

Determinación del carbono almacenado en el componente arbóreo de la Reserva forestal Bambure, Ecuador

Determination of the carbon stored in the tree component of the Bambure forest reserve, Ecuador.

Determinação do carbono armazenado no componente arbóreo da Reserva Florestal de Bambure, Equador.

García-Cox, Walter
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
wgarcia@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3288-4352>



Herrera-Feijoo, Robinson J
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
rherreraf2@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



Ruiz Sánchez, Clara Isabel
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
cruizs@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2864-5137>



Carrion-Salazar, Blanca
Instituto Superior Tecnológico Sudamericano
blankitacarrion0191@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-9955-1043>



Paredes-Tumbaco, Priscila
Investigador independiente
priscila.paredes2017@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-5471-4868>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/403>

Como citar:

García-Cox, W., Herrera-Feijoo, R. J., Ruiz Sánchez, C. I., Carrion-Salazar, B., & Paredes-Tumbaco, P. (2024). Determinación del carbono almacenado en el componente arbóreo de la Reserva forestal Bambure, Ecuador. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(1), 668–686.

Recibido: 09/05/2024

Aceptado: 14/06/2024

Publicado: 30/06/2024

Resumen

La investigación se realizó en la Reserva Bambure, enfocándose en cuantificar el carbono almacenado en el componente arbóreo de la reserva forestal. El objetivo principal fue estimar el potencial de almacenamiento de carbono de la flora arbórea existente para entender su contribución al secuestro de carbono y su papel en la mitigación del cambio climático. Para llevar a cabo el proyecto, se seleccionaron muestras de árboles mediante un inventario forestal que estableció 6 unidades de muestreo (UM) de 400 m² cada una. Se registraron 127 árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 10 cm, pertenecientes a 20 familias botánicas y 37 especies arbóreas. De estos árboles se midió el diámetro y la altura. A partir de estos datos, se calculó la biomasa y posteriormente la cantidad de carbono almacenado. Los resultados mostraron que los árboles de la familia Moraceae fueron los que más aportaron al almacenamiento de carbono, con un 24,35% del total. A nivel de especies, el género *Ficus* sp., con solo cuatro individuos, almacenó 13,5 toneladas de biomasa (Mg). Los hallazgos de esta investigación serán útiles para la toma de decisiones en la gestión de la reserva y para la implementación de estrategias de protección y conservación en la zona. Estos resultados pueden servir como base para futuras investigaciones sobre el tema y como referencia para proyectos de restauración considerando las especies nativas descritas.

Palabras clave: Secuestro de carbono, Reserva forestal, Inventario forestal, Biomasa arbórea, Cambio climático

Abstract

The research was conducted in the Bambure Reserve, focusing on quantifying the carbon stored in the arboreal component of the forest reserve. The main objective was to estimate the carbon storage potential of the existing tree flora to understand its contribution to carbon sequestration and its role in climate change mitigation. To carry out the project, tree samples were selected through a forest inventory that established 6 sampling units (SU) of 400 m² each. A total of 127 trees with a diameter at breast height (DBH) equal to or greater than 10 cm, belonging to 20 botanical families and 37 tree species, were recorded. The diameter and height of these trees were measured. From these data, the biomass was calculated and then the amount of carbon stored. The results showed that trees of the Moraceae family contributed the most to carbon storage, with 24.35% of the total. At the species level, the genus *Ficus* sp., with only four individuals, stored 13.5 tons of biomass (Mg). The findings of this research will be useful for decision-making in the management of the reserve and for the implementation of protection and conservation strategies in the area. These results can serve as a basis for future research on the subject and as a reference for restoration projects considering the native species described.

Keywords: Carbon sequestration, Forest reserve, Forest inventory, Tree biomass, Climate change.

Resumo

A investigação foi realizada na Reserva de Bambure, centrando-se na quantificação do carbono armazenado na componente arbórea da reserva florestal. O principal objetivo foi estimar o potencial de armazenamento de carbono da flora arbórea existente para compreender a sua contribuição para o sequestro de carbono e o seu papel na mitigação das alterações climáticas. Para levar a cabo o projeto, foram seleccionadas amostras de árvores através de um inventário florestal que estabeleceu 6 unidades de amostragem (SUs) de 400 m² cada. Foram registadas 127 árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 10 cm, pertencentes a 20 famílias botânicas e 37 espécies arbóreas. Foram medidos o diâmetro e a altura destas árvores.

A partir destes dados, foi calculada a biomassa e, posteriormente, a quantidade de carbono armazenado. Os resultados mostraram que as árvores da família Moraceae foram as que mais contribuíram para o armazenamento de carbono, com 24,35% do total. Ao nível das espécies, o género *Ficus* sp., com apenas quatro indivíduos, armazenou 13,5 toneladas de biomassa (Mg). Os resultados desta investigação serão úteis para a tomada de decisões na gestão da reserva e para a implementação de estratégias de proteção e conservação na área. Esses resultados podem servir de base para futuras pesquisas sobre o tema e como referência para projetos de restauração considerando as espécies nativas descritas.

Palavras-chave: Seqüestro de carbono, Reserva florestal, Inventário florestal, Biomassa arbórea, Mudanças climáticas.

Introducción

La deforestación y la consiguiente fragmentación del paisaje para la implementación de métodos agrícolas convencionales han sido factores determinantes en la continua pérdida de ecosistemas naturales, contribuyendo a problemas globales como la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (García-Cox et al., 2023; López-Tobar et al., 2023; Torres et al., 2023). La deforestación libera importantes cantidades de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas de efecto invernadero en términos de volumen atmosférico, incrementando el efecto invernadero y causando cambios en la temperatura global (Torres et al., 2020). Por otra parte, se estima que la degradación de la biodiversidad y el incremento de la concentración de CO_2 en la atmósfera son problemas ambientales cruciales que contribuyen al calentamiento global. Por lo tanto, analizar el potencial de áreas forestales que puedan mantener la biodiversidad y reducir la concentración de CO_2 atmosférico es fundamental (Esparza y Martínez, 2018).

