual en la Figura 11 nos permiten medir la diversidad, el índice de Shannon presenta un valor más alto

2.26 debido a su escala más dinámica y el índice de Simpson 0.87 indicando que la comunidad tiene una elevada equidad entre especies.

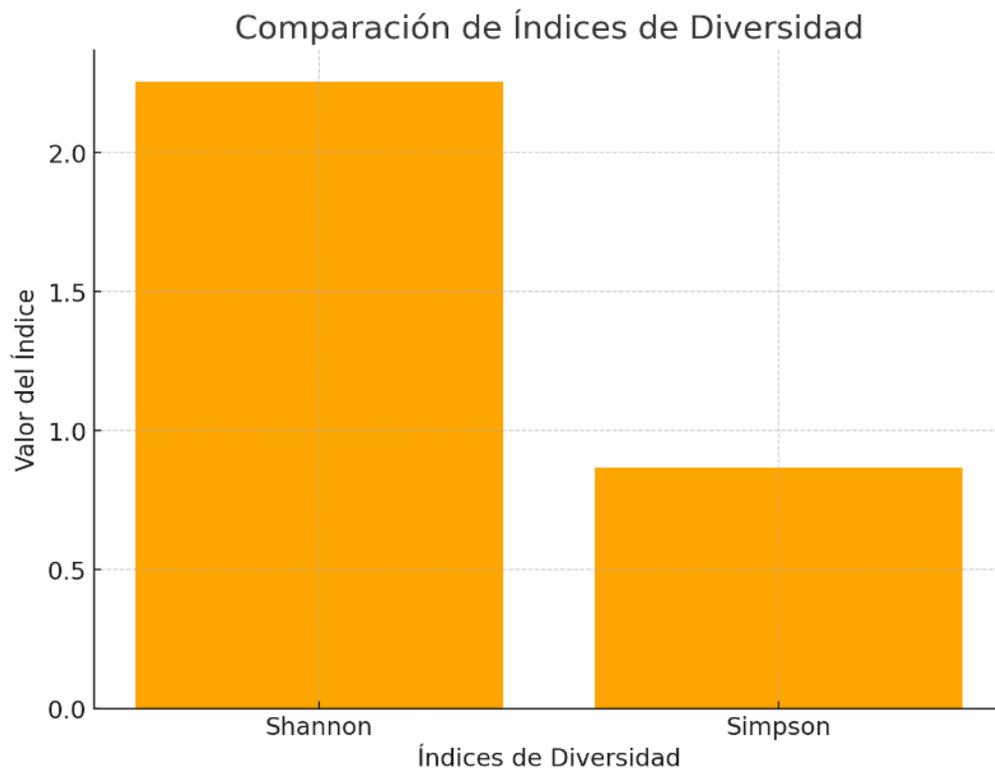


Figura 11. Comparación De Índices De Diversidad en el B.P.C.T.A

10) Parámetros estructurales del Colegio Técnico Arenillas

En la Tabla VIII, se encuentran representados los valores correspondientes para la determinación de la dominancia de especies (el índice de valor de importancia IVI), que involucra la frecuencia, densidad y dominancia relativas.

Tabla 8. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN EL B.P.C.T.A

Especie	AB(m2)	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	0,3464	7,5	11,5385	2,50439	7,18
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,1719	7,5	7,6923	1,24311	5,48
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	4,4336	17,5	15,3846	32,05729	21,65
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,0755	2,5	3,8462	0,54574	2,30
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	5,2154	25	19,2308	37,71062	27,31

<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	0,1712	5	3,8462	1,23800	3,36
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,0491	2,5	3,8462	0,35493	2,23
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	0,3042	12,5	7,6923	2,19943	7,46
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0,2827	2,5	3,8462	2,04440	2,80
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2,2619	5	7,6923	16,35518	9,68
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	0,2963	7,5	7,6923	2,14264	5,78
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	0,1257	2,5	3,8462	0,90862	2,42
<i>Ziziphus thyrsoflora</i> Benth	0,0962	2,5	3,8462	0,69566	2,35
TOTAL	13,8302	100	100	100	100

Nota: AB es el área basal, FR es la frecuencia relativa, DR es la densidad relativa, DoR es la dominancia relativa y el (IVI) corresponde al índice de valor de importancia.

En la Figura 12 se muestran las especies con mayor y menor Índice de Valor de Importancia (IVI). Las especies más importantes ecológicamente dentro del B.P.C.T.A son: *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. con el 27.31% y la *Ceiba trischistandra* (A.Gray) Bakh con 21.65%. Así mismo, la especie con el valor más bajo es la *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns representa el 2.23%.

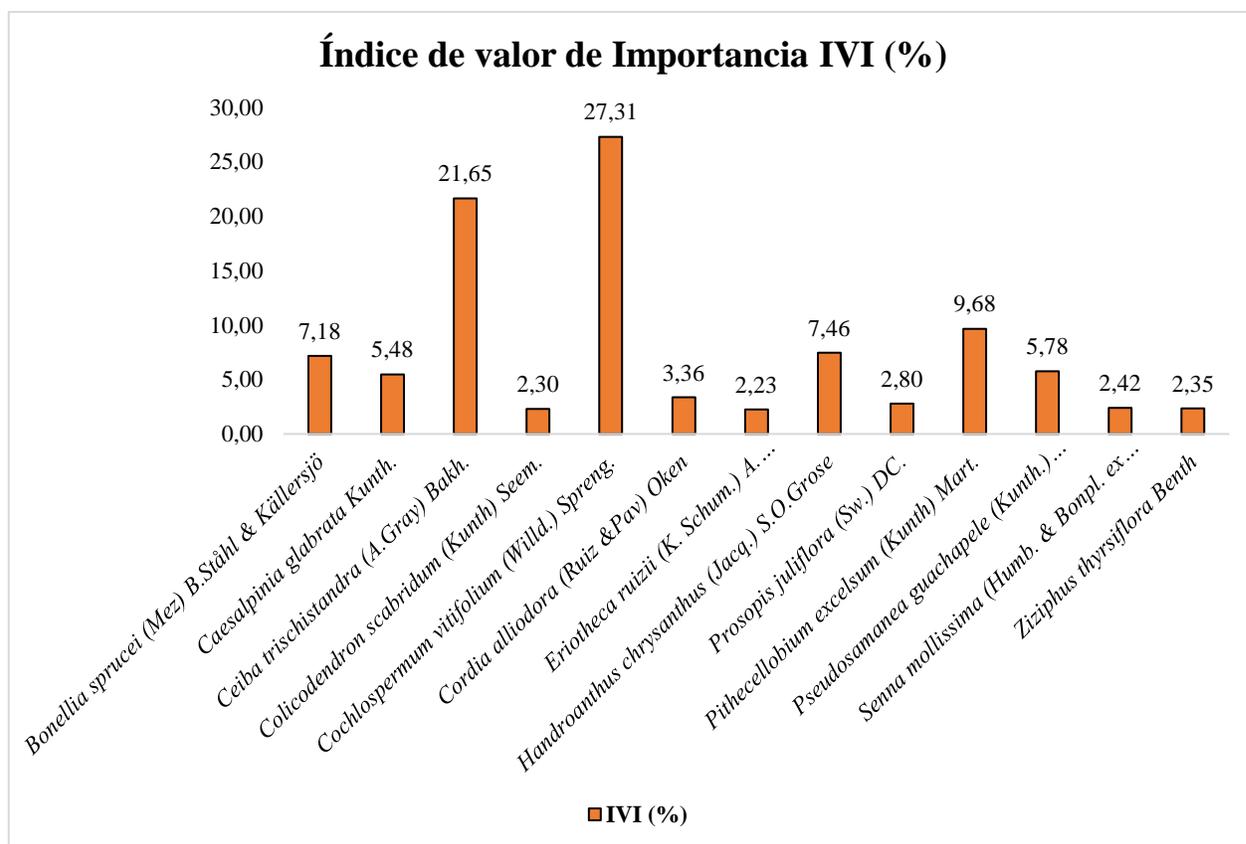


Figura 12. Índice de valor de importancia (IVI) del B.P.C.T.A.

11) Especies arbóreas identificadas en el remanente de Bosque parroquia Palmales

En la Tabla IX están las especies de árboles identificadas en las 25 parcelas levantadas en el remanente de bosque de la parroquia Palmales, logrando obtener 14 individuos, divididos en 6 especies de las cuales pertenecen a 5 familias. Este es uno de los puntos de muestreo de los cuales solo hubo especies leñosas en 13 parcelas de las 25.

Tabla 9. ESPECIES LEÑOSAS IDENTIFICADAS EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES

Nº	Familia	Especie	Nombre común
1	Primulaceae	<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Stähl & Källersjö	Barbasco
2	Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bototillo
3	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Laurel
4	Fabaceae	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Porotillo
5	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázimu
6	Fabaceae	<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo

12) Composición florística del remanente de Bosque parroquia Palmales

En la Figura 13 la abundancia por especies se logra representar de manera heterogénea. La especie *Guazuma ulmifolia* Lam. fue la más abundante con 4 individuos representando el 28.57%, seguida de la *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken con 3 individuos alcanzando un porcentaje del 21.43%.

Las especies menos abundantes fueron las siguientes: *Senna mollissima* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby, *Erythrina velutina* Willd y *Bonellia sprucei* (Mez) B.Ståhl & Källersjö con el 14.29% y por último tenemos la *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. Que representa el 7.14%.

