

*Artículo Científico***CUANTIFICACIÓN DE ABSORCIÓN DE CO₂ DE LAS ESPECIES *WEINMANNIA FAGAROIDES* Y *ALNUS ACUMINATA* DENTRO DEL ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA CERRO BLANCO****QUANTIFICATION OF CO₂ ABSORPTION OF THE SPECIES *WEINMANNIA FAGAROIDES* AND *ALNUS ACUMINATA* IN THE CERRO BLANCO PRIVATE CONSERVATION AREA**María Fernanda López¹ y Marjori Morejón

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, Ibarra, Ecuador.

*Correspondencia: mflopez2@pucesi.edu.ec

Recepción: 28 de enero de 2025; Aceptación: 26 de enero 2026; Publicación: 26 de abril de 2026

Forma de citar:López, M. F., y Morejón, M. (2026). *Cuantificación de absorción de CO₂ de las especies Weinmannia fagaroides y Alnus acuminata dentro del área de conservación privada Cerro Blanco*. *InfoAnalítica*, 14(1), 38–48. <https://doi.org/10.26807/ia.v14i1.303>

© 2026 Los autores. Publicado por Revista InfoAnalítica. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), que permite el uso, distribución, adaptación y reproducción en cualquier medio o formato, siempre que se cite adecuadamente la obra original y que las obras derivadas se distribuyan bajo la misma licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Área de Conservación Privada Cerro Blanco, cantón Otavalo, provincia de Imbabura, cerca de las instalaciones de la Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM). El objetivo fue evaluar el porcentaje de absorción de CO₂ de las especies *Weinmannia fagaroides* (encenillo) y *Alnus acuminata* (aliso) en respuesta al cambio climático y al aumento de gases de efecto invernadero. Se determinó cuál de estas especies tiene mayor capacidad de captura de carbono en su estructura vegetal, proporcionando información para el proyecto “1 Millón de Árboles” impulsado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) y la política de Carbono Cero de UNACEM. Se establecieron dos parcelas por especie en sitios seleccionados. Se tomaron muestras de las copas de los árboles y se utilizó el método de calcinación para determinar el porcentaje de carbono absorbido. Los resultados indicaron que *Alnus acuminata* almacena 0,22 toneladas de carbono por individuo, mientras que *Weinmannia fagaroides* almacena 0,10 toneladas. Se analizaron factores ambientales como la humedad del suelo y la temperatura, los cuales pueden influir en la captura de carbono. Se observó que las diferencias en la composición del suelo y el régimen hídrico de cada especie impactan su capacidad de almacenamiento de CO₂. Estos hallazgos sugieren la importancia de considerar condiciones ecológicas al seleccionar especies para reforestación y mitigación del cambio climático. Los resultados destacan la necesidad de implementar estrategias de conservación que favorezcan la recuperación de ecosistemas degradados y maximicen la absorción de carbono. Se recomienda integrar manejo sostenible y fomentar biodiversidad para fortalecer la resiliencia de ecosistemas forestales.

Palabras clave: bosque, dióxido de carbono, efecto invernadero, UNACEM.

ABSTRACT

The research was conducted in the Cerro Blanco Private Conservation Area in Otavalo, Imbabura, near the UNACEM cement production facilities. The objective was to evaluate the CO₂ absorption percentage of *Weinmannia fagaroides* and *Alnus acuminata* in response to climate change and increasing greenhouse gas concentrations. This study provided relevant information for the “Million Trees” project and the Zero Carbon policy implemented by UNACEM. Two plots per species were established in selected sites. Tree canopy samples were taken, and the calcination method was used to determine the percentage of carbon absorbed. The results showed that *Alnus acuminata* stores 0.22 tons of carbon per individual, while *Weinmannia fagaroides* stores 0.10 tons. Environmental factors such as soil moisture and temperature were analyzed, as they can influence carbon capture efficiency. Differences in soil composition and the hydric regime of each species impact their CO₂ storage capacity. These findings highlight the importance of considering ecological conditions when selecting species for reforestation and mitigation of climate change. The results emphasize the need to implement conservation strategies that promote ecosystem recovery and maximize carbon absorption. Integrating sustainable management and fostering biodiversity will strengthen the resilience of forest ecosystems against climate change.

