

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 10, número 1; 2022

Artículo original

Evaluación de biomasa aérea acumulada y sostenibilidad ecológica en bosques amazónicos: estudio de caso comunidad Cotocochoa

Evaluation of aerial biomass accumulation and ecological sustainability in Amazonian forests: a case study of the Cotocochoa community

Avaliação do acúmulo de biomassa acima do solo e da sustentabilidade ecológica nas florestas amazônicas: um estudo de caso da comunidade de Cotocochoa

Valeria Santander Malo^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-0974-9128>

Yudel García Quintana²  <https://orcid.org/0000-0002-9107-9310>

¹Universidad del Azuay. Ecuador.

²Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

*Autor para la correspondencia: valusmalo@gmail.com

Recibido: 20/07/2021.

Aprobado: 02/02/2022.

RESUMEN

Los bosques tropicales amazónicos tienen una enorme variedad de especies y son reconocidos por su gran biodiversidad y captura de carbono, pero se ven amenazados por la presión antrópica que ejerce el cambio de uso de tierra. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la biomasa aérea acumulada y sostenibilidad ecológica de un bosque amazónico de la comunidad Cotocochoa. Se establecieron cinco transectos de 0,1 ha (10 x 100 m) separados en intervalos de 100 m y se registró todas las especies arbóreas con $d_{1.30} \geq 10$ cm. Se evaluaron indicadores ecológicos en base a vegetación, suelo, biodiversidad y productividad. Se estimó la biomasa aérea mediante ecuaciones alométricas y se determinó el índice de valor de importancia de biomasa (BIVF). Las familias Melastomataceae, Fabaceae, Euphorbiaceae y Salicaceae presentaron mayor

1



número de especies. La distribución de clases diamétrica presentó una tendencia de J invertida. El diagnóstico de sostenibilidad ecológica evidenció que no todos los indicadores alcanzan el umbral de sostenibilidad. Se reportó una biomasa área de $78,67 \pm 5,87 \text{ Mg/ha}^{-1}$ y un stock de carbono almacenado de $39,33 \pm 2,34 \text{ Mg/ha}^{-1}$. Las tres familias que mayor BIVF presentaron fueron Melastomataceae con 38,43, Annonaceae con 24,36 y Meliaceae con 22,69. Estas familias podrían ser recomendadas para programas de restauración dentro de la comunidad, por el alto potencial para acumular biomasa aérea y stock de carbono contribuyendo a un manejo que le permita mejorar y alcanzar el umbral de sostenibilidad en todos los indicadores ecológicos.

Palabras clave: Amazonía; Inventario florístico; Clases diamétricas; Captura de carbono.

ABSTRACT

Amazonian tropical forests have an enormous variety of species and are recognized for their great biodiversity and carbon sequestration, but they are threatened by anthropogenic pressure from land use change. Therefore, the objective of this research was to evaluate the accumulated aerial biomass and ecological sustainability of an Amazonian forest in the Cotococha community. Five 0.1 ha transects (10 x 100 m) separated at 100 m intervals were established and all tree species were recorded with $D_{1.30} \geq 10 \text{ cm}$. Ecological indicators were evaluated based on vegetation, soil, biodiversity and productivity. Aerial biomass was estimated using allometric equations and the biomass importance value index (BIVF) was determined. The families Melastomataceae, Fabaceae, Euphorbiaceae and Salicaceae presented the highest number of species. The distribution of diameter classes showed an inverted J trend. The ecological sustainability diagnosis showed that not all indicators reach the sustainability threshold. An area biomass of $78.67 \pm 5.87 \text{ Mg ha}^{-1}$ and a carbon stock of $39.33 \pm 2.34 \text{ Mg ha}^{-1}$ were reported. The three families with the highest BIVF were Melastomataceae with 38.43, Annonaceae with 24.36 and Meliaceae with 22.69. These families could be recommended for restoration programs within the community, due to their high potential to accumulate aerial biomass and carbon stock, contributing to a management that allows them to improve and reach the threshold of sustainability in all ecological indicators.

Keywords: Amazon; Floristic inventory; Diameter classes; Carbon sequestration.

RESUMO

As florestas tropicais amazônicas têm uma enorme variedade de espécies e são conhecidas por sua alta biodiversidade e captura de carbono, mas estão ameaçadas pela pressão antropogênica da mudança do uso da terra. Portanto, o objetivo desta pesquisa era avaliar a biomassa acumulada acima do solo e a sustentabilidade ecológica de uma floresta amazônica na comunidade de Cotococha. Cinco transeptos de 0,1 ha (10 x 100 m) foram estabelecidos em intervalos de 100 m e todas as espécies de árvores foram registradas com $D_{1.30} \geq 10 \text{ cm}$. Os indicadores ecológicos foram avaliados com base na vegetação, solo, biodiversidade e produtividade. A biomassa acima do solo foi estimada usando equações alométricas e o índice de importância da biomassa (BIVF) foi determinado. As famílias Melastomataceae, Fabaceae, Euphorbiaceae e Salicaceae tinham o maior número de espécies. A distribuição das classes de diâmetro mostrou



uma tendência J invertida. O diagnóstico de sustentabilidade ecológica mostrou que nem todos os indicadores atingem o limiar de sustentabilidade. Foi relatada uma área de biomassa de $78,67 \pm 5,87 \text{ Mg/ha}^{-1}$ e um estoque de carbono de $39,33 \pm 2,34 \text{ Mg/ha}^{-1}$. As três famílias com a maior BIVF foram Melastomataceae com 38,43, Annonaceae com 24,36 e Meliaceae com 22,69. Essas famílias poderiam ser recomendadas para programas de restauração dentro da comunidade, devido ao seu alto potencial de acumulação de biomassa aérea e captura de carbono, contribuindo para uma gestão que lhes permita melhorar e alcançar o limiar de sustentabilidade em todos os indicadores ecológicos.