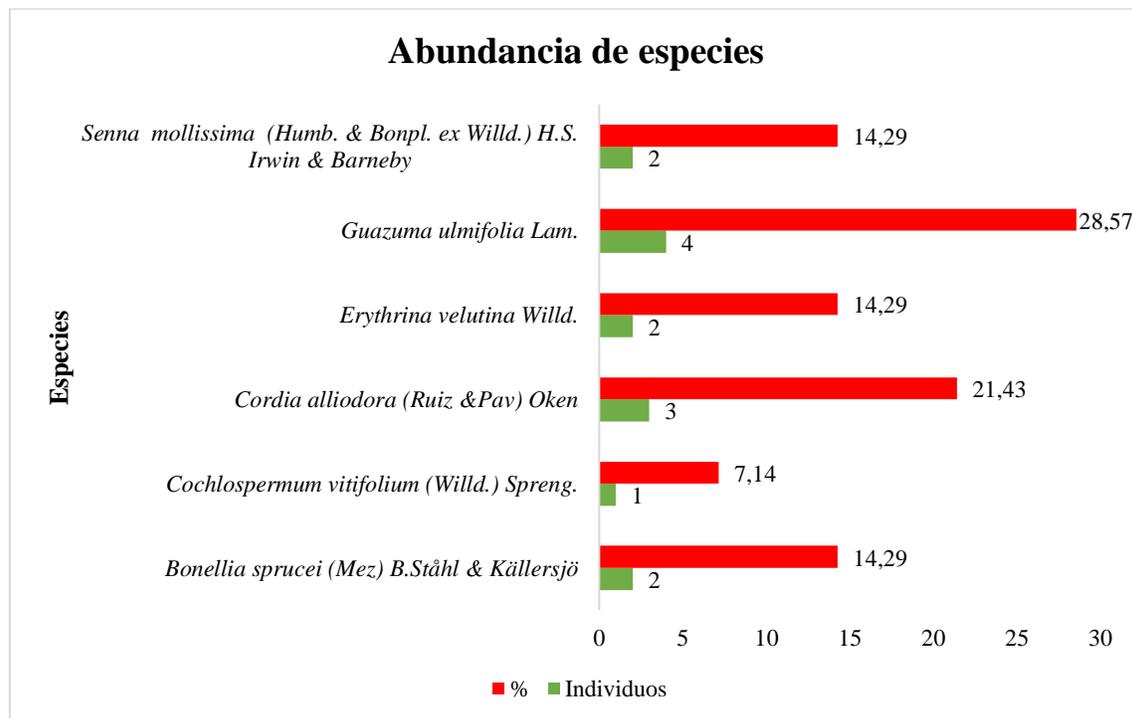


Figura 13. Abundancia de especies en el remanente de bosque de Palmales

13) Índice de Shannon-Wiener

En la Tabla X, se presenta el índice de Shannon-Wiener, observando que la vegetación leñosa del remanente de bosque presenta una diversidad de 1.71 que significa una diversidad moderada según el rango de calificación de este índice.

Tabla 10. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON-WIENER EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES

Especie	Individuos	Pi	Pi*Ln(Pi)
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	2	0,14286	-0,278
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0,07143	-0,189
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	3	0,21429	-0,330
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	2	0,14286	-0,278
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0,28571	-0,358
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	2	0,14286	-0,278
TOTAL	14	1	-1,71*- 1=1.71

14) Índice de Simpson

En la Tabla XI, se muestran los pasos para calcular el Índice de Simpson. En esta tabla se puede observar que el índice de diversidad es igual a 0.81, confirmando que ninguna especie domina ampliamente.

Tabla 11. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SIMPSON EN EL REMANENTE DE BOSQUE DE LA PARROQUIA PALMALES

Especie	Individuos	Pi	Pi ²
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	2	0,14286	0,02041
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0,07143	0,00510
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	3	0,21429	0,04592
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	2	0,14286	0,02041
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0,28571	0,08163
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	2	0,14286	0,02041
TOTAL	14	1	0,19388
			1-0.19388
ÍNDICE DE SIMPSON			0,81

La Figura 14 muestra una comparación visual de los índices de Shannon y Simpson. Aunque ambos índices nos permiten medir la diversidad, el índice de Shannon presenta un valor más alto 1.71. Por otro lado, el índice de Simpson es de 0.81.

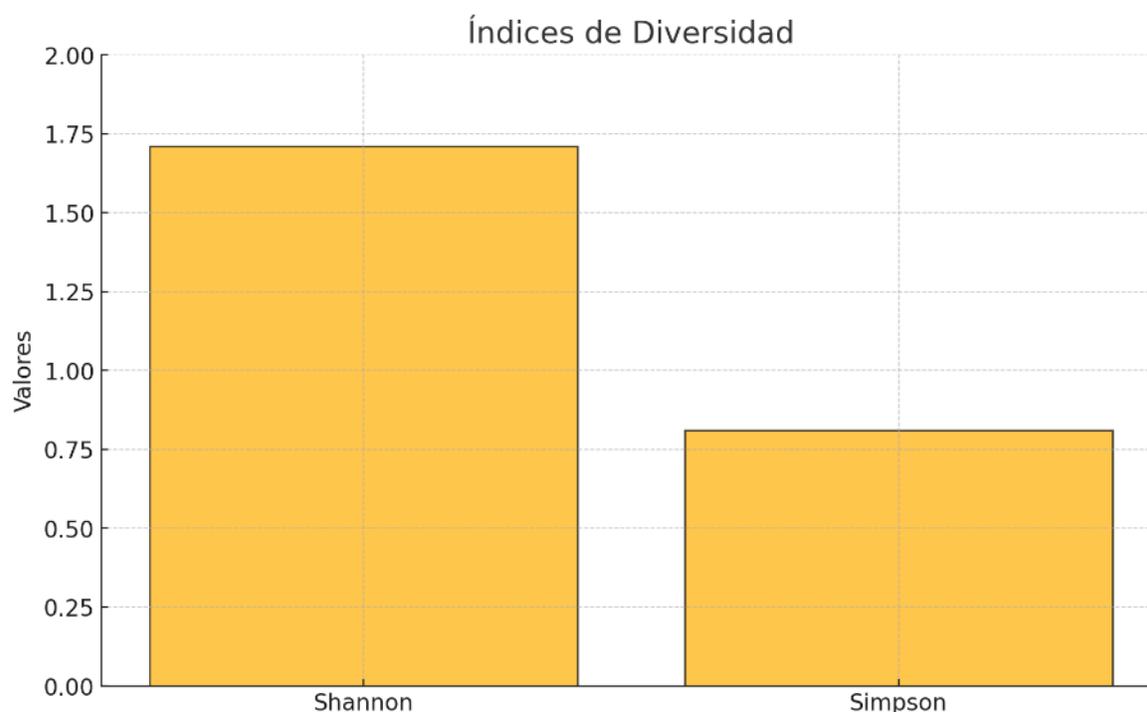


Figura 14. Comparación De Índices De Diversidad del R.B.P.P

15) Parámetros estructurales del remanente de Bosque parroquia Palmales

En la Tabla XII, se encuentran representados los valores correspondientes al remanente de bosque situado en la parroquia palmales, las que nos permitirán determinar la dominancia de especies (el índice de valor de importancia IVI), que involucra la frecuencia, densidad y dominancia relativas

Tabla 12. DETERMINACIÓN DEL IVI POR ESPECIE EN EL R.B.P.P

Especie	AB(m2)	DR (%)	FR (%)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	0,069	14,286	15,385	3,3891	11,020
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,126	7,143	7,692	6,1340	6,990
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	0,119	21,429	15,385	5,7852	14,199
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	1,272	14,286	15,385	62,1070	30,592
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0,329	28,571	30,769	16,0673	25,136
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	0,134	14,286	15,385	6,5174	12,063
TOTAL	2,049	100	100	100	100

Nota: AB es el área basal, FR es la frecuencia relativa, DR es la densidad relativa, DoR es la dominancia relativa y el (IVI) corresponde al índice de valor de importancia.

En la Figura 15 se muestran las especies con mayor y menor Índice de Valor de Importancia (IVI). Las especies más importante ecológicamente dentro del remanente de bosque en la parroquia de Palmales son: *Erythrina velutina* Willd con el 30.59% y el *Guazuma ulmifolia* Lam. La con el 25.13%. Así mismo, la especie con el valor más bajo es la *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng. que representa el 6.99%.

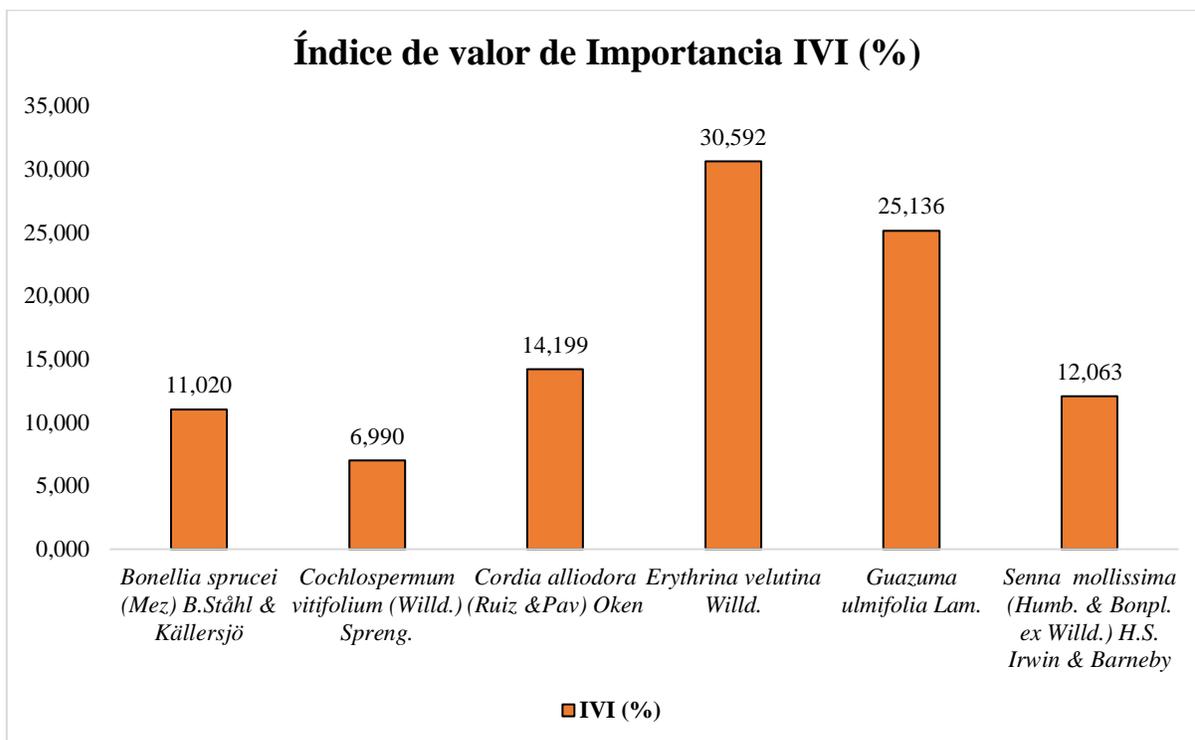


Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) del R.B.P.P.