Los árboles almacenan considerables cantidades de carbono en su madera, hojas, ramas y raíces, y liberan oxígeno a la atmósfera. Parte de este carbono se transfiere al suelo a través de la descomposición. Los ecosistemas forestales mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero capturando CO_2 a través de la fotosíntesis, fijando el carbono y liberando oxígeno, convirtiéndose así en sumideros de carbono y regulando la concentración de CO_2 en la atmósfera (Torres et al., 2024). Estos ecosistemas capturan 296 gigatoneladas de carbono en la biomasa superficial y subterránea (Soledad Duval & Cámara-Artigas, 2021). Los bosques

naturales son esenciales para comprender la dinámica de los ecosistemas globales (Nava, 2022). La biomasa forestal es un importante sumidero de carbono que juega un papel clave en la regulación del ciclo global del carbono y en la mitigación del cambio climático (Mimbrero, 2022). Gran parte del carbono almacenado en los árboles se encuentra en la biomasa aérea a través de la fotosíntesis, por lo que es fundamental monitorear la biomasa forestal para comprender el ciclo del carbono y reducir las emisiones de CO₂ (García-Cox et al., 2023).

En este contexto, la Reserva forestal Bambure, ubicada en el cantón Puerto Quito de la Provincia de Pichincha, cuenta con un área de 40 hectáreas. Esta reserva es importante por varias razones: contribuye a la conservación de la biodiversidad, regula el ciclo del agua, actúa como sumidero de carbono, controla el clima y es una fuente de turismo y recreación. Además, ayuda a mantener la salud del planeta y el bienestar humano. Dada la escasa información existente, este trabajo de investigación se enfoca en aportar conocimientos sobre las riquezas de esta reserva. En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar la diversidad arbórea, la acumulación de biomasa y la captura de carbono por el componente aéreo, y dar a conocer a los lectores la importancia de los bosques.

Metodología

1. Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el bosque primario de la Reserva Forestal Bambure, la misma que se encuentra ubicada en el cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha, y abarca una superficie de 40 ha. De acuerdo a la clasificación de ecosistemas del Ecuador continental, el área a estudiarse corresponde a la zona de vida Bosque siempreverde piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes (BsPn01) bajo las coordenadas referenciales UTM = 0699737; 0010816 a una altitud de 3250 m s.n.m. con un clima subtropical (Bott, 2014).

2. Determinación de la diversidad arbórea

Para determinar la diversidad existente, se llevó a cabo un inventario forestal mediante la instalación aleatoria de 6 parcelas de 20 m x 20 m (400 m²). En estas parcelas, se registraron datos de campo que incluían el nombre científico, nombre común, familia y características dasométricas de todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 10 cm y la altura total.

3. Cuantificación del carbono almacenado en la componente arbórea

Para estimar la cantidad de carbono almacenado en el componente leñoso se aplicó el método indirecto aplicando una ecuación alométrica de manera de conservación del bosque el cual no se permite talar ningún individuo. La ecuación implementada ha sido desarrollada para las condiciones de bosque húmedo tropical

En la siguiente ecuación se formulará de esta manera:

$$AGB = \rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(\text{dbh}) + 0.207(\ln(\text{dbh}))^2 - 0.0281(\ln(\text{dbh}))^3)$$

Donde:

AGB= Biomasa aérea del árbol

P= Densidad de la madera (g/cm³)

Dbh= Diámetro a la altura del pecho

4. Medición del DAP

Para la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) se utilizó una cinta métrica, considerando una altura estándar de 1,30 m desde el nivel del suelo. Se midieron todos los árboles con un DAP igual o superior a 10 cm, registrando la circunferencia a esa altura (CAP). Luego, para obtener el DAP, la circunferencia se dividió por el valor de Pi (π).

5. Medición de Altura

Para la medición de la altura de las diferentes especies, se analizaron los parámetros de altura total y altura comercial. Esta medición se realizó desde una distancia perpendicular al

árbol, utilizando un hipsómetro. La altura se midió desde la base del árbol hasta el punto más alto de la copa

6. Estimación del área basal

El área basal se calculará aplicando la siguiente fórmula Pazmiño y Pinargote (2018):

$$AB = \pi / 4 \times DAP^2$$

Donde:

$$AB = \text{área basal (m}^2\text{)}$$

$$\pi / 4 = \text{constante } 0,7854$$

$$DAP^2 = \text{diámetro a la altura el pecho (m)}$$

7. Estimación del volumen

El volumen se determinará mediante la siguiente fórmula Pazmiño y Pinargote (2018):

$$\text{Volumen} = AB \times H \times ff$$

Donde:

$$AB = \text{área basal (m}^2\text{)}$$

$$H = \text{altura total del árbol (m)}$$

$$ff = \text{factor de forma (0,7)}$$

8. Abundancia relativa (Ar)

Para la abundancia relativa se obtuvo utilizando el número de individuos de una especie para posteriormente aplicar la siguiente fórmula:

$$Ar (\%) = \frac{Aa}{\text{Suma } Aa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

$$Ar = \text{Abundancia relativa (\%)}$$

$$Aa = \text{Abundancia absoluta}$$

$$\text{Frecuencia relativa (Fr)}$$

En esta variable se empleó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje:

$$Fr (\%) = \frac{Fa}{\text{Suma } Fa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

Fr = Frecuencia relativa (%)

Fa = Frecuencia absoluta

Dominancia relativa (Dr)

La dominancia relativa se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$Dr (\%) = \frac{Da}{\text{Suma de las áreas basales de todas las especies}} \times 100$$

Dónde:

Dr = Dominancia relativa (%)

Da = Dominancia absoluta (m²)

Índice de valor de importancia

Para el índice de valor de importancia de las especies que componen la estructura del bosque se empleó la siguiente fórmula:

$$IVI = Ar(\%) + Fr (\%) + Dr (\%)$$

Dónde:

IVI = Índice de Valor de Importancia

Ar = Abundancia relativa (%).