Palavras-chave: Amazônia; Inventário florístico; Classes diamétricas; Captura de carbono.

INTRODUCCIÓN

Los boques tropicales tienen una enorme variedad de especies y son reconocidos por su gran biodiversidad, con la existencia de especies únicas en el mundo. Estos a su vez poseen una alta riqueza florística y complejas estructuras que con base a su funcionalidad permiten la obtención de varios recursos (Jadán *et al.*, 2017).

En la actualidad es cada vez más importante la búsqueda de alternativas que propicien un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la capacidad de auto regeneración de los bosques amazónicos (Torres *et al.*, 2020).

El Ecuador cuenta con variedad de flora que se incluyen entre las más ricas y diversas del mundo, conformada por varios tipos de vegetación, los bosques albergan una elevada productividad de biomasa debido a la fertilidad del suelo y representan un cierto porcentaje de las reservas de carbono; sin embargo, la acumulación de biomasa es el propósito clave para el balance entre la ganancia de biomasa acumulada y las pérdidas de esta en la conservación de los ecosistemas (García-Quintana *et al.*, 2021).

Las estimaciones de biomasa y el carbono acumulado en los bosques tropicales facilitan información importante que permite pronosticar la respuesta a las condiciones ambientales cambiantes, de forma tal que posibilite la selección de taxones para mayor efectividad en los programas de reforestación (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2017).

Ante la pérdida inminente de biodiversidad, biomasa y la acelerada destrucción de estos ecosistemas que salvaguarda una enorme reserva de carbono, surge la necesidad por la comunidad científica de orientar estudios que faciliten información básica para alcanzar un desarrollo sostenible adecuado en comunidades vulnerables (García-Quintana *et al.*, 2021; Torres *et al.*, 2020).

De esta forma se busca tomar las medidas pertinentes para mitigar los sectores afectados, encontrar alternativas y proponer medidas para la conservación de estos recursos; generar un consumo de forma consciente y eficaz, así como fomentar la restauración inmediata de las zonas afectadas, con vista a proteger los bosques Amazónicos y en particular la Comunidad de Cotococha, que posee extensas áreas de bosque húmedo tropical aledañas a la microcuenca del río Puyo, presentando serios problemas socioambientales, siendo uno de los de mayor preocupación la acelerada deforestación que se ha incrementado de manera progresiva en los últimos años,



provocando cambios en el uso de suelo hacia los sistemas agroforestales, con el propósito de buscar otros recursos para su sustento económico. Esta situación ha propiciado la susceptibilidad a deslizamientos de tierra, afectando directamente a la biodiversidad, estado de conservación y formas de subsistencia, además de las afectaciones a la captura de carbono, una de las causas del cambio climático existentes de mayor preocupación. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar la biomasa aérea acumulada y sostenibilidad ecológica de un bosque amazónico de la comunidad Cotocochoa, como contribución socioambiental para la Amazonía ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un sector de bosque siempreverde piemontano de la Comunidad Kiwchua de Cotocochoa, ésta se encuentra ubicada en la provincia Pastaza, cantón Pastaza, Parroquia Tarqui, aproximadamente a media hora de la ciudad de Puyo, en el lado izquierdo de la ribera del río Puyo (Figura 1). Sus coordenadas son S1°36'30,6113" W77°54'46,3421". El clima es característico de un bosque húmedo tropical con una altitud promedio de 600 msnm. El área de estudio corresponde a un clima tropical megatérmico húmedo, con una temperatura media anual de 21,3 °C y una precipitación anual de 4119 mm (INAMHI, 2020).

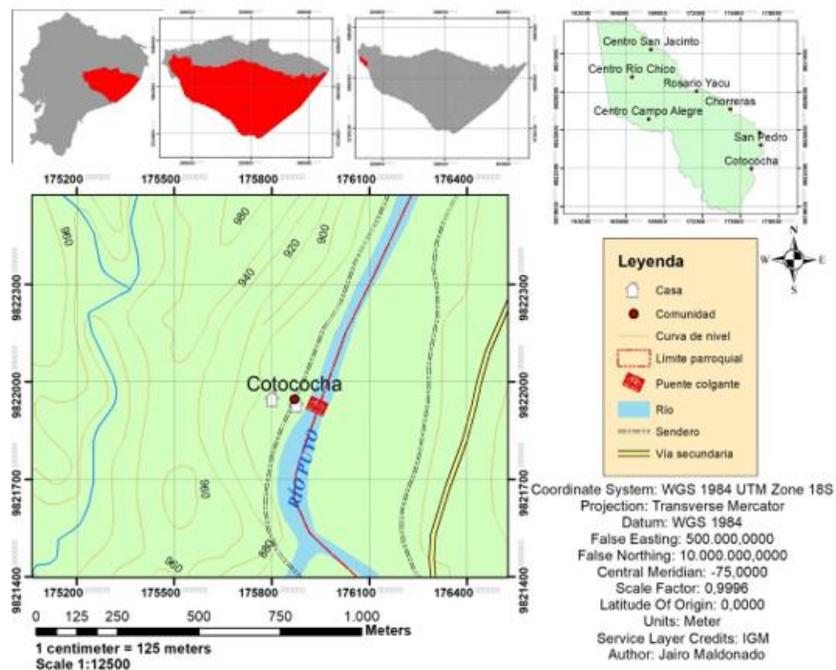


Figura 1. - Ubicación geográfica del área de estudio



Unidad de muestreo

El trabajo de campo se sustentó en información obtenida del proyecto de investigación "Restauración forestal mediante nucleación como contribución a los servicios ecosistémicos de la microcuenca del río Puyo", del cual se participó como parte del equipo de trabajo de conjunto con la Universidad Estatal Amazónica.