B. Comparaciones de la estructura de los 3 bosques secos de la provincia de El Oro.

1) Diversidad de Especies

En la Figura 16 se puede observar los datos de los tres sitios de muestreo de los cuales se encuentran representados de la siguiente manera: La Reserva Ecológica Arenillas cuenta con una diversidad media con un índice de Shannon de 2.60 y un índice de Simpson de 0.92. La especie más abundante es *Handroanthus chrysanthus* con 15.71% de los individuos, le sigue el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas, con un índice de Shannon de 2.26 y un índice de Simpson de 0.87. La especie más abundante es *Cochlospermum vitifolium* con

un 25% y por último tenemos el remanente de Bosque en Palmales con una diversidad moderada de Shannon de 1.71 y un índice de Simpson de 0.81. La especie más abundante es *Guazuma ulmifolia* con 28.57%.

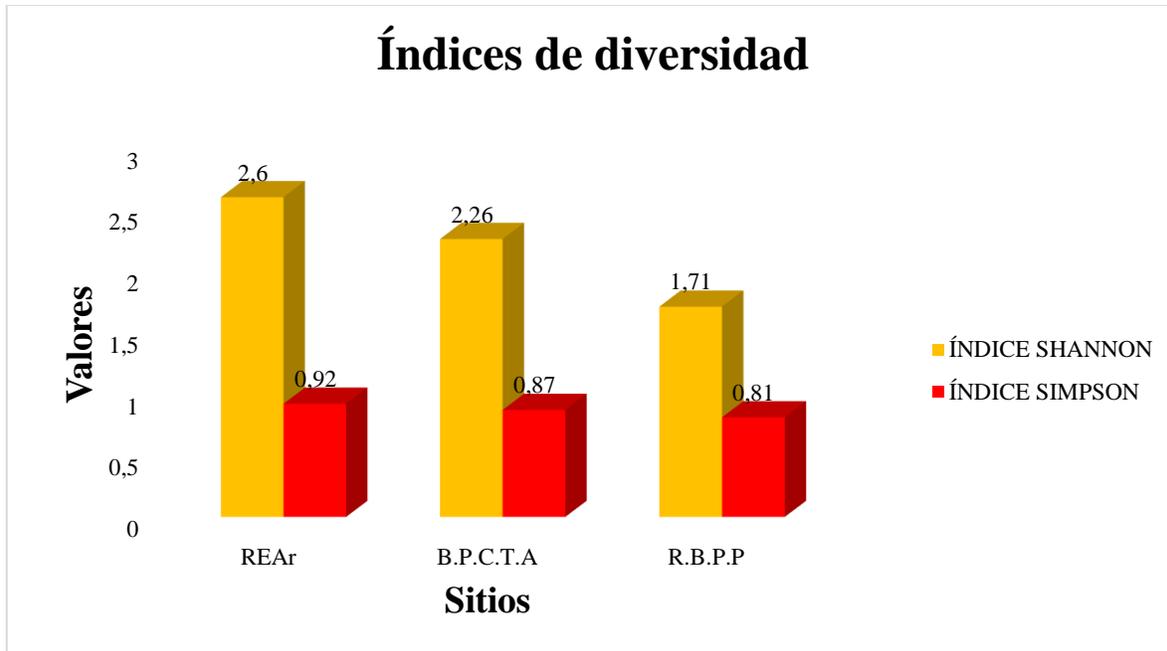


Figura 16. Índice de diversidad en los tres sitios de muestreo.

2) Distribución de DAP

La distribución de individuos por categoría de DAP en los tres bosques se puede visualizar en la Figura 17 destacando varios tipos de distribución de DAP:

- **Categoría < 10 cm:** Representa los árboles más jóvenes o pequeños, predominantes en bosques con alta regeneración o perturbación.
- **Categoría 10-20 cm y 20-50 cm:** Indican árboles en fases intermedias y maduros, más comunes en bosques menos alterados.
- **Categoría > 50 cm:** Representa árboles grandes y maduros, típicos de bosques con menor intervención antrópica.

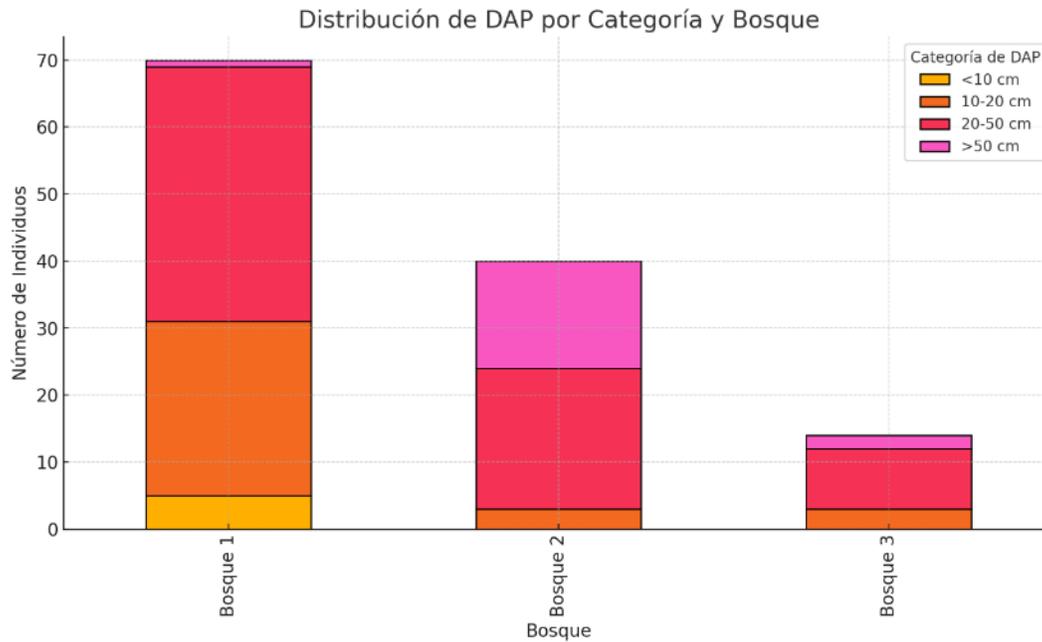


Figura 17. Distribución de DAP por Categoría y sitio.

3) Área basal

El área basal total para cada bosque refleja la biomasa estructural y la madurez del bosque (Figura 18):

- **Reserva Ecológica Arenillas:** Área basal moderada, indicando un bosque diverso y estructurado.
- **Bosque protector del Colegio Técnico Arenillas:** Mayor área basal, posiblemente debido a la presencia de árboles de mayor diámetro.
- **Remanente de bosque Palmales:** Menor área basal, reflejando un bosque más joven o alterado.

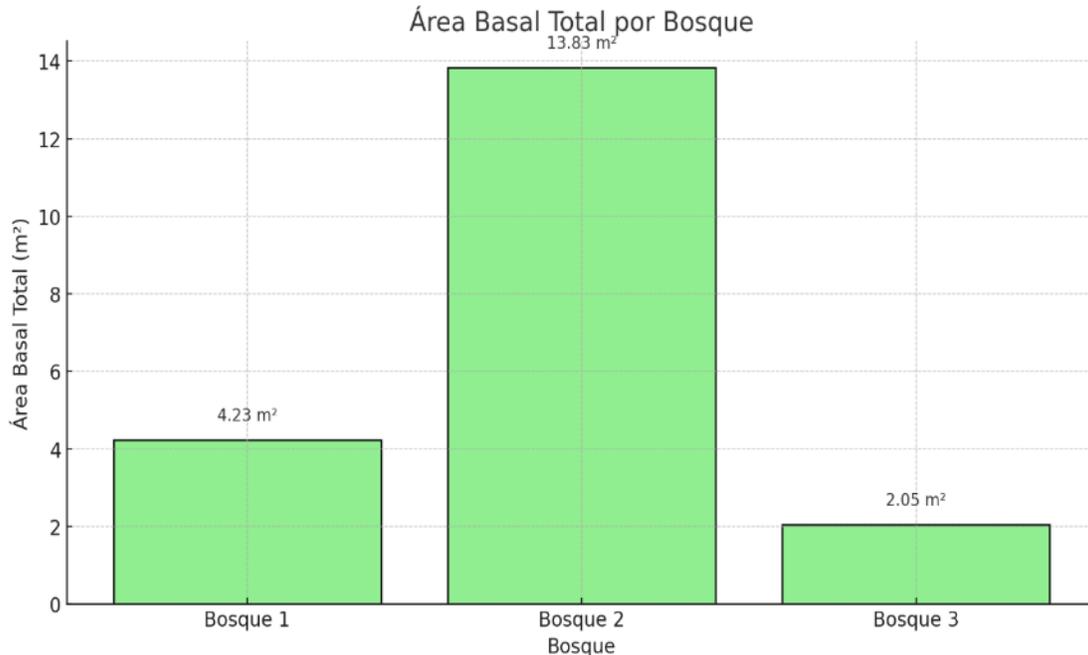


Figura 18. Área basal total por lugar de muestreo.

4) Análisis de correlación y los modelos de regresión.

La Figura 19 representa un gráfico de dispersión que muestra la relación entre el DAP y la altura en los bosques, junto con las líneas de regresión para cada uno: Las correlaciones entre el DAP y la altura en cada lugar reflejan cómo estas variables estructurales están relacionadas en los distintos sitios:

- **B.P.C.T.A:** Coeficiente de correlación: 0.84. Existe una fuerte correlación positiva entre el DAP y la altura, indicando que a medida que aumenta el DAP, también lo hace la altura de los árboles en este sitio
- **REAr:** Correlación moderada 0.56, lo que sugiere una relación entre el DAP y la altura, pero con variabilidad y la línea de regresión tiene una pendiente moderada, reflejando una relación menos fuerte entre DAP y altura.
- **R.B.P.P:** Correlación fuerte 0.86, indicando que el DAP es un buen predictor de la altura en este bosque y la línea de regresión es más ajustada a los datos, indicando una relación más predecible entre las variables.

