

Alnus acuminata kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono

Alnus acuminata kunth: an alternative of reforestation and fixation of carbon dioxide

Aulestia-Guerrero Edgar^{1*},
Jiménez Leticia²,
Quizhpe-Palacios José¹,
Capa-Mora Daniel³

¹Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

²Departamento de Ciencias Biológicas, Ecología y Sistemática. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

³Departamento de Ciencias Biológicas, Biotecnología y Producción. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

* Autor para correspondencia: emaulestia@hotmail.com

RECIBIDO: 13/09/2018

APROBADO: 12/12/2018

RESUMEN

Uno de los gases responsables del cambio climático es el Dióxido de Carbono, mismo que se dispersa hacia la atmósfera por causa de la quema de combustibles fósiles. Además, la excesiva tasa de deforestación acontecida en el último milenio, que por motivos de expansión de la frontera agrícola y/o urbanización, ha devastado gran parte de la vegetación de ecosistemas naturales a nivel mundial, ahondando mucho más la problemática. Diversos estudios coinciden sobre la importancia de las masas vegetales hacia la disminución de Dióxido de Carbono atmosférico. Por ello, este trabajo pretende determinar la importancia de *Alnus acuminata* Kunth (aliso) en la fijación de Dióxido de Carbono, además de mostrar a esta especie como alternativa de reforestación en sectores andinos. Con este objetivo, se midió el DAP, altura y edad de 40 árboles seleccionados aleatoriamente mediante un muestreo no probabilístico. Posteriormente, se determinó el área basal, volumen de madera y biomasa existente. Con esto, se logró determinar que las plantas de aliso, en su estado natural, pueden fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente. Además, se estableció que las plantas estudiadas muestran un crecimiento de 1,45 m/año. Por tales motivos, se sugiere que esta especie puede ser considerada como alternativa para reforestación en sectores andinos, con la intención de disminuir la prevalencia de especies forestales exóticas invasoras, que pueden ocasionar graves pérdidas a la biodiversidad del sector; luchando además, de manera conjunta por la disminución de Dióxido de Carbono atmosférico que tanto daño ocasiona para el medio ambiente.

Palabras clave: aliso, cambio climático, reforestación, gases efecto invernadero, absorción de carbono, especies exóticas invasoras.

ABSTRACT

One of the gases responsible for climate change is Carbon Dioxide, which is emitted into the atmosphere by the burning of fossil fuels. In addition, the excessive deforestation rate occurred in the last millennium, which for reasons of expansion of the agricultural frontier and / or urbanization, has devastated much of the vegetation of natural ecosystems worldwide, deepening much more the problem. Several studies agree on the importance of plant masses towards the reduction of atmospheric Carbon Dioxide. Therefore, this work aims to determine the importance of *Alnus acuminata* Kunth (alder) in the fixation of Carbon Dioxide, in addition to showing this species as an alternative of reforestation in Andean sectors. With this objective, the DAP, height and age of 40 randomly selected trees were obtained by non-probabilistic sampling. Subsequently, the basal area, wood volume and existing biomass were determined. With this, it was determined that the alder plants, in their natural state, can fix about 6,15 Mg / ha of Carbon Dioxide annually. In addition, it was established that the plants studied show a growth of 1,45 m/year. For these reasons, it is suggested that this species can be considered as an alternative for reforestation in Andean sectors, with the intention of reducing the prevalence of invasive exotic forest species, which can cause serious losses to the biodiversity of the sector; fighting in addition, jointly by the decrease of atmospheric Carbon Dioxide that causes so much damage to the environment.

Key words: alder, climate change, reforestation, greenhouse gases, carbon absorption, invasive alien species.

INTRODUCCIÓN

La explosión demográfica o sobrepoblación humana que se evidencia en la actualidad ha obligado a la destrucción de ecosistemas naturales, para expandir la frontera agropecuaria y aumentar la producción de alimentos (Armenteras & Rodríguez Eraso, 2014). Esta destrucción también se ha realizado con la intención de aumentar la urbanidad y mejorar la calidad y estilo de vida de las personas (Badii *et al.*, 2015). No obstante, esto ha ocasionado graves pérdidas en la vegetación que sumado a los efectos de la revolución industrial han provocado el aumento incontrolado del Dióxido de Carbono en la atmósfera (García Marín, 2016).