Se establecieron cinco transectos de 0,1 ha (10 x 100 m) en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, separados en intervalos de 100 m (Figura 2). Cada transecto partió desde un eje central, a partir del mismo se tomaron cinco metros a cada lado, se colocaron estacas las cuales fueron georreferenciadas con GPS Garmin 760MT-D y se delimitó con piola. Se registró en una matriz de campo todas las especies con $d_{1.30} \geq 10$ cm, medido desde el suelo. La matriz constó de los siguientes datos: nombre común, nombre científico, familia, especie, $d_{1.30}$, y altura total.

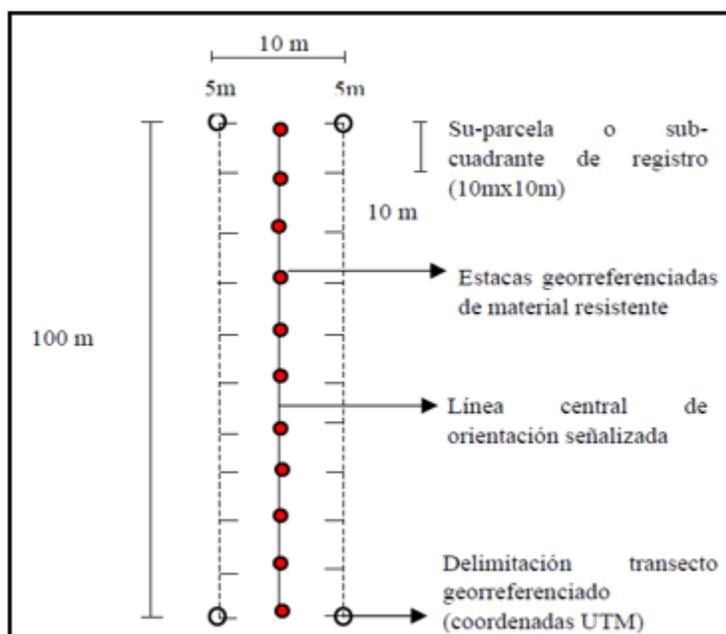


Figura 2. - Modelo de establecimiento de transectos para el muestreo de campo

Diagnóstico del estado actual de sostenibilidad ecológica en base a indicadores de suelo, vegetación, biodiversidad y productividad

Para diagnosticar el estado actual de sostenibilidad ecológica se empleó la técnica de valoración ecológica rápida, a partir de la metodología propuesta por RIFA (2008), que consistió en observaciones de campo de un conjunto de indicadores ecológicos estructurado en cuatro criterios: suelo, estructura, biodiversidad y productividad del ecosistema. Esta herramienta permitió identificar los elementos sensibles del ecosistema mediante el umbral de sostenibilidad ecológica, considerando que valores inferiores a cinco, resultaron con un bajo umbral de sostenibilidad, y, por lo tanto, requieren mayor atención; sin embargo, mientras los valores se aproximan a 8 indica más sostenibilidad en el sistema (Hechavarría & Toirac, 2011; RIFA, 2008).



Determinación del potencial de biomasa aérea acumulada y stock de carbono

Se estimó la biomasa aérea acumulada de las especies arbóreas con $d_{1.30} \geq 10$ cm. Se consideraron los datos de diámetro tomados del inventario florístico y la densidad específica de la madera (ρ) mediante ecuación alométrica estándar de estimación de biomasa propuesta por *Chave et al., (2005)* metodología específica para bosques tropicales (Ecuación 1).

$$BA = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln(d_{1.30}) + 0,207(\ln(d_{1.30}))^2 - 0,0281(\ln(d_{1.30}))^3) \quad (1)$$

Se utilizaron datos de densidad específica de madera de las especies de estudios desarrollados en el área local y en los casos donde la densidad específica no estuvo disponible se utilizó la media global (ρ) para América del Sur tropical ($0,632 \text{ g/cm}^3$) (*Chave et al., 2005*).

Se estimó el contenido de carbono por hectárea, a través del método de estimación indirecta de la biomasa aérea obtenida. Donde aproximadamente el 50 % de la biomasa vegetal corresponde al carbono, por lo cual para estimar el carbono almacenado total se multiplicó la biomasa total (BT) por el factor de corrección 0,5 en ausencia de información específica (*Quiceno-Urbina et al., 2016*) (Ecuación 2).

$$CBT = BT * FC(0,5) \quad (2)$$

Se calculó un índice de valor de importancia de biomasa (BIV) propuesto por (*Torres et al., 2020*), el cual informó sobre el potencial de biomasa que acumula cada especie y la estructura de las especies que conforman cada uso de la tierra (Ecuación 3).

$$BIV = AR + DR + BR \quad (3)$$

Donde:

AR: abundancia relativa;
DR: Dominancia relativa;
BR: Biomasa relativa.

La abundancia relativa se determinó (Ecuación 4).

$$AR = (n/N) * 100 \quad (4)$$

Donde:

n: Número de individuos de cada especie;
N: Número total de individuos.