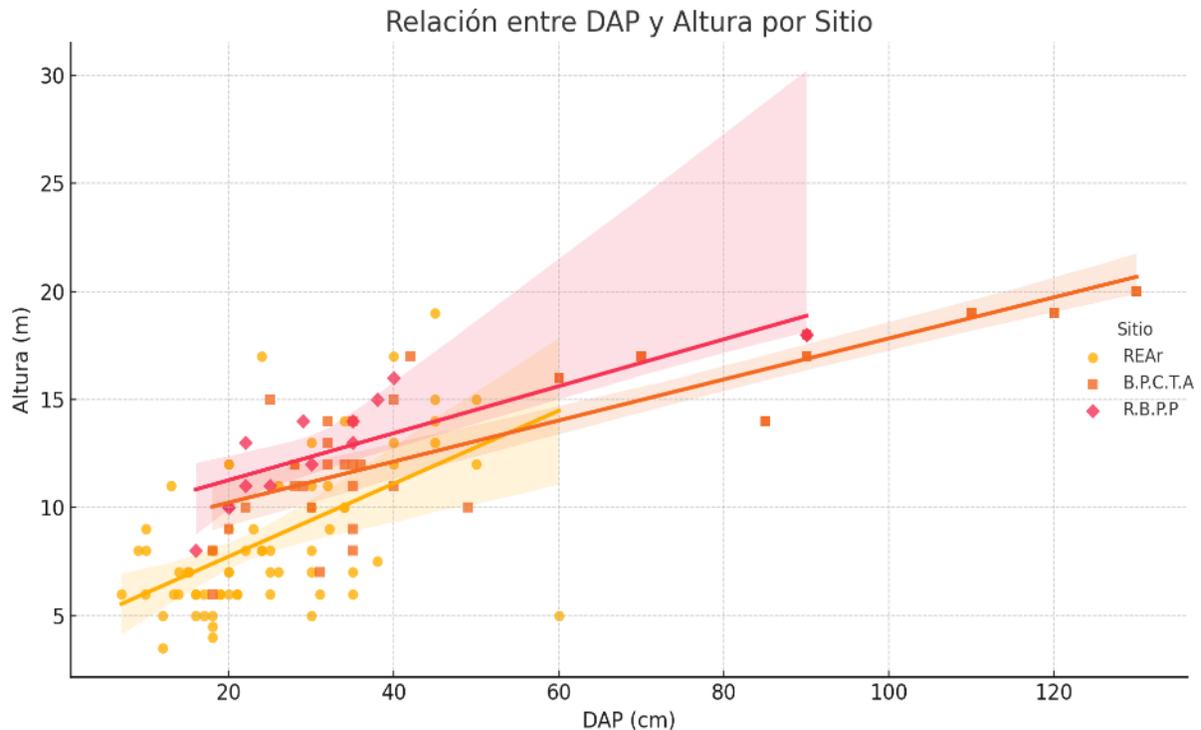


Figura 19. Relación entre DAP y H.

5) Índice de Valor de Importancia (IVI)

Este gráfico de barras muestra el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies dominantes en cada bosque (Figura 20):

- **Reserva Ecológica Arenillas (REAr):** *Handroanthus chrysanthus* es la especie más importante 19.49%, seguida por *Cochlospermum vitifolium* 10.15% y la diversidad de especies clave sugiere un ecosistema menos alterado.
- **Bosque Protector Colegio Técnico Arenillas:** *Cochlospermum vitifolium* lidera con 27.31%, seguido por *Ceiba trischistandra* 21.65% por lo que una alta dominancia de estas especies indica un posible impacto de actividades humanas.
- **Remante de bosque de la parroquia Palmales:** *Erythrina velutina* 30.59% y *Guazuma ulmifolia* 25.13% dominan ampliamente.

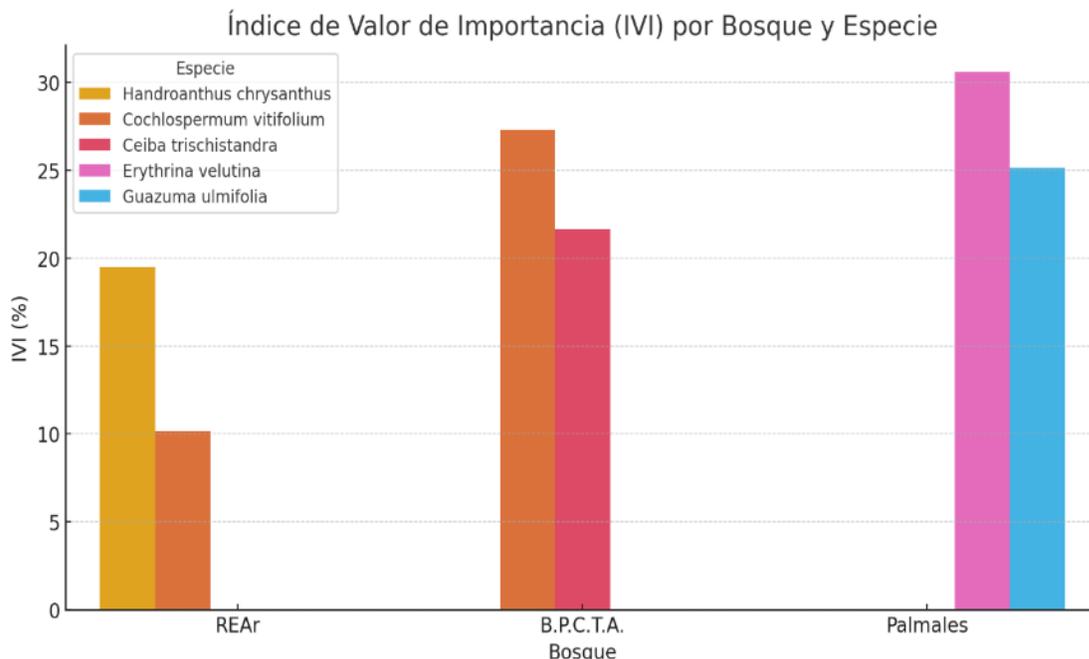


Figura 20. (IVI) por sitio y especie más importante.

C. Estimaciones de captura de carbono almacenado

1) Densidad de Madera

En la Tabla XIII se presentan los valores de densidad de madera obtenidos a partir de los datos recolectados en campo y laboratorio, los cuales permitirán calcular el almacenamiento de carbono mediante la aplicación de ecuaciones alométricas. La densidad de madera de las especies leñosas de la Reserva Ecológica Arenillas muestra un comportamiento dinámico.

Tabla 13. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DE LA REAr

Espece	Volumen fresco (cm ³)	Peso seco (g)	Densidad de madera g/cm ³
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,355	0,195	0,549
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,356	0,746	0,550
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,038	0,571	0,550
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,873	0,480	0,550
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,450	0,248	0,551
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	0,694	0,382	0,550

<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,459	0,252	0,549
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	1,156	0,536	0,464
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,986	0,442	0,448
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,959	0,517	0,539
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,713	0,322	0,452
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,682	0,305	0,447
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	0,720	0,296	0,411
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	0,263	0,135	0,513
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	0,277	0,152	0,549
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,767	0,322	0,420
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,444	0,224	0,505
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,806	0,343	0,426
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	2,344	0,750	0,320
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	1,931	0,852	0,441
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	1,261	0,594	0,471
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	0,925	0,409	0,442
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	1,402	0,551	0,393
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	0,726	0,289	0,398
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	0,897	0,273	0,304
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,933	0,513	0,265
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,480	0,522	0,353
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	1,216	0,463	0,381
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,174	0,624	0,532
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	1,682	0,721	0,429
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,589	0,659	0,415
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,469	0,785	0,534
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	1,298	0,667	0,514
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,693	0,910	0,538
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,811	0,941	0,520
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,875	0,371	0,424
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0,666	0,333	0,500
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,762	0,386	0,507
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,509	0,179	0,352
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,799	0,219	0,274

<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,349	0,187	0,536
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	1,994	1,053	0,528
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	0,299	0,163	0,545
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	0,998	0,439	0,440
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,561	0,309	0,551
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	1,423	0,733	0,515
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0,290	0,160	0,552
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	0,531	0,262	0,493
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,502	0,816	0,543
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,687	0,920	0,545
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	1,968	0,982	0,499
<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	1,318	0,625	0,474
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	1,010	0,456	0,451
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,789	0,214	0,271
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	2,000	0,990	0,495
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,941	0,903	0,465
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	2,707	0,939	0,347
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	0,978	0,318	0,325
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,933	0,458	0,491
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	1,329	0,631	0,475
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presl	1,105	0,508	0,460
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,386	0,112	0,290
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	0,341	0,168	0,493
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,715	0,293	0,410
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1,276	0,701	0,549
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	1,576	0,667	0,423
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	1,102	0,451	0,409
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,420	0,681	0,480
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	1,459	0,602	0,413
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,835	0,259	0,310

En la Tabla XIV se detallan los valores de densidad de madera del B.P.C.T.A. Estos resultados son clave para estimar el almacenamiento de carbono en esta área de muestreo. La

dinámica de la densidad de madera en las especies leñosas de esta región resalta la variabilidad ecológica y su importancia en la evaluación de los servicios ecosistémicos.