Keywords: Carbon dioxide, effect, forest, greenhouse, UNACEM.

INTRODUCCIÓN

Con el surgimiento de la revolución industrial, las actividades industriales han liberado una gran cantidad de gases contaminantes de efecto invernadero a la atmósfera, provocando un incremento en la temperatura global; y con las consecuencias que conlleva a los ecosistemas y a la conservación de la biodiversidad (Environmental Protection Agency, 2022).

Los principales gases que producen el efecto invernadero en la atmósfera son el CO₂, el NO₂, y el metano, los cuales durante las últimas décadas han ido aumentando considerablemente debido a los modelos de producción y consumo. Este incremento ha deteriorado la calidad del aire y ha elevado el riesgo de enfermedades respiratorias, especialmente en niños y adultos mayores.

Ante esta problemática global, la mitigación del cambio climático se ha convertido en una prioridad tanto para gobiernos como para la sociedad civil y el sector empresarial; una de las estrategias más importantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y estabilizar el clima es el secuestro de carbono, proceso mediante el cual los ecosistemas absorben y almacenan CO₂ de la atmósfera (Pardos, 2016, p. 321).

La investigación tuvo como objetivo cuantificar la cantidad de carbono capturado por las especies vegetales *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata* dentro del Área de Conservación Privada Cerro Blanco, determinando cuál de ellas posee un mayor porcentaje de absorción de CO₂, siendo de relevancia para futuros proyectos de reforestación en la zona.

La elección de investigar la especie *Alnus acuminata* como parte central de este estudio se basó en su predominancia en el área de conservación, lo que aseguró la efectividad del análisis, además, esta especie vegetal se destaca como una opción principal para la reforestación en los ecosistemas andinos, lo que añadió relevancia a la investigación, en cuanto a la especie *Weinmannia fagaroides*, su amplia distribución en el bosque protector la convirtió en un punto de estudio clave; es importante resaltar que, a pesar de su importancia ecológica, no se han realizado estudios previos sobre su capacidad para almacenar CO₂.

La metodología aplicada en la investigación tuvo un enfoque descriptivo al medirse variables de las especies como altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de la especie *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata* luego del establecimiento de parcelas en puntos de predominancia de los árboles, con esto se aplicaron fórmulas para determinar la cantidad de carbono almacenado en cada una de las parcelas de las dos especies; también se aplicó un método experimental para estimar el porcentaje de absorción de CO₂ tras la colecta de muestras vegetales de los árboles plus seleccionados, y se realizó el análisis en laboratorio a través del método de calcinación para determinación de cenizas.

Los resultados de este estudio indicaron que la especie *Weinmannia fagaroides* absorbe un valor de 0,105 toneladas de CO₂ en la estructura vegetal de cada individuo, mientras que la especie *Alnus acuminata* absorbe 0,25 toneladas en cada uno de los árboles; así mismo hay un almacenamiento de 16,25 ton por cada hectárea de *Weinmannia fagaroides*, y de 12,93 toneladas en cada hectárea de la especie *Alnus acuminata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el proyecto de investigación se aplicó el método descriptivo para la identificación de las especies vegetales en los puntos de muestreo establecidos, y la medición de variables de interés como altura y el DAP de las especies seleccionadas, para su posterior recolección en el Área de Conservación Privada Cerro Blanco.

Se aplicó la técnica de observación directa para una inspección primaria del lugar y reconocimiento de las especies *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata* dentro de la zona; una vez determinados los sitios en los que hay mayor predominancia de estas especies, se elaboró un mapa del área de estudio por medio del software ArcGIS. Una vez realizada la identificación del área de estudio se marcaron 2 puntos de muestreo por cada una de las especies; y se procedió al establecimiento de una parcela en cada sitio de muestreo seleccionado, éstas tuvieron dimensiones de 50 m x 50 m ya que presentan menos problemas con respecto a la presencia o ausencia de árboles dentro y fuera de los bordes y permiten cubrir una superficie equivalente al

0,4 % del bosque de estudio, además fueron de tipo permanentes por ser más eficientes, a fin de determinar la dinámica respecto de la fijación de carbono (Arévalo, 2015, p. 7).