La dominancia relativa se determinó (Ecuación 5).

$$DR = (Ga/GT) * 100 \quad (5)$$

Donde:

Ga: Área basal de cada especie;
GT: área basal total.



El área basal se determinó (Ecuación 6).

$$Ga=(\pi/4)*(d_{1.30})^2 \quad (6)$$

La biomasa relativa se determinó (Ecuación 7).

$$BR=(Ba/BT)*100 \quad (7)$$

Donde:

Ba: biomasa absoluta de cada especie;
BT: biomasa aérea total acumulada.

RESULTADOS

Composición y estructura florística

Los resultados de la composición florística, a partir del inventario forestal, registró un total de 83 especies que se distribuyen en 31 familias botánicas y 284 individuos (Figura 3a), siendo las familias Melastomataceae (10), Fabaceae (7), Euphorbiaceae (7) y Salicaceae (6) las que presentan mayor número de especies con un 36,14 % de las especies registradas en el inventario, además tres de estas familias también representaron mayor número de individuos Melastomataceae (71), Salicaceae (22), Fabaceae (20).

En cuanto a la estructura vertical, se presentó una vegetación en constante crecimiento, registrando un individuo en el estrato alto (> 20,1 m), 134 en el estrato medio (10,1 20 m) y 149 individuos en el estrato bajo (< 10 m) (Figura 3b). La distribución de clases diamétricas presentó una tendencia en forma de Jota invertida, indicador de que la vegetación se autosustenta, con mayor concentración de individuos en la clase diamétrica inferior 10-19,9cm y con representación de individuos en todas las clases diamétricas (Figura 3c).



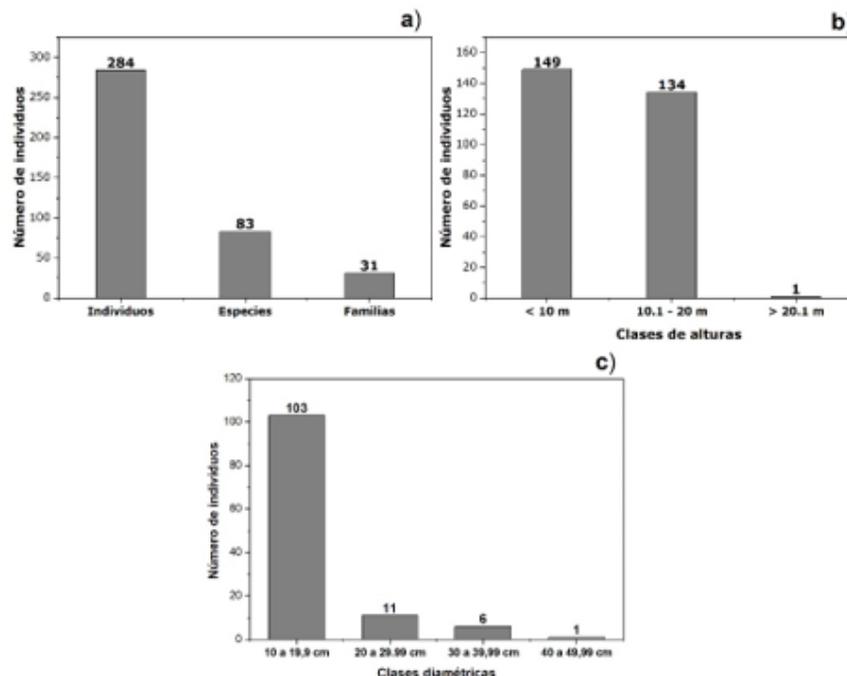


Figura 3. - Composición florística y estructura de un bosque de la comunidad Cotocochoa

Leyenda: a: Composición florística; b: Distribución de clases de altura; c: Distribución de clases diamétricas.

Estado actual de sostenibilidad ecológica en base a indicadores de vegetación, suelo, biodiversidad y productividad

La Figura 4 mostró el conjunto de indicadores que describen el estado actual de sostenibilidad ecológica presente en el área de bosque de la comunidad Cotocochoa. El perfil del suelo es un indicador ecológico que ayuda a establecer la calidad de suelo. En el área de estudio, se obtuvo un valor de (3), que indicó la presencia de un suelo superficial delgado (Figura 4).

La densidad aparente es un indicador de la relación de masa y volumen del suelo. El área de estudio presentó un valor de (6), reportando la presencia de suelos no compactos, lo cual es evidencia de un adecuado crecimiento radical de las plantas.

El número de lombrices y artrópodos, junto con la presencia de vegetación en descomposición son indicadores de la actividad biológica del suelo. El área de estudio mostró un valor ecológico de (6), el cual indicó la presencia de lombrices y artrópodos en grandes cantidades. La presencia de vegetación en descomposición mostró un valor ecológico de (6), característico de vegetación en varios estados de descomposición y residuos bien descompuesto. Ambos indicadores evidenciaron una alta actividad biológica del suelo.

La biodiversidad de flora y fauna es un indicador ecológico del estado de conservación del bosque. El área de estudio presentó un valor de (5), el cual describió para el componente flora la presencia de poca variabilidad de especies vegetales (5-10 especies arbóreas y pocas especies de sotobosque), mientras que el componente fauna presentó



un valor ecológico de (4) siendo descriptor de poca presencia y visibilidad de especies de fauna en el área de estudio.