Fr = Frecuencia relativa (%).

Dr = Dominancia relativa (%).

9. Índice de Diversidad de Shannon -Weaver (H')

La uniformidad de los valores de importancia en todas las especies de la muestra indica que no hay una especie en particular que sea más importante que otra, esto significa que cada especie contribuye de manera similar a la muestra en su conjunto, los rangos del índice de Shannon usualmente utilizada para medir la diversidad varían de 1 a 5, se considera que los valores menores a 1.5 indican una baja diversidad, mientras que los valores entre 1.6 y 3.4 indican una diversidad media. Valores superiores a 3.5 se interpretan como una alta diversidad (Valencia, 2022).

El índice de diversidad de Shannon se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$H' = \sum p_i \ln(p_i)$$

Siendo:

$$p_i = n/N$$

Dónde:

H' = Índice de diversidad de Shannon

p_i = Relación entre n/N.

ln = Logaritmo natural.

n = Número de especies.

N = Número total de especies.

10. Índice de Diversidad de Simpson (D)

El índice de diversidad de Simpson se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Siendo:

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson

Σ = Sumatoria

n = Número de individuos de la especie

N = Tamaño de la comunidad

La interpretación de los resultados se realiza mediante la aplicación de una escala de significancia. entre 0 – 1 así: de 0 – 0,35 diversidad baja, 0,36 – 0,70 diversidad media, > 0,71 diversidad alta (Varela y Velásquez, 2019).

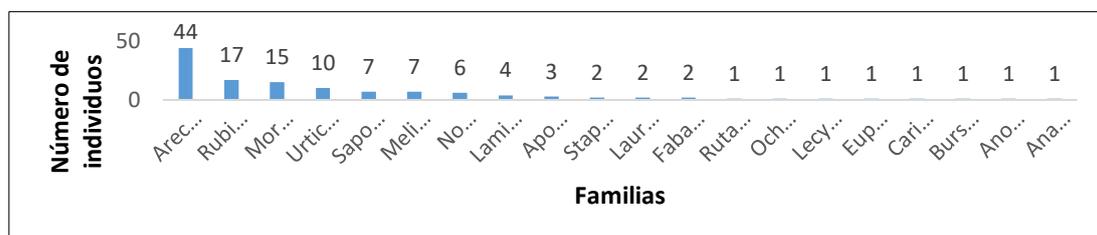
Resultados

1. Abundancia por familias

De los datos recopilados en campo, se registraron un total de 127 individuos con diámetros iguales o superiores a 10 cm de DAP, dentro de las 6 unidades de muestreo establecidas en el bosque primario de la Reserva Bambure. Estos individuos pertenecen a 20 familias (Figura 1). La familia Arecaceae resultó ser la más abundante, representando el 34,65% del total. Esta abundancia se debe a las condiciones climáticas favorables y a que esta familia es predominantemente colonizadora de terrenos de mediana elevación, lo que explica su predominancia en el área de estudio.

Figura 1.

Abundancia de individuos por familia



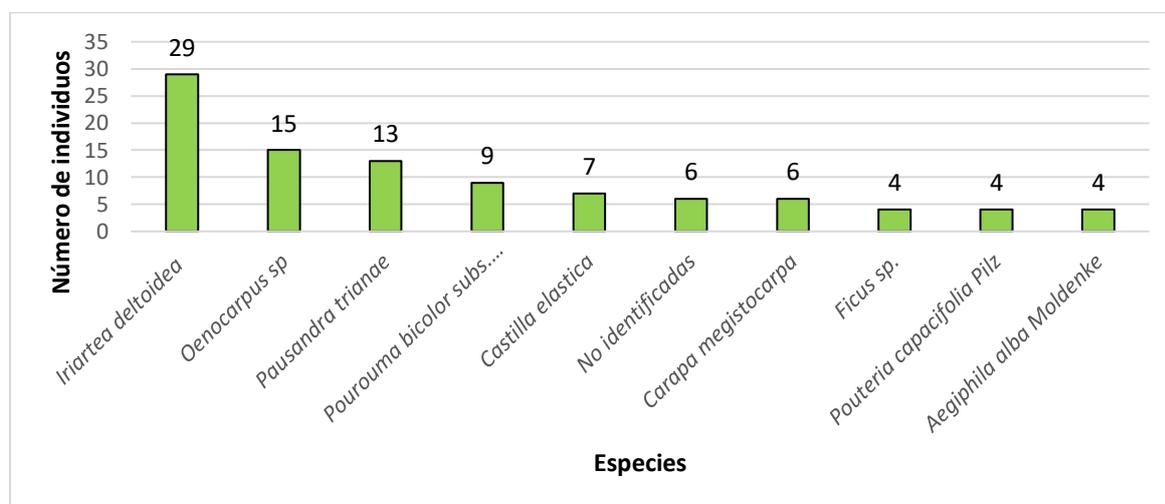
Nota: Autores (2024)

2. Abundancia por especies

En la Figura 2 se muestra la abundancia por especies. La especie más abundante es *Iriartea deltoidea*, representando el 22,8% del total de individuos. Esta es una especie de palmera nativa de América Central y del Sur, conocida por su importante papel ecológico y su uso por parte de las comunidades locales. Una de las razones de su abundancia es su adaptación a las condiciones climáticas y del suelo en la región, lo que le permite crecer y reproducirse más exitosamente que otras especies.