Para la mensuración forestal, se aplicó el método no destructivo, realizando mediciones directas en el campo del DAP y altura total de los árboles, para luego calcular el volumen, biomasa en la superficie, biomasa total, y cantidad de CO₂ secuestrado en el área de estudio mediante ecuaciones. (Russo, 2009, p. 5,6). El DAP fue medido a la altura del pecho (1,30 m) ya que es la medida estándar reconocida internacionalmente; y la medición de la altura de los árboles se realizó mediante principios trigonométricos con un clinómetro Abney. Para la recolección de muestras se seleccionaron árboles plus aplicando el método de árboles de comparación, y se procedió al corte y recolección de los árboles plus con la ayuda de una podadora aérea, se procuró tomar de 3 a 5 muestras de cada árbol de la periferia de ramas y hojas, se colocaron en mallas de invernadero, y se etiquetaron con su nombre, número de parcela, y número de árbol plus, para su posterior traslado al laboratorio (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2022, p. 8).

Para la fase de laboratorio se aplicó un método experimental orientado al análisis químico de la biomasa aérea de las muestras recolectadas, con el fin de determinar el contenido de cenizas mediante el método de calcinación y estimar la cantidad de carbono presente en las muestras.

Inicialmente, las muestras vegetales se pesaron para determinar su peso húmedo. Posteriormente, fueron trasladadas al laboratorio en bolsas de papel, donde se separaron en ramas y hojas y se colocaron en bandejas de papel de 25 × 15 cm. A continuación, se registró un segundo peso húmedo utilizando una balanza analítica.

Luego, las muestras se secaron en estufa a 80 °C durante 48 horas. Finalizado este proceso, se pesaron nuevamente para calcular el porcentaje de humedad mediante la fórmula correspondiente. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a calcinación, y la pérdida de masa obtenida se utilizó como base para estimar la fracción de carbono presente en la biomasa. A partir del porcentaje de cenizas determinado, se estimó la cantidad de CO₂ almacenado.

Área de estudio

El estudio se realizó en el Área de Conservación Privada Cerro Blanco, ubicada en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura, Ecuador, entre 2.800 y 3.600 m s. n. m. El área corresponde a un bosque montano con presencia de especies nativas, temperatura media anual de 12 °C y precipitación aproximada de 1.500 mm.

Diseño experimental

Se empleó un diseño descriptivo y comparativo con enfoque cuantitativo. Se seleccionaron cuatro parcelas permanentes, dos por especie, cada una de 50 × 50 m (0,25 ha), con base en criterios de representatividad del bosque y referencias metodológicas previas (Arévalo, 2015). La ubicación de las parcelas se determinó mediante muestreo dirigido en zonas con predominancia de *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata*, las cuales fueron georreferenciadas mediante GPS y cartografiadas en ArcGIS.

En cada parcela se registraron todos los individuos con DAP ≥ 10 cm, contabilizando un total de **n = XX** árboles por especie. Se midieron las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y biomasa aérea estimada.

Medición de variables

- **DAP:** medido con cinta diamétrica (precisión ±0,1 cm).
- **Altura:** determinada mediante clinómetro Abney (precisión ±0,5°) aplicando principios trigonométricos.
- **Edad estimada:** calculada mediante modelos alométricos para especies andinas.
- **Factores ambientales:** humedad del suelo y temperatura registradas con sensores digitales calibrados (±0,5 % y ±0,1 °C).

Estimación de biomasa y carbono

Se aplicaron ecuaciones alométricas validadas para bosques andinos (Russo, 2009) para calcular biomasa aérea. Posteriormente, se estimó el carbono como el 45 % de la biomasa seca, y el CO₂ equivalente mediante el factor de conversión 3,67 (IPCC, 2006).

Muestreo y análisis de laboratorio

Se seleccionaron árboles plus (3-5 por parcela) para coleccionar muestras de hojas y ramas mediante podadora aérea. Las muestras se secaron en estufa a 80 °C durante 48 h, se pesaron en balanza analítica ($\pm 0,01$ g) y se sometieron a calcinación a 550 °C para determinar cenizas. El contenido de carbono se calculó a partir de la pérdida de masa, siguiendo protocolos estandarizados (UPTC, 2022).