Consecuencias ambientales se evidencian con el cambio climático, lo cual se debe, en gran medida, a la presencia en exceso de gases efecto invernadero en la atmósfera, con mayor incidencia del Dióxido de Carbono, que es emitido a mayor escala, por acciones antropogénicas (Díaz Cordero, 2012; González *et al.*, 2003). Se estima que cada año, se emite cerca de 52 700 000 000 Mg de Dióxido de Carbono a nivel mundial (PNUMA, 2015), 77 679 000 Mg en Ecuador (MAE, 2016) y 253 520 Mg en el cantón Loja (Vivanco Pinta 2015). Los efectos del cambio climático han ocasionado un aumento de 3°C en la temperatura media global, como también un aumento aproximado de 17 cm en el nivel del mar y un 30% en la acidificación del mismo (Coria, 2016). Además, se está evidenciando la desaparición de los glaciares y una gran distorsión climática, en donde las sequías excesivas y/o inundaciones están ocasionando serias pérdidas en la producción de alimentos a nivel mundial (López Feldman & Hernández Cortés, 2016).

No obstante, la vegetación puede aportar significativamente en la mitigación de estos efectos, considerando las altas concentraciones de Dióxido de Carbono que pueden fijar durante su periodo de vida (García Marín, 2016). Yepes & Silveira Buckeridge (2011) mencionan que todas las masas forestales juegan un papel fundamental en la absorción, almacenamiento y fijación de carbono desde la atmósfera. Bajo esta premisa científica, muchos investigadores han centrado su preocupación, hacia estudios que permitan establecer la importancia de ciertas especies forestales como sumideros de carbono.

En México, Bolaños González *et al.* (2017), estimaron la capacidad de bosques primarios de ciprés (*Cupressus lusitanica*) y oyamel (*Abies religiosa*) como fijadores de Dióxido de Carbono, asegurando que estas especies, por cada hectárea de plantación, pueden fijar cerca de 205 Mg/ha y 376 Mg/ha de carbono, respectivamente, entre biomasa forestal y carbono orgánico presente en el suelo. En Ecuador, Jumbo Salazar *et al.* (2018) realizaron un trabajo similar en un bosque siempre verde montano y siempre verde montano bajo, los cuales tienen la capacidad de almacenar, conjuntamente, cerca de 41 Mg/ha de dióxido de carbono; ante ello, aseguran que la conservación de estos tipos de bosques resulta trascendental hacia la mitigación del cambio climático.

En el cantón Loja, el 67% de su territorio es utilizado con fines de conservación, siendo el eucalipto y el pino las especies forestales con mayor dominancia (GEO Loja, 2007). No obstante, este tipo de especies forestales han causado impactos negativos al ecosistema natural, ya que su naturalización ha ocasionado el desplazamiento de especies nativas de sus hábitats naturales (Castillo, 2016). *Alnus acuminata* Kunth (aliso) es una especie nativa de los Andes que es utilizada para reforestación; esta especie es apta para asociarla a diferentes sistemas productivos, debido a sus aptitudes de conservación y adaptación, con el fin de disminuir el deterioro ambiental (Pacheco-Agudo & Quisbert-Guarachi, 2016).

Se ha demostrado que el aliso logra capturar grandes cantidades de Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxido Nitroso (N₂O) lo que permite validarla como una especie forestal idónea para actividades de reforestación con fines de brindar este servicio ecosistémico (Silva-Parra, Garay-Rodríguez, & Gómez-Insuasti, 2018). El aliso, en Ecuador se distribuye naturalmente en sectores con temperaturas entre los 4 a 27°C, precipitaciones de 1 000 a 3 000 mm y altitudes de 2 300 y 2 400 m s.n.m en terrenos con altas pendientes (Aguirre Mendoza, Reyes Jiménez, Quizhpe Coronel, & Cabrera, 2017).