Tabla 14. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DEL B.P.C.T.A

Especie	Volumen fresco (cm ³)	Peso seco (g)	Densidad de madera g/cm ³
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	0,220	0,101	0,459
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0,350	0,112	0,320
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,790	0,293	0,371
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,500	0,258	0,516
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,940	0,184	0,196
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,760	0,318	0,181
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,950	0,381	0,195
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,480	0,290	0,196
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,150	0,196	0,170
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,970	0,350	0,178
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,630	0,258	0,410
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	0,640	0,113	0,177
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1,070	0,546	0,510
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	1,020	0,200	0,196
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,670	0,178	0,107
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,540	0,151	0,098
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	1,970	0,324	0,164
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	2,420	0,234	0,097
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	2,220	0,621	0,280
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	1,540	0,287	0,186
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	2,450	0,427	0,174
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth.) Harms.	1,650	0,891	0,540
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,890	0,178	0,200
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,840	0,157	0,187
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,140	0,130	0,114
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,540	0,238	0,441
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,400	0,266	0,665
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	0,330	0,198	0,600

<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	2,210	0,836	0,378
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,280	0,196	0,700
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1,220	0,211	0,173
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,730	0,146	0,200
<i>Ziziphus thrysiflora</i> Benth	1,640	0,906	0,552
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,670	0,148	0,221
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,780	0,163	0,209
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1,710	0,584	0,342
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	2,060	0,719	0,349
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	2,830	0,909	0,321
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,780	0,771	0,433
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,720	0,285	0,166

En la Tabla XV se observa que los datos obtenidos sobre la densidad de madera son complejos, destacándose que esta área de muestreo presenta la menor cantidad de individuos por hectárea.

Tabla 15. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MADERA DEL R.B.P.P

Espece	Volumen fresco (cm ³)	Peso seco (g)	Densidad de madera g/cm ³
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1,860	0,882	0,474
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1,810	0,795	0,439
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,280	0,636	0,497
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,660	0,733	0,442
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1,070	0,319	0,298
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	1,010	0,559	0,553
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	0,770	0,417	0,542
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	0,560	0,109	0,195
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1,430	0,738	0,516
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	1,720	0,731	0,425

<i>Erythrina velutina</i> Willd.	1,900	0,709	0,373
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	2,360	1,014	0,430
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,920	0,165	0,179
<i>Bonellia sprucei</i> (Mez) B.Ståhl & Källersjö	1,410	0,645	0,457

2) Carbono almacenado

La Figura 21 representa la biomasa total kg y el carbono total kg almacenados en cada uno de los sitios: Donde el B.P.C.T.A es el sitio con mayor biomasa 18.436.52 kg y carbono almacenado 9.218.26 kg. La REAr presenta valores intermedios, con una biomasa total de 9.740.86 kg y un carbono almacenado de 4.870.43 kg y por último tenemos el remanente de bosque de la parroquia palmales con valores más bajos, con una biomasa total de 5,629.16 kg y carbono almacenado de 2,814.58 kg, esto sugiere menor densidad de árboles o menor eficiencia de las especies presentes.

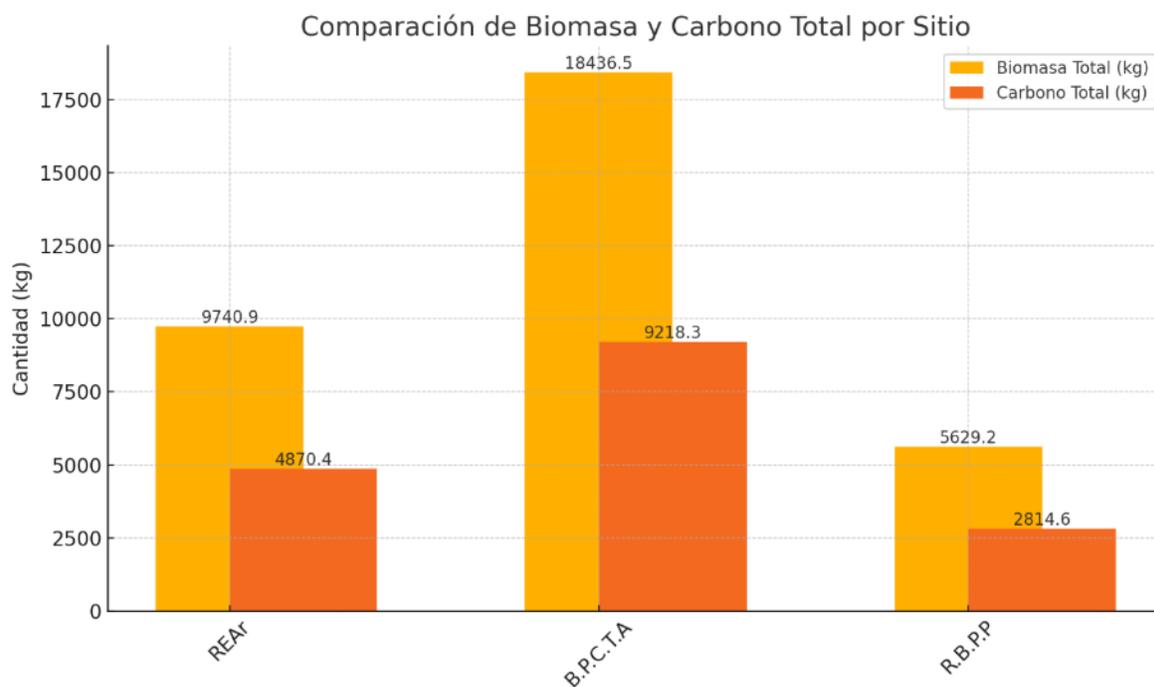


Figura 21. Biomasa y Carbono total

La siguiente Figura 22 visualiza la dispersión y variabilidad del carbono almacenado en los tres sitios, indicando medianas y valores extremos (atípicos). La REAr tiene una mediana de carbono almacenado intermedia, pero presenta valores atípicos altos, lo que indica que

algunas especies almacenan significativamente más carbono que otras. El B.P.C.T.A tiene la mediana más alta y una distribución más amplia, lo que refuerza su posición como el sitio con mayor capacidad de captura y el R.B.P.P tiene la mediana más baja, con menor dispersión, indicando que las especies tienen menor variabilidad en su capacidad de captura.

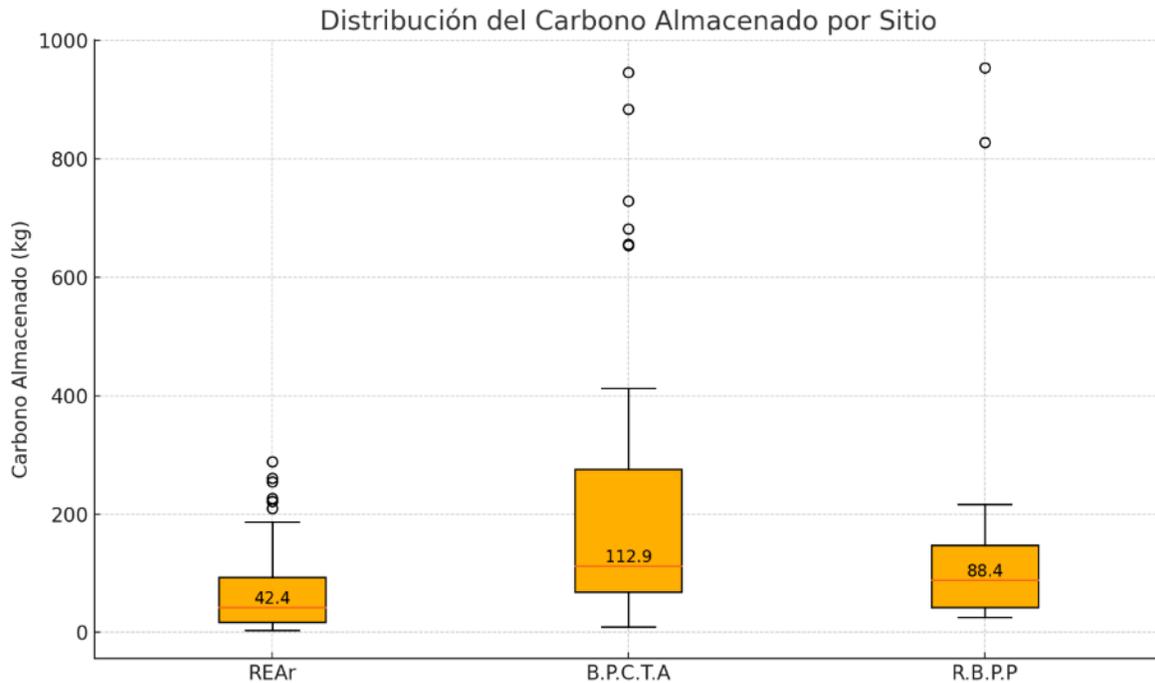


Figura 22. Carbono almacenado por sitio.

La Figura 23 analiza cómo el DAP influye en la cantidad de carbono almacenado en cada sitio. Existe una relación positiva: a mayor DAP, mayor carbono almacenado. La REAr y B.P.C.T.A muestran árboles con diámetros mayores, lo que explica sus mayores capacidades de almacenamiento de carbono. Por otra parte, el R.B.P.P tiene puntos concentrados en diámetros más pequeños, lo que sugiere menor madurez o desarrollo de las especies.