Figura 2.

Abundancia por especies



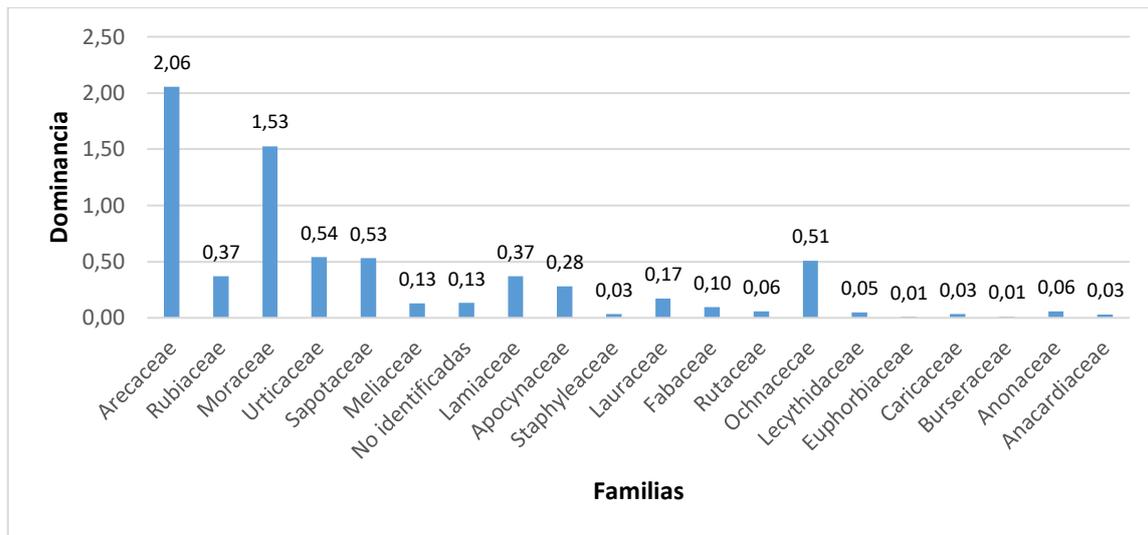
Nota: Autores (2024)

3. Dominancia por familia.

La familia *Arecaceae* representa el 29,44% y la familia *Moraceae* el 21,86% de la composición florística de la Reserva Forestal Bambure (Figura 3). Esta notable influencia se debe a factores como el clima cálido y húmedo, que proporciona condiciones ideales para el crecimiento de palmeras y moráceas. Además, el suelo rico en nutrientes favorece el crecimiento y la adaptación de estas dos familias. Todas las especies de *Arecaceae* y *Moraceae* registradas en el inventario forestal muestran un amplio rango de distribución ecológica, lo que indica su dominio sobre las demás familias en la reserva.

Figura 3.

Dominancia de familias arbóreas



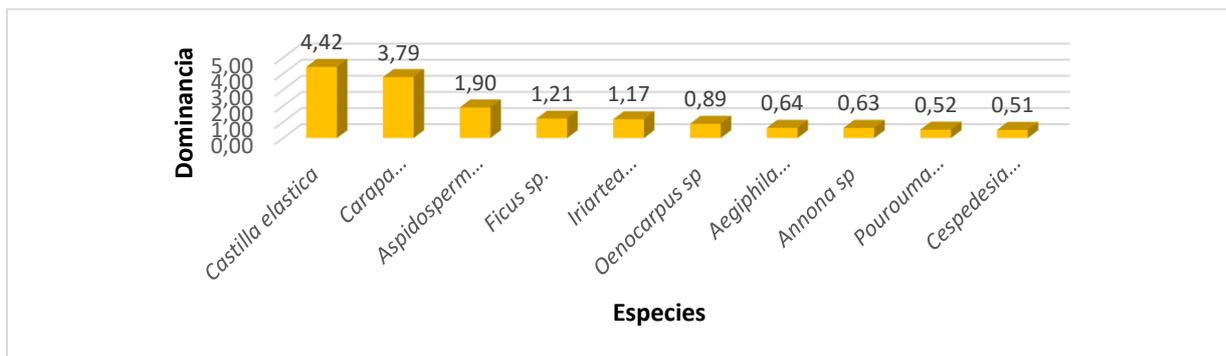
Nota: Autores (2024)

4. Dominancia por especies

Con relación a los resultados, la especie dominante en esta reserva forestal es *Castilla elastica*, con una representación del 4,42% (Figura 4). Esto significa que, en términos de biomasa, cobertura forestal y número de árboles, *C. elastica* es la especie más abundante en esta reserva. Es importante destacar la relevancia ecológica de esta especie en particular, ya que *C. elastica* es un árbol de gran valor para la regeneración natural de los bosques tropicales y se considera una especie clave para la conservación de la biodiversidad.

Figura 4.