Análisis estadístico

Se verificó normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Se compararon especies mediante ANOVA de una vía ($\alpha = 0,05$) y se calcularon intervalos de confianza al 95 %. La relación entre DAP y altura se evaluó con correlación de Pearson y se reportaron coeficientes r y r^2 . El análisis se realizó en R v4.3.1.

RESULTADOS

Weinmannia fagaroides

Como se puede observar en la Figura 1 la especie *Weinmannia fagaroides* es una especie nativa de regiones templadas de América del Sur, crece en bosques de tipo subpáramo entre los 2800 a 3600 msnm. Su polinización se da por anemofilia, la madera se utiliza para la construcción de cercas, muebles o leña, y sirve como refugio de varias especies de aves (Global Biodiversity Information Facility, 2023).

Figura 1. Especie *Weinmannia fagaroides*
(Ruiz, 2024)



Alnus acuminata

Como se puede observar en la Figura 2 esta especie es un árbol nativa de los Andes, de hasta 20 metros de altura que se puede encontrar en laderas montañosas, riberas de los ríos, pendientes húmedas, y en zonas con mucha neblina, se ubica en áreas con temperaturas entre 4° a 27° y con precipitaciones de 1000 a 3000 mm; tiene aplicaciones en la agroforestería ya que es de rápido crecimiento y aporta grandes cantidades de nitrógeno al suelo; también es una especie idónea para suelos degradados y para proyectos de reforestación ya que absorbe grandes cantidades de CO₂ y óxido nitroso de la atmósfera (Guerrero et al., 2018).

Figura 2. Especie *Alnus acuminata*
(Ruiz, 2024)



Los sitios de implementación de las 4 parcelas que sirvieron para la medición y colecta de las especies *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata* fueron georreferenciadas mediante el software ArcGIS en la Figura 3.

Figura 3. Sitios de muestreo establecidos en el Área de Conservación Privada Cerro Blanco DAP (Ruiz, 2024)

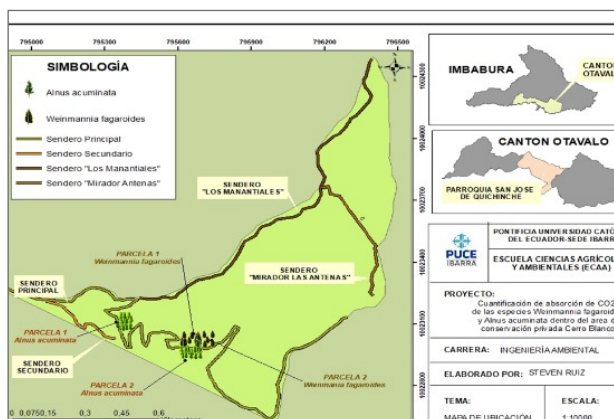
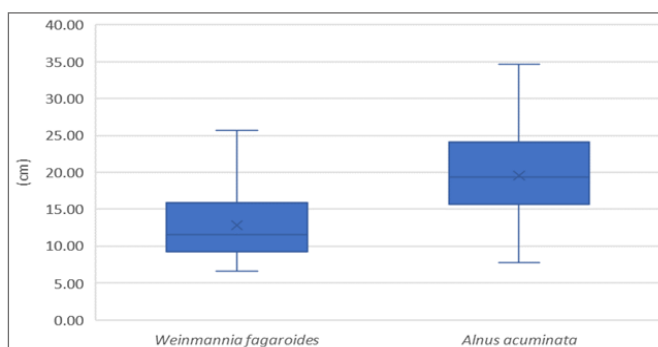


Figura 4. Relación entre la especie y el DAP (Ruiz, 2024)