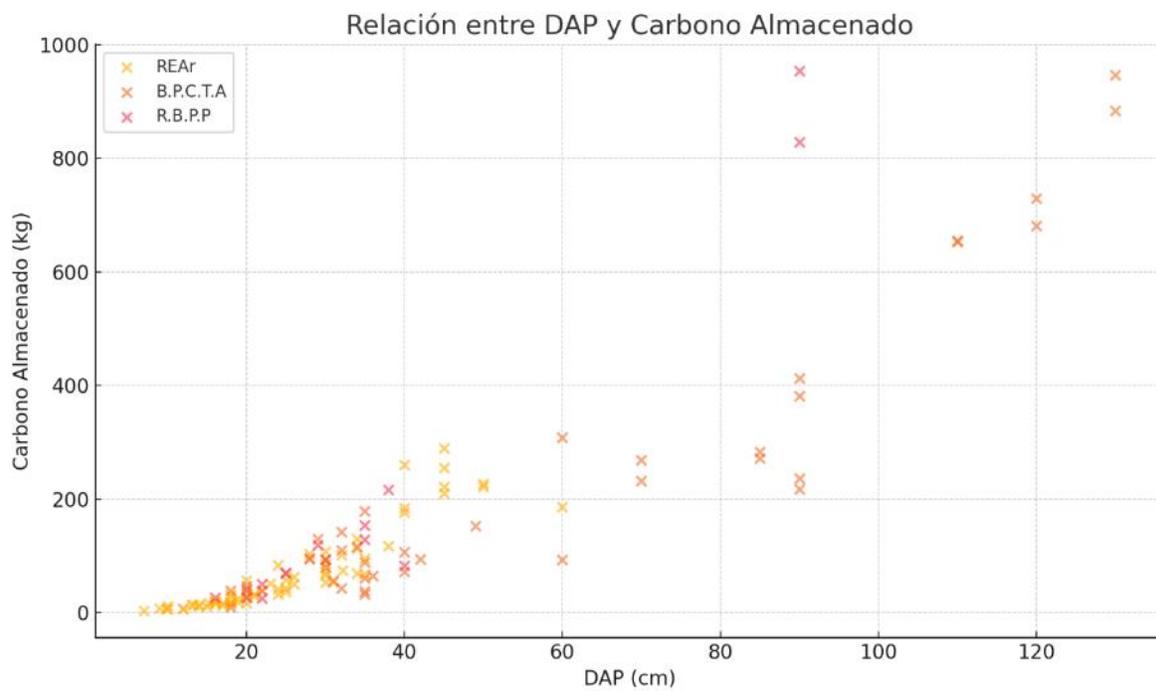


Figura 23. Relación DAP y C. almacenado

VIII DISCUSIÓN

A. Diversidad florística y estructural

Los tres lugares de muestreo nos proporcionan una visión sobre la diversidad y complejidad de los bosques secos. La Reserva Ecológica Arenillas presentó una diversidad media, evidenciada por un índice de Shannon de 2.60 y un índice de Simpson de 0.92, lo que indica que es un ecosistema estructurado de manera equilibrada, con una alta equidad en la distribución de especies. Según el estudio de la composición florística en la REAr, los fanerófitos predominan en este ecosistema, lo que respalda su estructura bien conservada y su funcionalidad ecológica equilibrada [56]. Por otro lado, el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas obtuvo un índice de Shannon de 2.26 y un índice de Simpson de 0.87, reflejando cierta presión antrópica. Actividades humanas como la deforestación, la expansión agrícola y la ganadería son comunes en áreas cercanas a zonas urbanas y contribuyen significativamente a la fragmentación del hábitat y la disminución de la diversidad biológica [7,56]. Finalmente, el remanente de bosque en Palmales mostró los valores más bajos, con un índice de Shannon de 1.71 y un índice de Simpson de 0.81, lo que indica el impacto negativo que tienen las actividades humanas sobre la composición de un ecosistema. La fragmentación y pérdida de cobertura vegetal afectan la estructura del ecosistema, aumentando su vulnerabilidad y reduciendo la equidad en la distribución de especies [7,56].

La composición florística refuerza esta interpretación, ya que especies dominantes como *Handroanthus chrysanthus* en la REAr y *Cochlospermum vitifolium* en el Bosque del Colegio reflejan ecosistemas relativamente estables. En contraste, en Palmales prevalecen especies pioneras como *Guazuma ulmifolia*, característica de áreas alteradas. Estos resultados coinciden con los patrones observados en áreas protegidas y perturbadas de los bosques secos ecuatorianos, los cambios en la composición y estructura de los ecosistemas están relacionados con actividades humana quienes destacan el impacto de las actividades antropogénicas en la diversidad y estructura de los ecosistemas forestales [57,58,65].

B. Parámetros Estructurales

La estructura de los bosques mediante los parámetros seleccionados, reflejan diferencias notables en los tres sitios de estudio. El bosque del colegio presenta un área basal mayor, lo cual está asociada a la predominancia de especies de gran tamaño, *Cochlospermum*

vitifolium, en contraste con el remanente de bosque que presentó un área basal menor, con especies más pequeñas y de menor densidad de individuos. Estas diferencias en la estructura de los ecosistemas están directamente relacionadas a la influencia que tiene las actividades humanas en la configuración de los bosques, como lo describen en un estudio sobre bosques secos perturbados [59]. Sin embargo, análisis estructurales realizados en el bosque seco tropical (Bs-T) del sector La Pila Vieja en el valle Sancán, Manabí, Ecuador explica que conocer la composición florística, estructura y endemismo permiten medir la diversidad e interpretar el estado real de conservación de la flora de un sector determinado [66].

La relación que existe entre el DAP y la altura de los árboles dejó en evidencia patrones interesantes, en la REAr y el bosque del colegio, existió una correlación positiva fuerte, lo que se asocia a un desarrollo estructural más avanzado, por otro lado, Palmales, tiene una relación menos consistente, reflejando así un ecosistema que está en recuperación o degradado lo que coincide con la información obtenida sobre estudios de la influencia de las actividades humanas en los bosques secos [60].

C. Captura de Carbono

La capacidad que presentan los bosques para capturar carbono es un indicador clave de la funcionalidad que tiene un ecosistema. El bosque del colegio técnico presentó una mayor biomasa 18436.52 kg y carbono almacenado 9218.26 kg seguido por la REAr 9740.86 kg de biomasa y 4870.43 kg de carbono almacenado, esto implica que son ecosistemas más estables, a comparación del remanente de bosque en Palmales cuyos valores fueron biomasa 5629.16 kg y 2814.58 kg carbono, reflejando, así como las actividades humanas influyen en la capacidad de almacenamiento de carbono que pueda tener un ecosistema [61].

El bosque protector del Colegio Técnico Arenillas, pese a no formar parte de las áreas protegidas de Ecuador, destaca la importancia de designar espacios para la conservación, siendo este también una herramienta en la lucha de la protección y conservación. Este tipo de bosques demuestra que es posible integrar la conservación con actividades humanas controladas, siempre y cuando se sepa implementar las estrategias de manejo adecuadas. Estudios resaltan la importancia de los bosques protectores en zonas de transición, ya que estos actúan como corredores ecológicos y brindan un refugio a especies nativas, aun en zonas con influencia humana directa [61].

El bosque protector aporta valores significativos en términos de captura de carbono, llegando incluso a superar a la REAr, lo que refuerza la importancia de estos espacios para la mitigación del cambio climático. Su diversidad florística con especies como *Cochlospermum vitifolium* y *Ceiba trischistandra* evidencia el potencial que tienen para procesos ecológicos fundamentales. Este hallazgo sugiere que los esfuerzos en conservación no deben estar limitados a áreas protegidas, sino que se deben incluir bosques con protección parcial, fomentando la colaboración entre las comunidades locales, las instituciones educativas y autoridades ambientales.

Estos resultados están alineados a un estudio realizado en 2021 que menciona la relación directa que existe entre la densidad de madera, área basal y captura de carbono en bosques secos [62]. Además, el menor rendimiento en la capacidad de almacenar carbono del bosque en Palmales refleja la necesidad de implementar estrategias de restauración ecológica en áreas degradadas [63].

Los resultados en esta investigación tienen implicaciones importantes para la conservación y el manejo sostenible de los bosques secos del sur de El Oro. La REAr debe continuar siendo priorizada como un núcleo de biodiversidad y un importante sumidero de carbono, en contraste el B.P.C.T.A. requiere medidas de manejo que permitan su uso con la preservación de sus recursos forestales, el R.B.P.P debido a su evidente estado de degradación las intervenciones deben incluir reforestación con especies nativas y practicas sostenibles de uso del suelo, para que este se pueda recuperar [61].

La conexión que existe entre la estructura del bosque, su diversidad y la captura de carbono refuerza la necesidad de crear políticas integrales en conservación con el desarrollo sostenible [64]. Los enfoques basados en la restauración ecológica y la conectividad con el paisaje son esenciales para aumentar la resiliencia de los bosques secos frente al cambio climático y las presiones antropogénicas [61].

IX CONCLUSIONES

- Los tres sitios estudiados presentan diferencias significativas en la composición florística y estructura vertical, influenciadas por el nivel de conservación y las actividades antrópicas. La Reserva Ecológica Arenillas REAr tiene la mayor diversidad y complejidad estructural, con especies dominantes como *Handroanthus chrysanthus* y un índice de Shannon-Wiener de 2.60, indicando diversidad media. El Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas BPCTA también mantiene una diversidad media 2.26, destacando especies como *Ceiba trichistandra* y *Cochlospermum vitifolium*. Por el contrario, en Palmales, la baja diversidad 1.78 y predominancia de especies pioneras como *Guazuma ulmifolia* reflejan una estructura simplificada y degradada.
- Las actividades antrópicas tienen un impacto diferenciado en los tres ecosistemas. En la REAr, la baja intervención humana ha permitido conservar una estructura compleja y equilibrada, evidenciada por la mayor riqueza de especies leñosas. El BPCTA combina conservación y manejo, logrando una regeneración moderada, presentando la mayor área basal. En Palmales, la influencia de la agricultura y ganadería ha reducido significativamente la cobertura vegetal, afectando la distribución del DAP y la estructura vertical.
- La capacidad de captura de carbono varía entre los sitios, con los valores más altos en el BPCTA, donde especies de gran porte como *Ceiba trichistandra* contribuyen a un área basal elevada y alta biomasa. En la REAr, especies longevas como *Handroanthus chrysanthus* aportan significativamente al almacenamiento de carbono a largo plazo. En Palmales, la limitada biomasa y la predominancia de especies de rápido crecimiento restringen su capacidad para almacenar carbono, destacando la necesidad de restauración ecológica.

X RECOMENDACIONES

- Fortalecer la conservación en la REAr utilizando las medidas de protección en la Reserva Ecológica Arenillas, que es clave para preservar su alta biodiversidad y capacidad de captura de carbono, minimizando las intervenciones humanas que puedan alterar su equilibrio.
- Fomentar el manejo comunitario en el Bosque Protector del Colegio Técnico Arenillas, promoviendo programas de regeneración natural y aumentando la participación local para fortalecer su capacidad de captura de carbono y biodiversidad.
- Implementar restauración ecológica en el Remanente de Bosque de la Parroquia Palmales priorizando proyectos de restauración, como la reintroducción de especies nativas de alto valor ecológico, y aplicar prácticas de manejo sostenible para recuperar la estructura vegetal y mejorar la capacidad de almacenamiento de carbono en el sitio.