Dominancia por especies



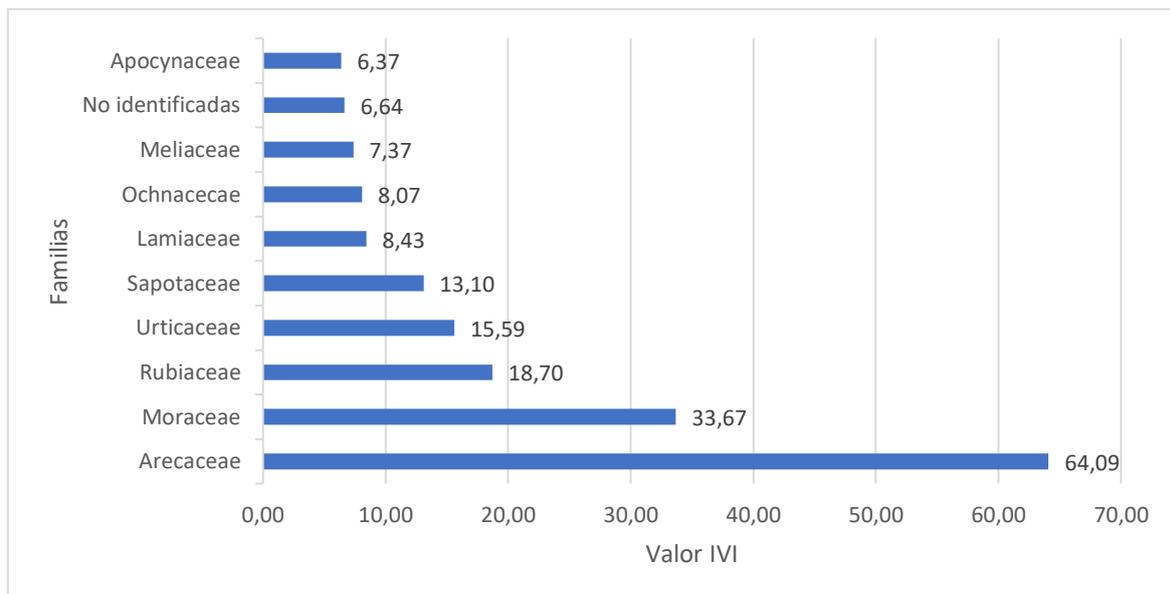
Nota: Autores (2024)

5. Índice de valor de importancia (IVI) a nivel de familias

En la Figura 5 se presentan las familias que obtuvieron el valor más alto del índice de valor e importancia en el bosque natural de la Reserva Bambure. Las familias *Arecaceae* (palmeras), *Moraceae* (moral o higuera) y *Rubiaceae* (cafeto) son comunes en los bosques y zonas rurales de la región. La abundancia de estas familias en Puerto Quito se debe a su importancia económica y ecológica en la región.

Figura 5.

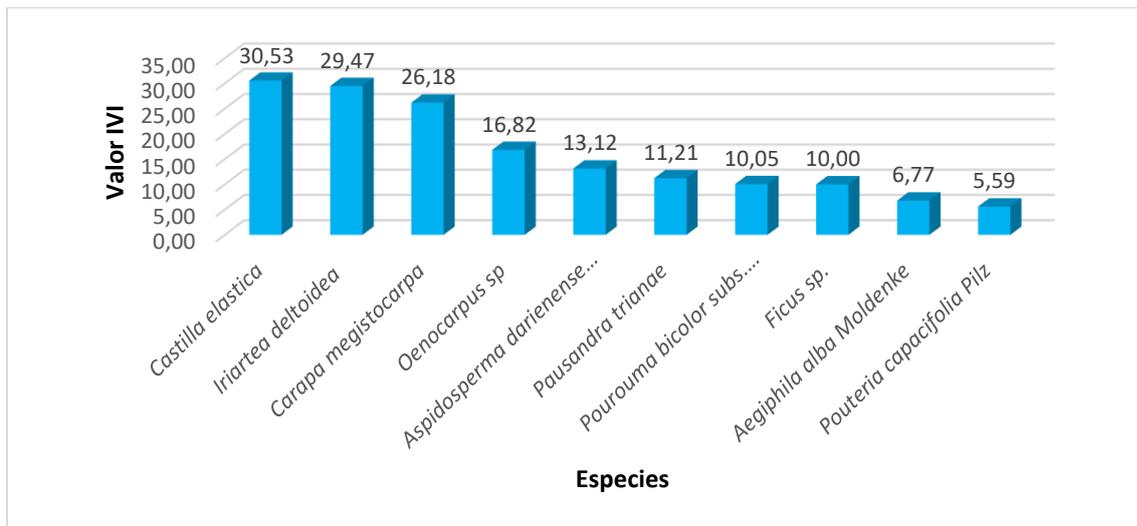
IVI a nivel de familias



Nota: Autores (2024)

6. IVI a niveles de especies

En base a los resultados obtenidos, podemos observar los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies mencionadas: *Castilla elastica* con 30,53; *Iriartea deltoidea* con 29,47 y *Carapa megistocarpa* con 26,18 (Figura 6). Estos valores reflejan una combinación de factores, como la disponibilidad de recursos adecuados para su crecimiento y reproducción, su adaptación a las condiciones climáticas y de suelo de la región, y la ausencia de competidores o depredadores naturales.

Figura 6.*IVI a nivel de especies*

Nota: Autores (2024)

7. Índice Shannon

Según los resultados de la diversidad florística, el índice de Shannon para la vegetación arbórea de la reserva natural Bambure es de 2,893. Este valor indica una diversidad media, lo cual se considera dentro de los valores aceptables y del rango normal para este tipo de ecosistema.

8. Índice de Simpson

En función de los resultados obtenidos según el índice de diversidad de Simpson, se muestra un valor de 0,9056; lo cual indica que la reserva natural Bambure posee una alta diversidad de especies dentro del ecosistema evaluado. Este valor sugiere que la comunidad biológica estudiada es bastante diversa. En general, valores altos del índice de diversidad de Simpson indican una mayor biodiversidad y un ecosistema más saludable y resiliente.