La estructura en función de la altura es un indicador ecológico del grado de complejidad que presenta el ecosistema. El área de estudio presentó un valor ecológico de (4) que indicó la presencia de un ecosistema moderadamente complejo y también una diversidad de especie e interacciones entre elementos moderado.

La productividad ecológica y económica es un indicador ecológico que determina el grado de sostenibilidad del ecosistema. El área de bosque presentó un valor de (3) para el indicador productividad ecológica, lo cual indicó la existencia de algunas funciones ecológicas asociadas a la calidad de agua, conservación del suelo, hábitat y alimento disponible para los animales, además de considerar que existen sistemas en desarrollo para estudios científicos relacionados con la captura de carbono o turismo. El indicador productividad económica también presentó un valor (3), lo cual indicó la existencia de un sistema productivo para autoconsumo o para comercializar, pero que no cumple con los objetivos de los propietarios.

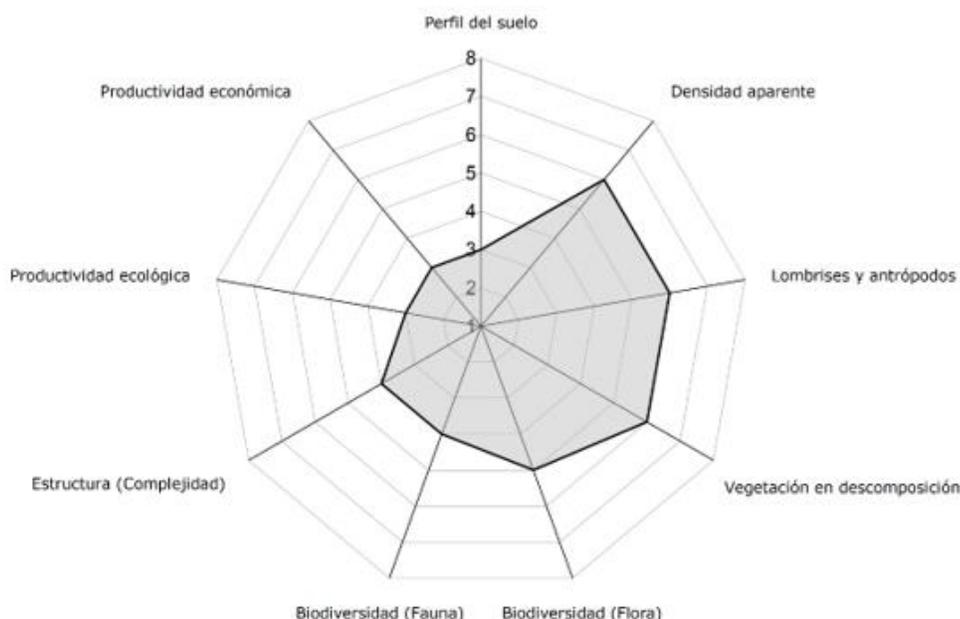


Figura 4. - Diagrama de araña de los indicadores ecológicos relacionados con la vegetación, suelo, biodiversidad y productividad

Potencial de biomasa aérea acumulada y stock de carbono en la zona baja de la microcuenca del río Puyo

A partir de los resultados obtenidos a través del inventario florístico realizado se pudo estimar el potencial de biomasa aérea y stock de carbono almacenado, en el cual se evidenció que el área de bosque de la comunidad de Cotococha presentó una biomasa aérea de $78,67 \pm 5,87 \text{ Mg/ha}^{-1}$ y un stock de carbono almacenado de $39,33 \pm 2,34 \text{ Mg/ha}^{-1}$ (Figura 5a).



De las diez familias con mayor índice de valor de importancia de biomasa (BIVF) registradas en el sector de bosque de la comunidad Cotococha, las tres que mayor BIVF presentaron fueron Melastomataceae con un valor de 38,43 y estuvo representadas por 10 especies del género *Miconia* siendo la especie *M. multispicata*, *M. grandiflora*, *M. spicata*, *M. pilgeriana* las más representativas; seguido de Annonaceae con un BIVF de 24,36 y representada por las especies *Duguetia veneficiorum*, *Rollinia crysocarpa*, *Xylopia cuspidata* y *Rollinia pittieri*, siendo esta última la más representativa; y la familia Meliaceae con un BIVF de 22,69, representada por las especies *Cabralea canjerana*, *Cedrela odorata*, *Guarea grandifolia*, *Guarea kunthiana*, *Trichillia septentrionalis*, siendo esta última la más representativa (Figura 5b).

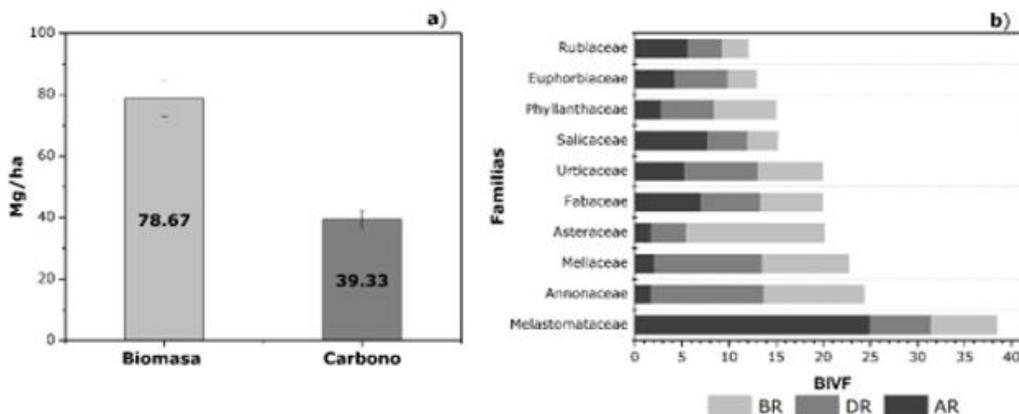


Figura 5. - Potencial de biomasa aérea acumulada en el bosque de la comunidad Cotococha

Leyenda: a: Media de la biomasa aérea acumulada y stock de carbono; b: : Índice de valor de importancia de biomasa a nivel de familia (BIVF); BR: Biomasa relativa; DR: Dominancia relativa; AR: Abundancia relativa.