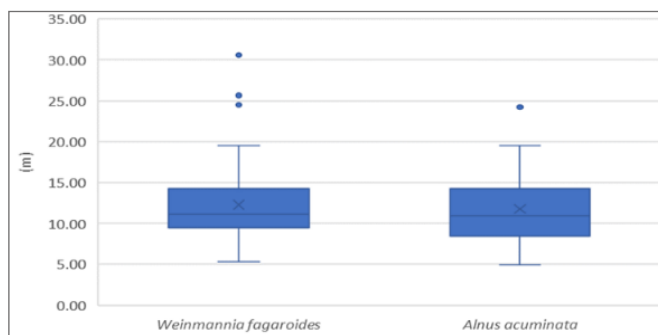


Las medias de DAP de cada especie muestran que la especie *Weinmannia fagaroides* centra su valor diamétrico alrededor de los 13 cm, en tanto la especie *Alnus acuminata* posee una media en su

concentración diamétrica no mayor a 20 cm, por lo que esta especie muestra un tronco de mayor diámetro.

Altura

Figura 5. Relación entre la especie y la altura (Ruiz, 2024)

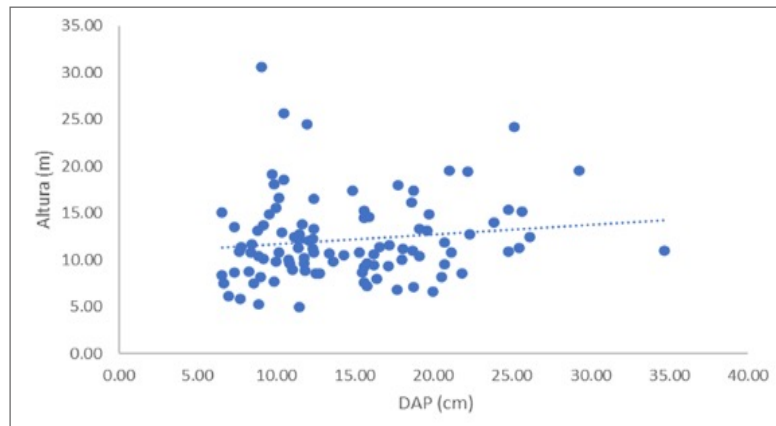


En la Figura 5 la altura de las 2 especies muestra una media similar, con valores cercanos a 14 m, aunque en la especie *Weinmannia fagaroides* se registraron

valores atípicos de altura, con datos de hasta 30 m, mientras que en la especie *Alnus acuminata* se identificó un valor atípico de casi 25 m de altura.

Relación entre DAP y altura

Figura 6. Relación entre DAP y altura (Ruiz, 2024)



De acuerdo con el análisis de la Figura 6, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson y se determinó un valor de 0,07 para la especie *Weinmannia fagaroides*, y 0,45 para *Alnus acuminata*, dando

como resultado una correlación débil y moderada entre estas variables, por lo que el aumento del DAP no se relaciona de manera consistente con un aumento en la altura de los árboles.

CO₂ ALMACENADO

Tabla 1. Cantidad de CO₂ absorbido por la especie *Weinmannia fagaroides*

N° parcela	Cantidad de secuestrado (t)
Parcela 1	5,253
Parcela 2	2,872
Total	8,125

Fuente (Ruiz, 2024).

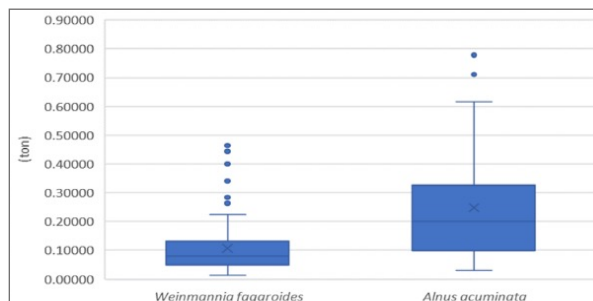
Tabla 2. Cantidad de CO₂ absorbido por la especie *Alnus acuminata*

N° parcela	Cantidad de secuestrado (t)
Parcela 1	3,314
Parcela 2	3,142
Total	6,456

Fuente (Ruiz, 2024).