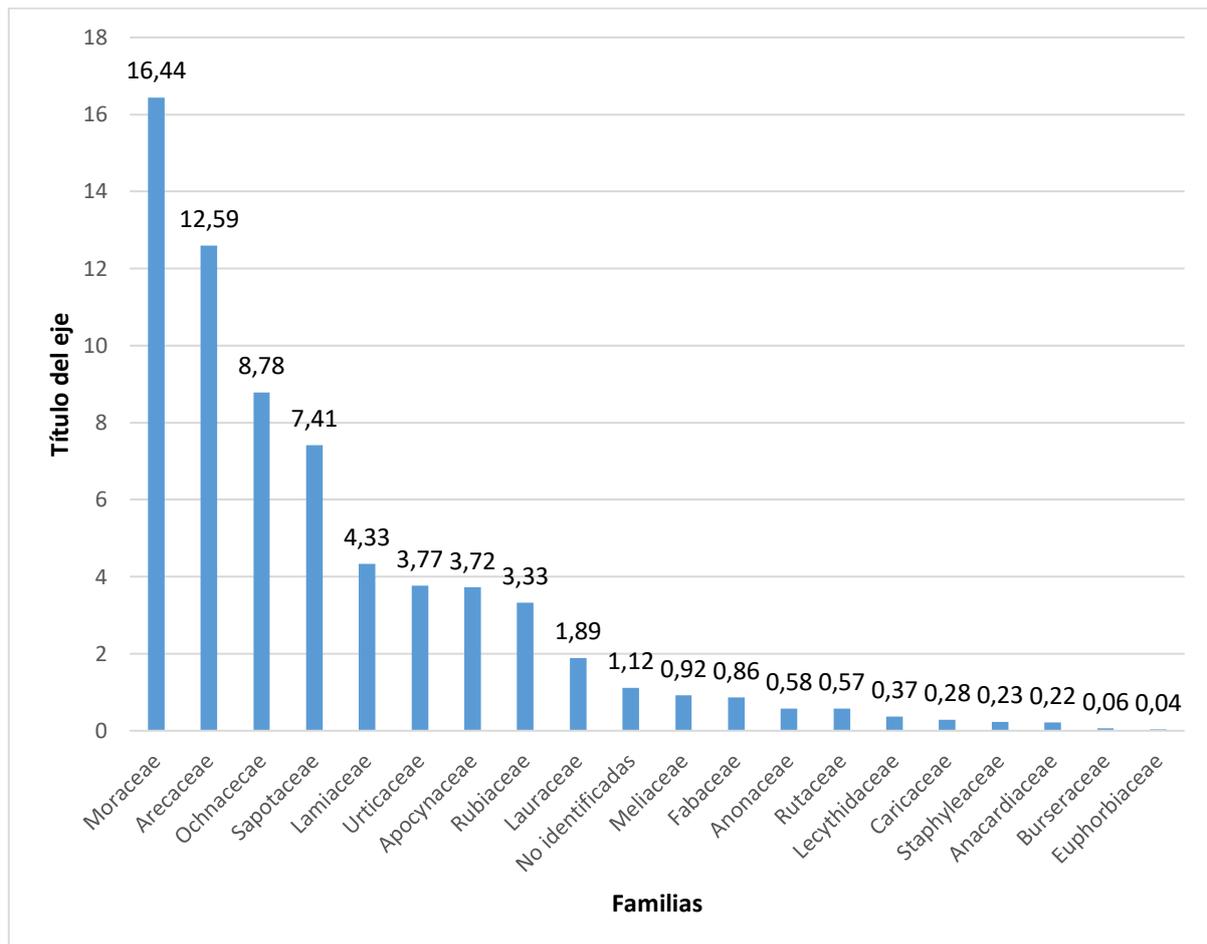
9. Carbono almacenado por familias

Se puede observar que la biomasa aérea acumulada evidencia a la familia Moraceae la más representativa con el 24,35% (Figura 7), lo cual indica que esta familia tiene una alta contribución en términos de biomasa en la zona donde se realizó la medición. Además, se

menciona que la concentración de carbono también es alta en esta familia en comparación con el resto de las familias presentes en el área. Por otro lado, se indica que la familia *Arecaceae* aporta el 18,56% del carbono acumulado, lo que significa que también es una familia importante en términos de contribución al carbono en la zona.

Figura 7.

Carbono almacenado de las familias



Nota: Autores (2024)