DISCUSIÓN

La composición florística en el área de bosque de la comunidad Cotococha en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, concuerdan con varios estudios que describen patrones florísticos similares que han sido reportado para la Amazonía (Cabrera-Amaya & Rivera-Díaz, 2016; García-Quintana et al., 2021; Jadán et al., 2017). Las familias Melastomataceae, Fabaceae, Euphorbiaceae y Salicaceae fueron las más representativa en cuanto al mayor número de especies registrados, lo que concuerda con estudios previamente reportados en áreas que presentan características topográficas e hidrográficas similares a la presente investigación (Caranqui, 2013; García-Quintana et al., 2021), sin embargo solo la familia Melastomataceae y Fabaceae son las que presentan el mayor número de individuos, siendo potenciales para utilizar en programas de restauración debido alta capacidad de sobrevivencia a las alteraciones antrópicas presente en esta área de estudio, además han sido catalogadas entre las familias con mayor riqueza en bosques de tierra bajas (Gentry, 1988). Por otra parte, la familia Arecaceae también reportó un alto número de individuos (15), siendo la especie *Wettinia maynensis* más representativa en esta familia, además la presencia de esta especie es característica de un bosque húmedo tropical (Peñuela et al., 2019). La alta presencia de especies de la familia Melastomataceae, características de bosque secundario, con



regeneración natural, especialmente en claros, típica de sucesión ecológica que indica cambios ambientales en el ecosistema (Ducuara, 2013).

Los resultados del análisis de sostenibilidad ecológica en base a los criterios de la vegetación, suelo, biodiversidad y productividad, indican que para lograr el equilibrio ecológico se debe priorizar los valores por debajo de cinco por no alcanzar el umbral de sostenibilidad, mientras que los indicadores con valores a partir de cinco han alcanzó el umbral de sostenibilidad. Por lo tanto, se evidenció como resultado del análisis de sostenibilidad ecológica que el área de bosque de la comunidad Cotococha requiere un manejo que le permita alcanzar el umbral de sostenibilidad (RIFA, 2008).

Los resultados de biomasa aérea obtenidos en la presente investigación, resultaron relativamente bajos en comparación con un estudio realizado en la zona alta de la microcuenca del río Puyo, donde se ha registrado un contenido de biomasa área de 339,70 Mg/ha⁻¹ (García-Quintana *et al.*, 2021), en un bosque siempreverde de la provincia de Napo se ha registrado hasta 340 Mg/ha⁻¹ (Torres *et al.*, 2020), en un bosque de tierra firme de la Amazonía colombiana se ha reportado hasta 297,6 Mg/ha⁻¹ (Parky *et al.*, 2017). También se han reportados estudios en otras áreas de bosque, como es el caso de la Amazonia occidental registrando hasta 239,8 Mg/ha⁻¹ y en la Amazonía oriental central con 316,8 Mg/ha⁻¹ (Mitchard *et al.*, 2014). El bajo contenido de biomasa que presentó el área de bosque de la comunidad Cotococha ubicado en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, se puede atribuir a las perturbaciones generadas por los habitantes de la comunidad, que con el pasar de los años ha realizado fuertes alteraciones a través de la expansión agrícola y ganadera, aprovechamiento de madera y comercialización de varios productos forestales no maderable.

En la actualidad, se habla que los bosques amazónicos funcionan como un gran sumidero de carbono, debido a la biomasa aérea que acumulan de las especies forestales y también son unos de los mayores almacenes de biodiversidad (Oca-cano, 2012; Ureta Adrianzén, 2015). Un análisis realizado por Keeling & Phillips (2007) menciona que los bosques tropicales del mundo por lo general no tienen valores de biomasa por encima de los 350 Mg/ha⁻¹. Esto resalta la gran importancia que representa la conservación de los bosques amazónicos a nivel mundial, pero los datos del análisis realizado en este estudio resultan preocupantes por el bajo contenido de biomasa aérea que presentó el bosque de la comunidad Cotococha, por lo que se requiere realizar acciones inmediatas.

Con los resultados obtenidos BIVF se logró identificar las familias botánicas que mayor contribución presentan a la acumulación de biomasa aérea, aportando información de vital importancia al momento de establecer planes que ayuden a recuperar áreas fragmentadas por el mal manejo y aprovechamiento de los recursos del bosque. Se ha reportado varios estudios en el cual utilizan BIVF como herramienta para hacer un buen programa de restauración forestal, debido a que esta presenta bases científicas fundamentadas de las familias de mayor valor ecológico y con capacidad para mantener las reservas de carbono (García-Quintana *et al.*, 2021; Torres *et al.*, 2020).

El BIVF, con base en los parámetros fitosociológicos de abundancia, frecuencia y dominancia permite el análisis ecológico de las comunidades vegetales orientado a interpretaciones de la importancia relativa de las familias botánicas (Torres *et al.*, 2020). Esto proporciona información relevante en cuanto a la acumulación de biomasa, producción y calidad del sitio o condición ambiental de cada hábitat en específico ocupado por grupos de familias botánicas.