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

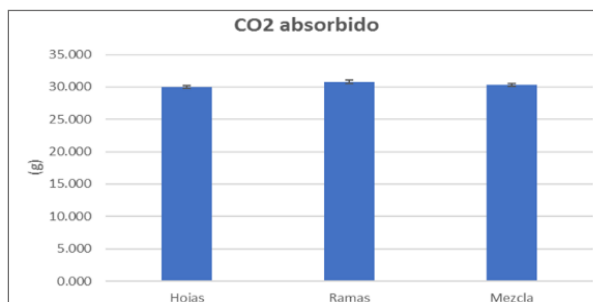
Figura 7. Relación entre la especie y la cantidad de CO₂ capturado (Ruiz, 2024)



En la Figura 7 y Tablas 1, 2 se indica que cada individuo de la especie *Weinmannia fagaroides* absorbe una media de 0,10 toneladas de CO₂ en su estruc-

tura; mientras que *Alnus acuminata* registra un valor promedio de 0,20 toneladas de CO₂ absorbidas por cada individuo.

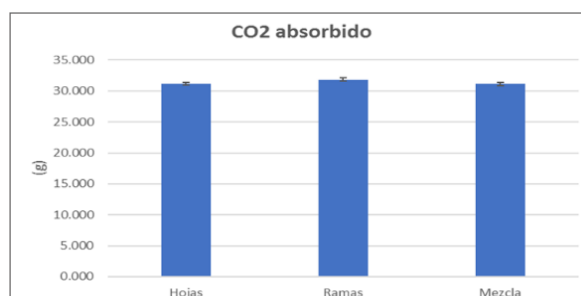
Figura 8. Cantidad de CO₂ absorbido por partes del árbol *Weinmannia fagaroides* (Ruiz, 2024)



De acuerdo con la Figura 8, no se observaron diferencias significativas en los valores de CO₂ absorbido por las diferentes partes del árbol de la

especie *Weinmannia fagaroides*, como se evidencia en la desviación estándar de 0,39.

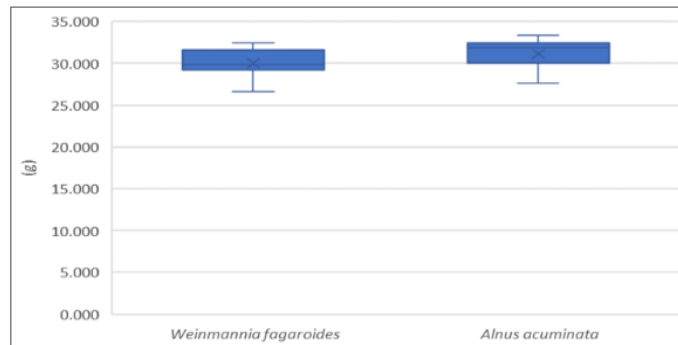
Figura 9. Cantidad de CO₂ absorbido por partes del árbol *Alnus acuminata* (Ruiz, 2024)



Según el análisis de la Figura 9, los valores de absorción de CO₂ a nivel de hojas, ramas y una mezcla de ambos se sitúan dentro del mismo

rango, como indica una desviación estándar de 0,42.

Figura 10. Relación entre la especie y la cantidad de CO₂ absorbido (Ruiz, 2024)

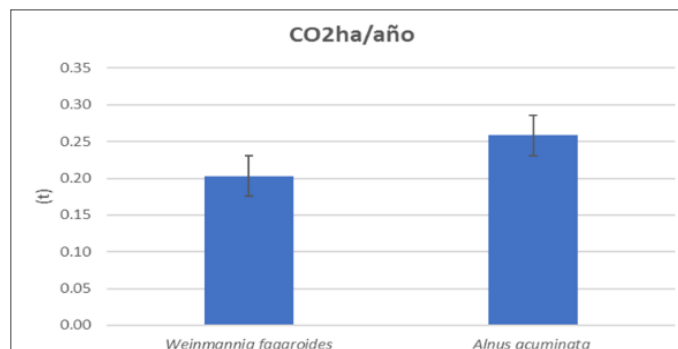


De acuerdo con el análisis de la Figura 10, la especie *Alnus acuminata* presenta una mayor absorción de CO₂, con valores medios de 31 g por árbol, en comparación con *Weinmannia fagaroides*, que

registra una media de 30 g. Sin embargo, cabe destacar que luego de un análisis estadístico, estas diferencias no resultaron significativas.

CO₂ ABSORBIDO POR HECTÁREA POR AÑO.