Con base a los antecedentes descritos, el presente trabajo de estimación pretende dar a conocer la cantidad de biomasa, carbono y Dióxido de Carbono que puede ser fijado por la especie *A. acuminata*, además de su importancia hacia la disminución de Dióxido de Carbono presente en la atmósfera. También se pretende proponerla como alternativa de reforestación en el cantón Loja (y otros sectores andinos) a cambio de especies exóticas que han sido utilizadas de manera intensiva hace varias décadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los datos fueron recolectados en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja (EA-UTPL), la cual cuenta con una extensión de 52 ha y está ubicada en la zona de amortiguamiento del parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma, a 10 km al sur del cantón Loja (Cisneros, López, Ordóñez, & Guzmán, 2004). El sector muestreado corresponde a un bosque en zona de transición. Además indicar que sus alrededores han sido deforestados, con la intención de cultivar pastos. La zona muestreada se encuentra a una altitud aproximada de 2 750 m s.n.m, cuenta con un clima promedio de 15 °C, pendientes de 40-70% de inclinación, velocidad del viento de 3 m/s, precipitación anual de 1 700 mm, humedad relativa entre el 65 al 85% e insolación cercana a las 1 500 horas/año (Lozano, Bussmann, & Kupperts, 2007).

Medición de la edad y toma de datos o variables dasométricas

Esta investigación se la realizó bajo métodos no destructivos (no derribo de árboles). Para ello, la información correspondiente a la edad y la altura de los árboles muestreados, fue recolectada mediante métodos alternativos, los cuales se describen a continuación. La edad de los árboles fue estimada mediante el método del conteo de verticilos. Este método es utilizado en epidometría forestal, mismo que procede al conteo de las yemas subyacentes, brindando así, una noción acertada de la edad del árbol a muestrear (Lusk & Le-Quesne, 2000). No obstante, para utilizar este método, se debe considerar que el objeto a muestrear debe poseer un solo tallo principal (crecimiento apical) sin bifurcaciones (Imaña & Encinas, 2008). Finalmente, con la fórmula número 1, expuesta en la tabla 1, se calculó el crecimiento medio anual de los individuos muestreados.

La altura total (Ht), fue medida y calculada mediante la técnica de la cruz del hachero o leñador. Esta técnica es utilizada, en dendrometría, para estimar la altura de especies forestales mediante principios geométricos. La técnica consiste en la obtención de una varilla del tamaño del brazo del muestreador y colocarla de manera perpendicular al brazo del mismo, para luego, ubicarse a una distancia aproximada al tamaño del árbol e ir observando hasta que, tanto varilla como árbol, coincidan, tal y como lo muestra la figura 1. Una vez coincidida la varilla y el árbol, la distancia entre el árbol y la ubicación del muestreador donde coincidieron ambos objetos, será la altura del árbol muestreado (Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado, 2010).

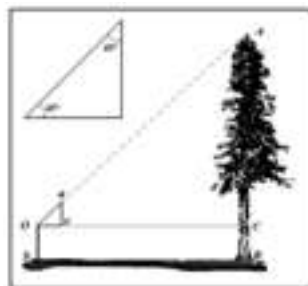


Figura 1. Técnica de la cruz del hachero

Fuente. Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado, 2010

La circunferencia a la altura del pecho (CAP) fue medida a una altura de 1,30 m desde el tocón del árbol, con lo cual, se utilizó la fórmula 2, expuesta en la tabla 1, para obtener el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Jumbo Salazar *et al.*, 2018). Con este dato, sumado a los datos de altura calculados anteriormente, se calculó el área basal (G) y volumen (V) utilizando la fórmula 3 y 4 detalladas en la tabla 1. Se determinó la cantidad de biomasa y Carbono fijado por las plantas estudiadas, utilizando la fórmula 5 y 6 expuestas en la tabla 1. Para calcular la cantidad de Dióxido de Carbono fijado (CO₂) por las plantas de estudio, se transformó las unidades de carbono a unidades de CO₂ multiplicando por la constante de 3,67 (IPPC, 2006), para lo cual, se utilizó la fórmula 7 evidenciada en la tabla 1.

Se extrapolaron los resultados obtenidos con los 40 alisos estudiados, utilizando la fórmula 8 (tabla 1), para obtener el Dióxido de Carbono fijado por una hectárea. Después, se utilizó la fórmula 9 (tabla 1), para obtener el Dióxido de Carbono fijado por una hectárea de aliso por cada año de vida.