La capacidad de los bosques para almacenar carbono en forma de biomasa varía en función de la composición florística, la densidad y la edad de la población (Rojas-Vargas *et al.*, 2019). Esto corrobora los resultados de la presente investigación en el cual se evidenció un bajo contenido de carbono acumulado, lo cual resulta muy preocupante y requiere de medidas inmediatas de mitigación del impacto socioambiental generado, con el fin de conservar y recuperar este importante reservorio de bosque de la cuenca amazónica, que se ve amenazado por las malas prácticas de aprovechamiento. Esto apunta a que las prácticas de aprovechamiento y cambio de uso de suelo generan un alto riesgo en los árboles de mayor potencial de almacenamiento de carbono y pueden propiciar el empobrecimiento de las reservas de carbono en el bosque siempreverde pie Montaña (García-Quintana *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

La composición florística registró un total de 83 especies, distribuidas en 31 familias botánicas y 284 individuos, resultando las familias Melastomataceae y Fabaceae con mayor riqueza florística, lo que puede ser considerado como referente para las condiciones amazónicas.

La estructura del bosque indicó que la vegetación está en crecimiento con mayor número de individuos el estrato bajo ($h < 10$ m) y una distribución de clases diamétricas en forma de jota invertida, reflejando el predominio de un bosque joven.

La sostenibilidad ecológica en base a los indicadores vegetación, suelo, biodiversidad y productividad reportó que el sector de bosque de la comunidad Cotococha se encuentra vulnerable.

Se reportó para la comunidad Cotococha un bajo potencial de biomasa aérea con valores de $78,67 \pm 5,87$ Mg/ha⁻¹ y un stock de carbono de $39,33 \pm 2,34$ Mg/ha⁻¹. El índice de valor de importancia de biomasa facilitó identificar a las familias Melastomataceae, Annonaceae y Meliaceae con mayor potencial para acumular biomasa, lo cual podrían ser recomendadas para programas de restauración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANZÉN, M.U., 2015. Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 63, no. 1, pp. 263-273. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2215-2075. DOI 10.15517/rbt.v63i1.14254. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/14254>.
- BARBOSA, E.P., MORENO, F. y ALVAREZ-DÁVILA, E., 2017. Contenido de carbono en un bosque de tierra firme del resguardo Nonuya-Villazul, amazonia colombiana. *Colombia forestal* [en línea], vol. 20, no. 2, pp. 144-157. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2256-201X. DOI 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a04. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/11188>.



- CABRERA-AMAYA, D.M. y RIVERA-DÍAZ, O., 2016. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA DE LOS BOSQUES RIBEREÑOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PAUTO, CASANARE, COLOMBIA. *Caldasia* [en línea], vol. 38, no. 1, pp. 53-85. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0366-5232. DOI 10.15446/caldasia.v38n1.57829. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322016000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- CARANQUI, J., 2015. ANÁLISIS TEMPORAL ENTRE DOS ESTADOS DEL BOSQUE SIEMPRE VERDE DE TIERRAS BAJAS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PASTAZA. En: Accepted: 2018-01-24T01:38:14Z, *Journal of Chemical Information and Modeling*, [en línea], vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. [Consulta: 7 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/7936>.
- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D., FÖLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.-P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIÉRA, B. y YAMAKURA, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* [en línea], vol. 145, no. 1, pp. 87-99. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1432-1939. DOI 10.1007/s00442-005-0100-x. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>.
- GENTRY, A.H., 1988. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* [en línea], vol. 75, no. 1, pp. 1-34. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0026-6493. DOI 10.2307/2399464. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2399464>.
- HECHAVARRÍA, O. y TOIRAC, W., 2011. LA FORESTERIA ANALOGA: UNA OPORTUNIDAD PARA REFORESTAR ECOSISTEMAS FORESTALES. *Revista Forestal Baracoa* [en línea], Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2012800042>.
- HURTADO, E.A. y SUÁREZ, Á.G., 2013. POTENCIAL DE USO DE Piptocoma discolor (Kunth) Pruski EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. *Ingenierías & Amazonia* [en línea], vol. 6, no. 1. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1692-7389. Disponible en: <http://www.uniamazonia.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/299>.
- INAMHI, 2020. *Anuarios Meteorológicos. Estación Meteorológica Puyo. Institutos* [en línea]. 2020. S.l.: INAMHI. Disponible en: <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.
- JADÁN, O., QUIZHPE, W., PACHECO, E., AGUIRRE, Z., GONZÁLEZ, M., PONCE, E. y PEÑA, D., 2017. Riqueza florística y carbono almacenado en tres pisos altitudinales de bosques amazónicos, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero* [en línea], vol. 7, no. 1. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2528-7818. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/172>.
- KEELING, H.C. y PHILLIPS, O.L., 2007. The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography* [en línea], vol. 16, no. 5, pp. 618-631. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1466-8238. DOI 10.1111/j.1466-



8238.2007.00314.x. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2007.00314.x>