Figura 11. Cantidad de CO₂ absorbido por hectárea por año (Ruiz, 2024)



Según la Figura 11, la especie *Weinmannia fagaroides* posee un menor valor de almacenamiento de CO₂ por hectárea por año con casi 0,20 ton, mientras que *Alnus acuminata* registra un valor aproximado de 0,25 ton.

DISCUSIÓN

Los valores de carbono almacenado en la biomasa de las especies *Weinmannia fagaroides* y *Alnus acuminata* resultaron superiores a los resultados de la investigación hecha por Guerrero (2018), los cuales en su estudio denominado “*Alnus acuminata kunth*: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono” reportaron valores de 2,05 toneladas de CO₂ alma-

cenado en la estructura de 40 árboles de la especie *Alnus acuminata*, esto debido a que el sector corresponde a un bosque en zona de transición, en el que sus alrededores han sido deforestados para el cultivo de pastos. Así mismo, los valores obtenidos resultaron menores a los presentados por Arévalo (2015) en un bosque siempreverde montano y siempreverde montano bajo, en los que se registraron valores de 151 t/ha, mientras que Quinceno (2016) reportó resultados de 174,7 toneladas de CO₂ fijado por las especies en un bosque muy húmedo tropical, debido a que consideraron la biomasa en otros compartimentos de almacenamiento como la hojarasca. Según Quinceno (2016) existen factores que intervienen positiva o negativamente en la estimación de fijación de CO₂ en la biomasa, como el tipo

de población a muestrear, y al realizar el estudio en un bosque primario se desconoce parámetros importantes como la edad de los árboles, ya que un árbol maduro almacena más carbono que uno en desarrollo; así mismo un bosque primario puede poseer una mayor densidad de árboles por superficie, en comparación a un bosque secundario o una plantación.

CONCLUSIÓN

La especie *Alnus acuminata* mostró una mayor absorción de CO₂ en su estructura fisiológica por individuo en comparación con *Weinmannia fagaroides*, aunque no se encontraron diferencias significativas entre ambas especies ($p > 0.05$). Los valores medios de absorción fueron de 31 g por árbol para *Alnus acuminata* y 30 g por árbol para *Weinmannia fagaroides*, mostrando una proporción similar de captura a nivel de hojas y ramas en ambas especies.

Existe una mayor absorción de carbono por árbol en la especie *Alnus acuminata* con un dato medio de 0,22 toneladas, y de 0,10 toneladas en *Weinmannia fagaroides*, aunque los cálculos de almacenamiento de carbono por hectárea revelaron un valor promedio de aproximadamente 16 ton para *Weinmannia fagaroides*, mientras que para *Alnus acuminata* fue de cerca de 13 ton.

La correlación entre el DAP y la altura de los árboles fue débil y moderada para *Weinmannia fagaroides* ($r = 0.07$) y *Alnus acuminata* ($r = 0.45$), respectivamente, sugiriendo que el aumento en el DAP no se relaciona consistentemente con un aumento en la altura de los árboles, y en otras variables como el volumen, área basal, y cantidad de biomasa.

Se recomienda a la empresa UNACEM realizar estudios adicionales sobre el análisis de las tasas de absorción de carbono por parte de las especies vegetales en el Área de Conservación Privada Cerro Blanco, para su comparación con las emisiones de carbono generadas en el proceso productivo de fabricación de cemento, estimando la eficacia de las prácticas de gestión forestal para capturar y almacenar carbono.

AGRADECIMIENTO

A la empresa UNACEM por los recursos brindados y la apertura al Área de Conservación Privada Cerro Blanco.