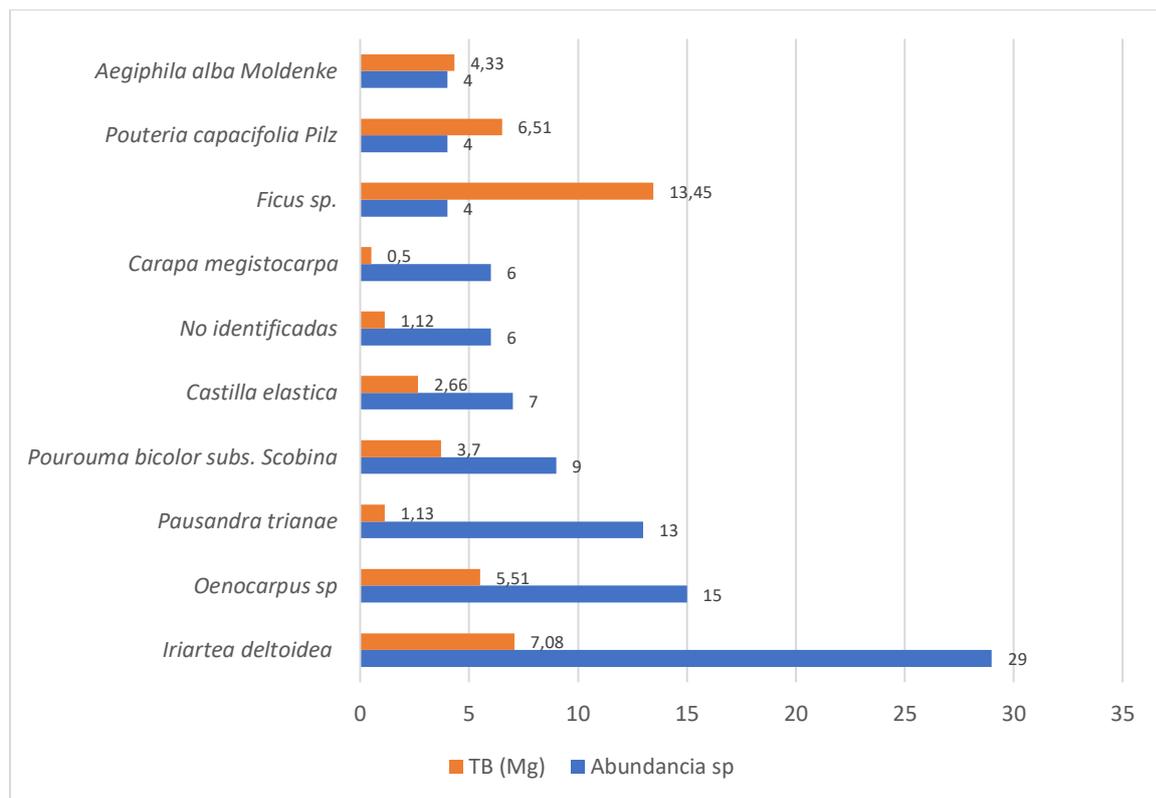
10. Carbono almacenado por especie

En este caso, podemos observar que el género *Ficus sp.* contribuye con el 19,93% del carbono almacenado, a pesar de estar representado por solo 4 individuos. Esto indica que los árboles de este género son particularmente eficientes en la captura y almacenamiento de carbono. Cabe destacar que se encontró un único individuo de *Cespedesia spathulata* que

aporta con el 13,01% del carbono almacenado (Figura 8). Este árbol es muy importante debido a su frondosidad, que incluye su DAP, altura total y densidad. Estos datos son útiles para comprender mejor cómo la reserva alberga y almacena carbono, y cómo las diferentes especies de árboles contribuyen a la capacidad de la reserva para almacenar una cantidad significativa de carbono.

Figura 8.

Carbono almacenado por especie



Nota: Autores (2024)

Discusión

El estudio de la cobertura forestal de Bambure y el análisis de una reserva forestal en Brasil comparten el objetivo de cuantificar el carbono almacenado en ecosistemas forestales, subrayando la importancia de conservar estas áreas y su biodiversidad (Ávila-Bello et al., 2023). Mientras tanto, investigaciones recientes, evaluaron el almacenamiento de carbono en

una reserva forestal brasileña, revelando un promedio de 122,5 Mg C ha⁻¹ en la biomasa aérea. Los autores destacaron el potencial adicional de secuestro de carbono de la reserva, enfatizando la necesidad de proteger estas áreas de la deforestación y otras perturbaciones (Ávila-Bello et al., 2023; Méndez-Martínez et al., 2023).

En la Reserva Forestal Bambure, se realizó un inventario forestal detallado mediante la instalación de 6 unidades de muestreo (UM) de 400 m² cada una. Se registraron 127 árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 10 cm, pertenecientes a 20 familias botánicas y 37 especies arbóreas. Utilizando estos datos, se calculó la biomasa y el carbono almacenado. Los resultados indicaron que los árboles de la familia Moraceae aportaban el 24,35% del carbono almacenado, mientras que el género *Ficus sp.*, con solo 4 individuos, almacenaba 13,5 toneladas de biomasa (TB). Estos hallazgos destacan la relevancia de proteger y conservar la biodiversidad de las áreas forestales para garantizar la captura y almacenamiento de carbono, y mantener la salud y diversidad de los ecosistemas.

Otro estudio significativo, realizado por Friedlingstein et al. (2020), se centró en el potencial de almacenamiento de carbono en reservas forestales tropicales. Los autores encontraron un promedio de 174,6 Mg C ha⁻¹ almacenado en la biomasa aérea, señalando que el potencial de almacenamiento de carbono está influenciado por factores como la edad del bosque, la topografía y el clima. De manera similar, en la reserva Bambure, se determinó que la biomasa total aérea almacenaba 13,5 TB de carbono. Estos estudios corroboran que los bosques tropicales tienen un gran potencial para el almacenamiento de carbono. Por otra parte, el estudio realizado por Palacios et al. (2019) examinó el potencial de almacenamiento de carbono en tres reservas forestales del Ecuador. Los autores encontraron un alto potencial de carbono almacenado en la biomasa aérea de estas reservas, subrayando su importancia para la mitigación del cambio climático y la preservación de la biodiversidad regional.

En conjunto, estos estudios demuestran el papel crucial que desempeñan las reservas forestales en el almacenamiento de carbono y la mitigación del cambio climático. Los hallazgos subrayan la necesidad de esfuerzos continuos para proteger estas áreas de la deforestación y otras perturbaciones, dado que dichas actividades pueden tener impactos significativos tanto en el almacenamiento de carbono como en la biodiversidad. La conservación de las reservas forestales es, por tanto, esencial para garantizar ecosistemas saludables y resilientes.