MITCHARD, E.T.A., FELDPAUSCH, T.R., BRIENEN, R.J.W., LOPEZ-GONZALEZ, G., MONTEAGUDO, A., BAKER, T.R., LEWIS, S.L., LLOYD, J., QUESADA, C.A., GLOOR, M., STEEGE, H. ter, MEIR, P., ALVAREZ, E., ARAUJO-MURAKAMI, A., ARAGÃO, L.E.O.C., ARROYO, L., AYMARD, G., BANKI, O., BONAL, D., BROWN, S., BROWN, F.I., CERÓN, C.E., MOSCOSO, V.C., CHAVE, J., COMISKEY, J.A., CORNEJO, F., MEDINA, M.C., COSTA, L.D., COSTA, F.R.C., FIORE, A.D., DOMINGUES, T.F., ERWIN, T.L., FREDERICKSON, T., HIGUCHI, N., CORONADO, E.N.H., KILLEEN, T.J., LAURANCE, W.F., LEVIS, C., MAGNUSSON, W.E., MARIMON, B.S., JUNIOR, B.H.M., POLO, I.M., MISHRA, P., NASCIMENTO, M.T., NEILL, D., VARGAS, M.P.N., PALACIOS, W.A., PARADA, A., MOLINA, G.P., PEÑA-CLAROS, M., PITMAN, N., PERES, C.A., POORTER, L., PRIETO, A., RAMÍREZ-ANGULO, H., CORREA, Z.R., ROOPSIND, A., ROUCOUX, K.H., RUDAS, A., SALOMÃO, R.P., SCHIETTI, J., SILVEIRA, M., SOUZA, P.F. de, STEININGER, M.K., STROPP, J., TERBORGH, J., THOMAS, R., TOLEDO, M., TORRES-LEZAMA, A., ANDEL, T.R. van, HEIJDEN, G.M.F. van der, VIEIRA, I.C.G., VIEIRA, S., VILANOVA-TORRE, E., VOS, V.A., WANG, O., ZARTMAN, C.E., MALHI, Y. y PHILLIPS, O.L., 2014. Markedly divergent estimates of Amazon forest carbon density from ground plots and satellites. *Global Ecology and Biogeography* [en línea], vol. 23, no. 8, pp. 935-946. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1466-8238. DOI 10.1111/geb.12168. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/geb.12168>.

MONTES DE OCA-CANO, E., ROJAS-ASCENSIÓN, M., GARCÍA-RAMÍREZ, P., NÁJERA-LUNA, J.A., MÉNDEZ-GONZÁLEZ, J. y GRACIANO-LUNA, J. de J., 2012. ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE *Pinus durangensis* Martínez EN EL SALTO, DURANGO. *Colombia Forestal* [en línea], vol. 15, no. 2, pp. 151-159. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0120-0739. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-07392012000200001&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

PEÑUELA, M.C., BUSTILLOS-LEMA, M., ÁLVAREZ-SOLAS, S. y NÚÑEZ-AVELLANEDA, L.A., 2019. Reproductive phenology variation of the multiple inflorescence-palm tree *Wettinia maynensis* in relation to climate, in a Piedmont forest in western Amazonia. *Trees* [en línea], vol. 33, no. 3, pp. 867-876. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1432-2285. DOI 10.1007/s00468-019-01824-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01824-7>.

QUICENO URBINA, N.J., TANGARIFE MARÍN, G.M. y ÁLVAREZ LEÓN, R., 2016. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE BIOMASA, FIJACIÓN DE CARBONO Y SERVICIOS AMBIENTALES, EN UN ÁREA DE BOSQUE PRIMARIO EN EL RESGUARDO INDÍGENA PIAPOCO CHIGÜIRO-CHÁTARE DE BARRANCOMINAS, DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA (COLOMBIA). *Luna Azul* [en línea], no. 43, pp. 171-202. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1909-2474. DOI 10.17151/luaz.2016.43.9. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-24742016000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.



QUINTANA, Y.G., ARTEAGA-CRESPO, Y., TORRES-NAVARRETE, B., BRAVO-MEDINA, C. y ROBLES-MURILLO, M., 2021. Biomasa aérea de familias botánicas en un bosque siempreverde piemontano sometido a grados de intervención. *Colombia forestal* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 45-59. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2256-201X. DOI 10.14483/2256201X.15939. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/15939>.

RIFA, 2008. *Forestería Análoga: Principios e Implementación*. 2008. S.l.: CATIE.

RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.A., GUEVARA-HERNÁNDEZ, F., REYES-MURO, L., OVANDO-CRUZ, J., NAHED-TORAL, J., PRADO-LÓPEZ, M. y CAMPOS SALDAÑA, R.A., 2016. Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 7, no. 37, pp. 77-94. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322016000500077&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

ROJAS-VARGAS, E.P., SILVA-AGUDELO, E.D., GUILLÉN-MOTTA, A.Y., MOTTA-DELGADO, P.A. y HERRERA-VALENCIA, W., 2019. Carbono almacenado en estrato arbóreo de sistemas ganaderos y naturales del municipio de Albania, Caquetá, Colombia. *Ciencia y Agricultura* [en línea], vol. 16, no. 3, pp. 35-46. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2539-0899. DOI 10.19053/01228420.v16.n3.2019.9515. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/9515.

TORRES, B., VASSEUR, L., LÓPEZ, R., LOZANO, P., GARCÍA, Y., ARTEAGA, Y., BRAVO, C., BARBA, C. y GARCÍA, A., 2020. Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. En: Company: SpringerDistributor: SpringerInstitution: SpringerLabel: Springernumber: 4publisher: Springer Netherlands, *Agroforestry Systems* [en línea], vol. 94, no. 4, pp. 1235-1245. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1572-9680. DOI 10.1007/s10457-018-00342-8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-018-00342-8>.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2022 Valeria Santander Malo, Yudel García Quintana.