REFERENCIAS

- [1] B. B. N. Strassburg et al., “Global priority areas for ecosystem restoration”, *Nature*, vol. 586, n.º 7831, pp. 724–729, octubre de 2020. Accedido el 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9>
- [2] C. A. Rivas, J. Guerrero-Casado y R. M. Navarro-Cerillo, “Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: Impact on conservation”, *Forest Ecosyst.*, vol. 8, n.º 1, julio de 2021. Accedido el 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00329-5>
- [3] X. Haro-Carrión, J. Johnston y M. J. Bedoya-Durán, “Landscape structure and seasonality: Effects on wildlife species richness and occupancy in a fragmented dry forest in coastal Ecuador”, *Remote Sens.*, vol. 13, n.º 18, p. 3762, septiembre de 2021. Accedido el 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/rs13183762>
- [4] G. N. Daskalova et al., “Landscape-scale forest loss as a catalyst of population and biodiversity change”, *Science*, vol. 368, n.º 6497, pp. 1341–1347, junio de 2020. Accedido el 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1126/science.aba1289>
- [5] MAATE. “Bosque Seco ecuatoriano es parte de la Red Mundial de Reservas de Biosfera de la UNESCO” – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Accedido el 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ambiente.gob.ec/bosque-seco-ecuatoriano-es-parte-de-la-red-mundial-de-reservas-de-biosfera-de-la-unesco/>
- [6] A. D. Luna Florín, A. W. S. Asanza, J. E. M. Maza, y J. E. C. Figueroa, «Biomasa forestal y captura de carbono en el bosque seco de la Reserva Ecológica Arenillas», *Revista Científica Agroecosistemas*, vol. 9, n.º 2, pp. 140-146, sep. 2021, [En línea]. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/480/457>
- [7] A. D. Luna Florin, A. W. Sánchez Asanza, J. E. Maza Maza, y J. E. Castillo Figueroa, “Índices de diversidad florística forestal en la Reserva Ecológica Arenillas,” *Revista Científica Agroecosistemas*, vol. 10, no. 1, pp. 96–103, Apr. 2022. [Online]. Available: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

- [8] L. Miles et al., «A global overview of the conservation status of tropical dry forests», *Journal of Biogeography*, vol. 33, n.o 3, pp. 491-505, feb. 2006, doi: 10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x.
- [9] C. I. Espinosa, M. De la Cruz, A. L. Luzuriaga, y A. Escudero, «Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación.», *DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals)*, ene. 2012, [En línea]. Disponible en: <https://doaj.org/article/54766aa63647403082f29d5d64c7fc77>
- [10] Z. Aguirre, L. P. Kvist, O. Sanchez, y H. Balslev, «Bosques secos en Ecuador y su diversidad», *ResearchGate*, ene. 2006, [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228362343_Bosques_secos_en_Ecuador_y_su_diversidad
- [11] N. M. Moreira, N. V. Chacón, J. P. Flor, J. L. Tamayo, y F. De María Valverde, «Composición Florística y Nuevos Registros para la Reserva Ecológica Arenillas, El Oro-Ecuador», *Investigatio (Guayaquil - En Línea)*, vol. 8, pp. 111-132, jun. 2016, doi: 10.31095/investigatio.2016.8.7.
- [12] R. Jiménez-Paz et al., “Tree community composition, structure and diversity along an elevational gradient in an Andean forest of Northern Ecuador”, *J. Mountain Sci.*, vol. 18, n.º 9, pp. 2315–2327, septiembre de 2021. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6479-3>
- [13] P. Zisadza-Gandiwa, C. T. Mabika, O. L. Kupika, E. Gandiwa y C. Murungweni, “Vegetation Structure and Composition across Different Land Uses in a Semiarid Savanna of Southern Zimbabwe”, *Int. J. Biodiversity*, vol. 2013, pp. 1–5, abril de 2013. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2013/692564>
- [14] O. Jadán, D. A. Donoso, H. Cedillo, F. Bermúdez y O. Cabrera, “Floristic Groups, and Changes in Diversity and Structure of Trees, in Tropical Montane Forests in the Southern Andes of Ecuador”, *Diversity*, vol. 13, n.º 9, p. 400, agosto de 2021. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/d13090400>
- [15] J. C. Chimarro Cumbal, “COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE SECO, COMUNIDAD EL ROSAL, LA CONCEPCIÓN, MIRA”, Trabajo de

titulación presentado como requisito previo para la obtención del título de Ingeniero Forestal, UNIV. TEC. DEL NORTE, IBARRA, 2021.

[16] J. N. G. Tinio y C. J. Sebuala, «On the Efficiency of Some Alpha Diversity Indices: A Simulation Study Using Bootstrap Resampling», *J. Wildl. Biodivers.*, vol. 5, n.o 1, Art. n.o 1, ene. 2021, doi: 10.22120/jwb.2020.127654.1142.

[17] C. E. Moreno, F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón, “Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas”, *Rev. Mex. Biodivers.*, vol. 82, n.º 4, diciembre de 2011. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>

[18] J. M. Calderón-Patrón, C. E. Moreno y I. Zuria, “La diversidad beta: medio siglo de avances”, *Rev. Mex. Biodivers.*, vol. 83, n.º 3, septiembre de 2012. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.3.992>

[19] Schluter, D. and Ricklefs, R.E. (1993) “Species Diversity: An Introduction to the Problem”. In: Ricklefs, R.E. and Schluter, D., Eds., *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*, University of Chicago Press, Chicago, 1-10.

[20] E. Castillo-Gallegos, J. Jarillo-Rodríguez y R. Escobar-Hernández, “Diameter-height relationships in three species grown together in a commercial forest plantation in eastern tropical Mexico”, *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Del Ambient.*, vol. 24, n.º 1, pp. 33–48, diciembre de 2017. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.05.033>

[21] J. A. Navarro, J. L. Tomé, E. Marino, M. L. Guillén-Climent y A. Fernández-Landa, “Assessing the transferability of airborne laser scanning and digital aerial photogrammetry derived growing stock volume models”, *Int. J. Appl. Earth Observation Geoinf.*, vol. 91, p. 102135, septiembre de 2020. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102135>

[22] B. Ma, R. J. Hauer, J. Östberg, A. K. Koeser, H. Wei, y C. Xu, «A global basis of urban tree inventories: What comes first the inventory or the program», *Urban For. Urban Green.*, vol. 60, p. 127087, may 2021, doi: 10.1016/j.ufug.2021.127087

- [23] El estado de los bosques del mundo 2020. FAO UNEP, 2020. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- [24] M. d. A. d. E. MAATE, Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030. Quito, Ecuador. Primera edición. Quito: El Conejo, 2016. [En línea]. Disponible en: bit.ly/3SxLkqX.
- [25] V. Hogan. “Ecuador: un país megadiverso”. Humans For Abundance. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.humansforabundance.com/post/ecuador-un-país-megadiverso>
- [26] D. Montaña. “Nuevo estudio: en los últimos 26 años Ecuador ha perdido más de 2 millones de hectáreas de bosque”. Noticias ambientales. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://es.mongabay.com/2021/03/nuevo-estudio-en-los-ultimos-26-anos-ecuador-ha-perdido-mas-de-2-millones-de-hectareas-de-bosque/>
- [27] Nature and Culture International, "Bosques secos tropicales," *Nature and Culture International*, <https://www.natureandculture.org/es/tropical-dry-forests/>. (accedido el 1 de noviembre de 2024).
- [28] P. G. Murphy y A. E. Lugo, “Ecology of Tropical Dry Forest”, *Annu. Rev. Ecol. Systematics*, vol. 17, n.º 1, pp. 67–88, noviembre de 1986. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.000435>
- [29] L. Miles y V. Kapos, “Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Global Land-Use Implications”, *Science*, vol. 320, n.º 5882, pp. 1454–1455, junio de 2008. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1126/science.1155358>
- [30] R. Lal, “Carbon Sequestration in Dryland Ecosystems”, *Environmental Manage.*, vol. 33, n.º 4, diciembre de 2003. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s00267-003-9110-9>
- [31] J. Muñoz, S. Erazo, and D. Armijos, “Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental ‘El Chilco’ en el suroccidente del Ecuador”, vol. 4. Jul. 18,

2017.[Online].Available:<https://www.semanticscholar.org/paper/4045edf89030db0e95fc7a6e8d5e130c20ab2e4f>

[32] J. Chave et al., “Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees”, *Global Change Biol.*, vol. 20, n.º 10, pp. 3177–3190, junio de 2014. Accedido el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

[33] «Categorías de Manejo | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador». Accedido: 7 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/categor%C3%ADas-de-manejo>

[34] «COA (Código Orgánico del Ambiente)». Accedido: 13 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu167116.pdf>

[35] V. Carrion-Paladines y R. Garcia-Ruiz, “Floristic Composition and Structure of a Deciduous Dry Forest from Southern Ecuador: Diversity and Aboveground Carbon Accumulation”, *Int. J. Current Res. Academic Rev.*, vol. 5, n.º 3, pp. 154–169, marzo de 2016. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.20546/ijcrar.2016.403.017>

[36] J. Muñoz, S. Erazo, y D. Armijos, "Composición florística y estructura del bosque seco de la Quinta Experimental El Chilco en el suroccidente del Ecuador," **CEDAMAZ**, vol. 4, no. 1, pp. 53–61, 2014.