LISTA DE REFERENCIAS

- Amay, I., Velásquez, O., Vera, K., & Villalva, S. (2021). *Diagnóstico estratégico de Imbabura*. <https://storymaps.arcgis.com/stories/be2b7b219aa74d1db030677feec-63c8a>
- Antos, J. (2004). *Understory plants in temperate forests*. Encyclopedia of Life Support Systems. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e5-03-01-08.pdf>
- Arévalo, C. (2015). *Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del Bosque Natural Tinajillas-Limón Indanza* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/UPS-CT004932.pdf>
- Banqué, M. (2017). *Carbono y cambio climático*. Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales. https://www.creaf.cat/sites/default/files/creaf_carbono_esp.pdf
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Bertzky, M., Ravilious, C., Kapos, V., Araujo, A., & Dickson, B. (2011). *Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: Explorando los beneficios múltiples*. UNEP World Conservation Monitoring Centre. <https://www.un-redd.org/document-library>
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/407>
- Castells, X. (2012). *Biomasa y bioenergía*. Ediciones Díaz de Santos.
- Catalán, R. (2021). *Análisis proximales en alimentos*. <https://tecnosolucionescr.net/blog/278-analisis-proximales-en-alimentos>
- Crespo, C. (2022). *Rumbo a la neutralidad climática en 2050: ¿Qué es la huella cero de carbono?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente>
- Deutsche Welle. (2022). *Cinco países acaparan casi dos tercios de las emisiones*. <https://www.dw.com>
- Environmental Protection Agency. (2022). *Emisiones de dióxido de carbono*. <https://espanol.epa.gov>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *Inventario forestal nacional: Manual de campo*. FAO. <https://www.fao.org/3/ae578s/ae578s.pdf>

- Gallardo, J., & Merino, A. (2007). *El ciclo del carbono y la dinámica de los sistemas forestales*. Fundación Gas Natural. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/35792/1/Elpapel200743.pdf>
- García, R. (2017). *Almacén de carbono en plantaciones de Pinus patula y Pinus ayacahuite en el Estado de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Global Biodiversity Information Facility. (2023). *GBIF backbone taxonomy*. <https://www.gbif.org>
- Green Wise. (2022). *Aplicación al Programa Ecuador Carbono Cero (PECC)*. <https://programajuntos.pactoglobal-ecuador.org>
- Greenpeace. (2018). *Así nos afecta el cambio climático*. <https://es.greenpeace.org>
- Guerrero, E., Jiménez, L., Palacios, J., & Capa, D. (2018). *Alnus acuminata Kunth: Una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono*. Bosques Latitud Cero. <https://revistas.unl.edu.ec>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2005). *Guía de buenas prácticas del uso de la tierra*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Glosario*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Causas y efectos del cambio climático*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/climatechange>
- Ipinza, R. (1998). *Métodos de selección de árboles plus*. Universidad Austral de Chile.
- Juárez, F. (2014). *Dasometría: Guía de actividades prácticas*.
- Kuebler, M. (2022). *Bioenergía con captura de CO₂: ¿Frenará el cambio climático?* Deutsche Welle.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2020). *Nivel de referencia de emisiones forestales por deforestación del Ecuador*. <https://redd.unfccc.int>
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: Una visión desde México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- National Geographic. (2022). *Cambio climático: Qué es, cuáles son sus causas y qué puedes hacer*.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. <https://unfccc.int>
- Ordóñez, J., Naranjo, A., Venegas, N., & Hernández, T. (2015). *Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación*. Madera y Bosques.
- Pardos, J. (2016). *El carbono, los ecosistemas forestales y el cambio climático*. Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Phillips, O., Baker, T., Feldpausch, T., & Brienen, R. (2016). *Manual de campo para el establecimiento y remediación de parcelas*. RAINFOR.
- Puetate, G. (2017). *Translocación de plántulas en un área degradada del Carchi* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte].
- Quinceno, N., Tangarife, M., & Álvarez, R. (2016). *Estimación de biomasa y fijación de carbono en bosque primario*. Luna Azul.
- Robert, M. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. FAO.
- Rodgers, L. (2018). *La enorme fuente de emisiones de CO₂ que está por todas partes*. BBC Mundo.
- Rubio, A., & Calama, R. (2023). *El papel de los bosques como sumideros de carbono*. National Geographic.
- Russo, R. (2009). *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal*. Universidad Earth.
- UNACEM. (2020). *Reporte de sostenibilidad*. <https://unacem.com.ec>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2022). *Protocolo herbario UPTC*.
- World Wide Fund for Nature. (1998). *Protocolo de Kyoto*. WWF.
- World Wide Fund for Nature UK. (2021). *Sintiendo el calor: El destino de la naturaleza más allá de los 1,5 °C*. WWF