Conclusión

Con base en los resultados obtenidos en la investigación realizada en la Reserva Forestal Bambure, se determinó que, según la abundancia por familia, se registraron 127 árboles con DAP igual o superior a 10 cm, correspondientes a 20 familias botánicas y 37 especies arbóreas, siendo la familia Arecaceae la más abundante con un 34,65%. En términos de abundancia por especie, *Iriartea deltoidea* representa el 22,8% del total de individuos forestales, destacando por su adaptación climática y papel ecológico. La dominancia por especie mostró que *Castilla elastica* tiene una gran representación en términos de biomasa, cobertura forestal y número de árboles, mientras que las familias Arecaceae y Moraceae son dominantes en el inventario forestal debido a su amplio rango de distribución ecológica.

En cuanto al carbono almacenado por familia, la investigación reveló que la familia Moraceae es la que más aporta en términos de biomasa aérea acumulada, seguida por la familia Arecaceae. Específicamente, el género *Ficus* sp. se destacó por su alta eficiencia en la captura y almacenamiento de carbono, a pesar de estar representado por solo cuatro individuos. Asimismo, *Cespedesia spathulata*, aunque representada por un solo individuo, también contribuyó significativamente a la acumulación de carbono debido a su frondosidad. La capacidad de almacenamiento de carbono en una reserva forestal depende de factores como la edad de los árboles, la densidad de la vegetación y las condiciones climáticas locales. Los

bosques más antiguos y densos generalmente tienen una mayor capacidad de almacenamiento de carbono. Los datos obtenidos en esta investigación subrayan cómo cada una de las especies del inventario forestal contribuye de manera significativa a la acumulación y captura de carbono en la reserva.

Referencias bibliográficas

- Ávila-Bello, C. H., Hernández-Romero, Á. H., Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D. A., Martínez-Jerónimo, A., Meneses-García, B. N., & Sánchez-Sandoval, X. M. (2023). Design of complex agroecosystems: traditional and formal knowledge to conserve agrobiodiversity in the Santa Marta Mountains, Veracruz, México. *Environment, Development and Sustainability*, 1–33.
- Bott, R. (2014). Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Co. *Igarss 2014*, 1–5.
- Esparza Olguín, L. G., & Martínez Romero, E. (2018). Diversidad y carbono almacenado en el área forestal permanente de Álvaro Obregón, Calakmul, Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.141>
- García-Cox, W., López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Tapia, A., Heredia-R, M., Toulkeridis, T., & Torres, B. (2023). Floristic Composition, Structure, and Aboveground Biomass of the Moraceae Family in an Evergreen Andean Amazon Forest, Ecuador. *Forests*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/f14071406>
- López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Mateo, R. G., García-Robredo, F., & Torres, B. (2023). Botanical Collection Patterns and Conservation Categories of the Most Traded Timber Species from the Ecuadorian Amazon: The Role of Protected Areas. In *Plants* (Vol. 12, Issue 18). <https://doi.org/10.3390/plants12183327>
- Méndez-Martínez, Y., Narváez-Narváez, R. I., Angulo, C., Cortés-Jacinto, E., Botello-Leon, A., Verdecia-Acosta, D. M., & Torres-Navarrete, Y. G. (2023). Chemical composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) and its effect on growth performance, feed efficiency and metabolic biochemistry of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3). <https://doi.org/10.15835/nbha51313337>
- Mimbrero, B. R.-C. (2022). Unos apuntes sobre las medidas de compensación ambiental en el ámbito forestal español. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 23, 145–192.
- Nava Guevara, E. (2022). *Dinámica del carbono en suelos de un ecosistema forestal fragmentado y evaluación de indicadores ambientales de cambio*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- PALACIOS, I., CASTRO, S., & RODRÍGUEZ, F. (2019). Almacenamiento de carbono como

- servicio ambiental en tres reservas naturales del Ecuador. *Revista Geoespacial*, 16(1), 1–14.
- Pazmiño Basurto, A. L., & Pinargote Ramírez, M. E. (2018). *Evaluación de la captura de carbono como criterio para la conservación del ceibo (Ceiba Trichistandra) del Jardín Botánico de la UTM*. Calceta: ESPAM MFL.
- Soledad Duval, V., & Cámara-Artigas, R. (2021). Diversidad y captura de carbono en un bosque secundario de caldén (*Prosopis caldenia*) en La Pampa, Argentina. *Estudios Geográficos*, 82(291), e073. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202184.084>
- Torres, B., Herrera-Feijoo, R. J., Torres-Navarrete, A., Bravo, C., & García, A. (2024). Tree Diversity and Its Ecological Importance Value in Silvopastoral Systems: A Study along Elevational Gradients in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Land*, 13(3), 281. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land13030281>
- Torres, B., Herrera-Feijoo, R., Torres, Y., & García, A. (2023). Global Evolution of Research on Silvopastoral Systems through Bibliometric Analysis: Insights from Ecuador. *Agronomy*, 13(2), 479. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy13020479>
- Torres Navarrete, B., Vargas Burgos, J. C., Fischer, R., & Günter, S. (2020). *Deforestación en Paisajes Forestales tropicales del Ecuador: bases científicas para perspectivas políticas* (U. E. Amazónica (ed.); 1st ed.). Instituto Nacional de Biodiversidad - INABIO.
- Valencia Yaguana, D. D. (2022). *Identificación de insectos polinizadores, usando la aplicación iNaturalist en el cultivo de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) basada en el manejo orgánico para la producción, en 5 parroquias de la provincia de Cotopaxi 2021*. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Varela Cevallos, J. E., & Velásquez Vera, M. J. (2019). *Calidad ambiental mediante la diversidad de avifauna acuática en el humedal La Segua*. Calceta: ESPAM MFL.