[37] C. I. Espinosa, A. Jara-Guerrero, R. Cisneros, J. D. Sotomayor y G. Escribano-Ávila, “Arenillas Ecological Reserve; A refuge of biodiversity or an island of extinction?”, *Ecosistemas*, vol. 25, n.º 2, pp. 5–12, agosto de 2016. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.7818/ecos.2016.25-2.02>

[38] INAMHI. “Anuarios Hidrologicos – INAMHI”. INAMHI. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://servicios.inamhi.gob.ec/anuarios-hidrologicos/>

[39] MAATE, «Mapa interactivo». Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en:<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>

- [40] Z. Aguirre Mendoza, *Guía de Métodos para Medir la Biodiversidad*, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal, Loja-Ecuador, 2013. [En línea]. Disponible en: bit.ly/3SxLkqX.
- [41] iNaturalist. "iNaturalist". iNaturalist. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.inaturalist.org/>
- [42] GBIF. "GBIF". GBIF. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.gbif.org/es/>
- [43] Tropicos. "Tropicos". Tropicos. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.tropicos.org/home>
- [44] N. H. Ravindranath y M. Ostwald, *Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. doi: 10.1007/978-1-4020-6547-7.
- [45] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Good practice guidance for land use, landuse change and forestry. Hayama, Kanagawa, 2003*.
- [46] J. Chave, *Medición de densidad de madera en árboles tropicales: Manual de campo*, Universidad Paul Sabatier, Proyecto PAN-AMAZONIA, Toulouse, Francia, 2006.
- [47] A. M. Campo y V. S. Duval, «Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)», *An. Geogr. Univ. Complut.*, vol. 34, n.o 2, pp. 25-42, nov. 2014, doi: 10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071.
- [48] Índice de Shannon," Tipos de Indicadores, <https://tiposdeindicadores.com/indice-de-shannon/>. (accedido el 1 de noviembre de 2024).
- [49] E. Astudillo-Sánchez, J. Pérez, L. Troccoli y H. Aponte, "Composición, estructura y diversidad vegetal de la Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, Santa Elena, Ecuador", *Rev. Mex. Biodivers.*, vol. 90, n.º 1, septiembre de 2019. Accedido el 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2871>
- [50] P. E. Soler, J. L. Berroterán, J. L. Gil y R. A. Acosta, "Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos

centrales de Venezuela," *Agronomía Tropical*, vol. 62, no. 1-4, pp. 3-14, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3214.3845>.

[51] A. Begossi, «Use of Ecological Methods in Ethnobotany: Diversity Indices», *Econ. Bot.*, vol. 50, n.o 3, pp. 280-289, 1996. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02907333>.

[52] S. J. Flores Miranda, «Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil», *Fides Ratio - Rev. Difus. Cult. Científica Univ. Salle En Boliv.*, vol. 17, n.o 17, pp. 215-238, mar. 2019. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2019000100011.

[53] J. Ruiz Linares y M. C. Fandiño Orozco, «Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, Islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe Suroccidental», *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Físicas Nat.*, vol. 33, n.o 126, pp. 5-15, dic. 2023, doi: 10.18257/raccefyn.33(126).2009.1808.

[54] Simpson's Diversity Index, *University of Reading*, <https://www.reading.ac.uk> (accedido el 1 de noviembre de 2024).

[55] M. E. Fernández, "Assessing woody species diversity and composition in Mediterranean forests," *Ecological Indicators*, vol. 120, p. 106927, 2021. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106927>

[56] A. D. Luna-Florin, D. A. Nole-Nole, E. Rodríguez-Caballero, J. L. Molina-Pardo, y E. Giménez-Luque, "Ecological Characterization of the Flora in Reserva Ecológica Arenillas, Ecuador," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 17, pp. 8656, Aug. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app12178656>

[57] H. Quiroga, P. Zambrano, y L. Velasco, "Diversidad florística en áreas protegidas de Ecuador," *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 1, pp. 33-45, 2022. [Online]. Available: <https://biodiversidadandina.com/diversidad-ecuador-2022>

- [58] J. Caranqui, P. Lozano, y J. Reyes, "Composition and diversity of High Andean in the Fauna Production Reserve Chimborazo, Ecuador," *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 1, pp. 33–45, Mar. 2016. [Online]. Available: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.
- [59] R. Calderón y L. Paredes, "Estructura y diversidad de bosques secos perturbados en Ecuador," [Online]. Available: <https://revistadecienciasforestales.com/estructura-diversidad-2023>.
- [60] A. Jiménez, P. Vásquez, y R. Torres, "Impacto de las actividades humanas en la diversidad florística de bosques secos," [Online]. Available: <https://ecologiayconservacion.com/impacto-diversidad-2023>. [Accessed: Dec. 23, 2024].
- [61] J. Gómez, C. Martínez, y M. López, "Estrategias de restauración ecológica en ecosistemas secos tropicales," [Online]. Available: <https://journaloftropicalecology.com/restauracion-2022>. [Accessed: Dec. 23, 2024].
- [62] J. Vargas, P. Ortega, y E. Salazar, "Biomasa y carbono en bosques secos del sur del Ecuador," [Online]. Available: <https://forestscience.com/biomasa-carbono-ecuador-2021>. [Accessed: Dec. 23, 2024].
- [63] E. Mora, D. Castillo, y F. Quintero, "Captura de carbono en bosques secos restaurados: Una revisión," [Online]. Available: <https://ecosistemasyserviciosambientales.com/captura-carbono-2023>. [Accessed: Dec. 23, 2024].
- [64] G. Calvas, J. Maita, E. Angamarca, P. Eguiguren y D. Veintimilla, "Impactos del cambio climático en la distribución potencial de especies forestales priorizadas de la Amazonía ecuatoriana", *Bosques Latid. Cero*, vol. 14, n.º 1, pp. 31–46, enero de 2024. Accedido el 8 de enero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2115>
- [65] E. E. Guillermo-Sandoval, C. L. Leopardi-Verde, F. Cayetano-Ramírez, A. A. Alvarado-Segura, y G. J. Escobedo-Sarti, "Composición y estructura florística de una porción de selva baja caducifolia en Tecomán, Colima, México," *Madera y Bosques*, vol. 27, no. 1, pp. e2712091, 2021. DOI: 10.21829/myb.2021.2712091
- [66] W. N. Ramírez Huila, M. P. Ramos Rodríguez, C. J. Yépez Delgado, C. E. Belezaca Pinargote, y O. Rodríguez Leyva, "Análisis estructural y condiciones abióticas del bosque

seco tropical (Bs-T) del sector La Pila Vieja en el valle Sancán, Manabí, Ecuador," *Ciencia y Tecnología*, vol. 16, no. 1, pp. 52–59, 2023. DOI: [10.18779/cyt.v16i1.635](https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.635)

ANEXOS

Anexo A. Ficha utilizada para la recolección de datos dasométricos

Hoja de campo para registrar individuos ≥ 5 cm DAP

Parcela N°: _____ Fecha: 15-05-2024

Altitud msnm: _____ Pendiente %: _____

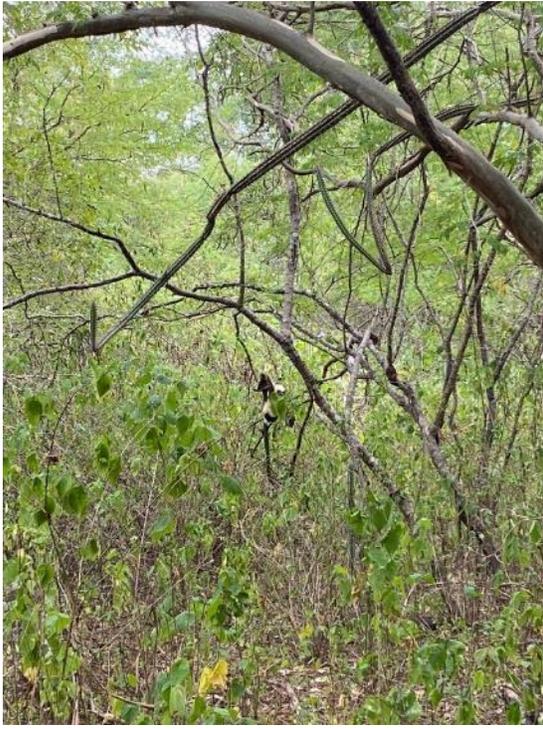
Coordenadas: _____ Breve descripción del sitio: _____

Número de Árbol	Nombre Común Peso g	Nombre Científico Diámetro	Distancias del eje central hacia:		DAP (cm) Volumen cm^3	HT (m)	Observaciones
			X	Y			
M031	1,868 g	40 cm	X	Rovisa	2,83 cm^3		
M032	1,2182 g	34 cm	Co. dia	Luteo	1,78 cm^3		
M033	0,9103 g	32 cm	Co. dia	Luteo	1,72 cm^3		

8-11-2024

Número de Árbol	Nombre Común Peso g	Nombre Científico Diámetro	Distancias del eje central hacia:		DAP (cm)	HT (m)	Observaciones Volumen cm^3
			X	Y			
M01	0,1638	0.081	32 cm				0,22 cm^3
M02	0,1771	0.112	60 cm	Algarrobo			0,35 cm^3
M03	0,6678	0.273	25 cm				0,79 cm^3
M04	0,3440	0.228	32 cm	fronco cano	Guayaba		0,50 cm^3
M05-01	0,7068	0.384	90 cm	fronco	bata	Sube en otros lados	0,94 cm^3
M05-02	1,2648	0.328	90 cm	"	"	"	1,76 cm^3
M06-01	1,6318	0.381	110 cm	CEIBA			1,95 cm^3
M06-02	1,1611	0.290	" "	" "			1,48 cm^3
M07-01	0,8254	0.196	85 cm	CEIBA			1,15 cm^3
M07-02	0,9025	0.350	85 cm	" "			1,97 cm^3
M08	0,4260	0.252	31	Zapote de perro			0,63 cm^3
M09	0,3341	0.113	42 cm	Abd case de hormig			0,64 cm^3
M10	0,8333	0.316	28 cm	Abd case de hormig			1,07 cm^3
M11	0,8491	0.203	35 cm	Arbol Naranja			1,07 cm^3
M12-01	1,1067	0.388	90 cm				1,67 cm^3
M12-02	1,0347	0.151	" "				1,54 cm^3

**Anexo B. Fotografías del Bosque seco perteneciente a los 3 lugares de muestreo / REAr
/ BPCTA / RBPP**





Anexo C. Fotografías de la medición de datos dasométricos



Anexo D. Toma de muestras con el barreno de incremento



Anexo E. Fase 4 de trabajo de laboratorio, pesado de muestras y secado en la estufa.