Análisis de la información

Tabla 1. Datos y ecuaciones que fueron utilizados para calcular parámetros o variables de respuesta

Nro. de ecuación	Ecuación	Significado de variables	Fuente
1	$CMA = Ht/edad$	CMA = Crecimiento medio anual (m/año) Ht = Altura total de la planta (m) Edad = edad promedio del árbol (años)	Imaña & Encinas (2008)
2	$DAP = CAP / \pi$	DAP = Diámetro a la altura del pecho (m) CAP = Circunferencia a la altura del pecho (m) $\pi = 3,1416$	Jumbo Salazar et al. (2018)
3	$G = (\pi/4) \times DAP^2$	G = Área basal (m ²) DAP = Diámetro a la altura del pecho (m)	Jumbo Salazar et al. (2018)
4	$V = G \times Ht \times Ff$	V = Volumen total de planta (m ³) G = Área basal (m ²) Ht = Altura total de la planta (m) Ff= Factor de forma (Latifoliadas= 0,7)	Jumbo Salazar et al. (2018)
5	$Bf = V \times d \times FEBa \times FEBs$	Bf = Biomasa total (Mg) V = Volumen total de planta (m ³) d = Densidad de la madera (Aliso = 0,3 g/cm ³) FEBa = Factor de expansión de biomasa aérea [ramas, hojas] (1,20) FEBs = Factor de expansión de biomasa subterránea [raíces] (1,20)	Jumbo Salazar et al. (2018) Quinceno Urbina et al. (2016) Densidad de madera Fuente: Ospina Penagos et al. (2005) Factores de expansión Fuente: IPPC (2006)
6	$C = B \times f_c$	C = Carbono almacenado por los árboles (Mg) B = Biomasa de los árboles (Tn) f _c = Fracción de carbono en la biomasa (0,5)	Jumbo Salazar et al. (2018) Quinceno Urbina et al. (2016)

Nro. de ecuación	Ecuación	Significado de variables	Fuente
7	$CO_2 = C \times 3,67$	<p>CO_2 = Dióxido de carbono capturado desde la atmósfera (Mg)</p> <p>C = Carbono almacenado por los árboles (Mg)</p>	IPPC (2006) Jumbo Salazar et al. (2018)
8	$X = (CO_2 \times 120) / 40$	<p>X = Dióxido de carbono por hectárea</p> <p>CO_2 = Dióxido de carbono capturado desde la atmósfera (Mg)</p> <p>120 = densidad de plantas registradas en el área de estudio</p> <p>40 = total de árboles muestreados</p>	Extrapolación
9	$Y = X / \text{edad promedio}$	<p>Y = Dióxido de Carbono por hectárea por año</p> <p>X = Dióxido de carbono por hectárea (Mg)</p> <p>Edad = edad promedio del árbol (años)</p>	Extrapolación

Análisis de datos

Para el presente estudio, se utilizó un muestreo no probabilístico consecutivo. La densidad encontrada en el área de estudio fue 120 plantas/ha, de lo cual, se realizó la toma de muestras a un tercio (1/3) de la población (40 plantas) de forma aleatoria. Se utilizó estadística descriptiva para calcular la media, rangos y desviación estándar de la población muestreada.

RESULTADOS

La tabla 2 muestra la media, rangos (máximo y mínimo) y desviación estándar de la edad y las variables dasométricas de los 40 árboles estudiados en el presente trabajo.

Se registró que la edad promedio de los alisos estudiados es de 11 años, la altura promedio es de 15,93 m y el diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) de 31 cm. El crecimiento medio anual (CMA) fue de 1,45 m/año.

El área basal que contienen los 40 árboles de estudio fue de 3,48 m²; el volumen total de madera fue de 40,95 m³. Se logró apreciar que estos valores, extrapolados para una hectárea (120 alisos), arrojan un total de 10,43 m²/ha de área basal y 122,84 m³/ha de volumen total de madera.

La biomasa forestal fue de 15,56 Mg; la fijación de carbono es de 7,78 Mg y de Dióxido de Carbono de 28,55 Mg para los 40 alisos estudiados. Estos datos, extrapolados para una hectárea (120 alisos) son capaces de fijar 46,68 Mg/ha de biomasa, 23,34 Mg/ha de carbono y 85,65 Mg/ha de Dióxido de Carbono, en los arboles de alisos estudiados.

La fijación anual de Dióxido de Carbono por parte de los 40 alisos estudiados, fue de 2,05 Mg; mientras que una hectárea de aliso (120 árboles) es capaz de fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente.

Tabla 2. Parámetros estadísticos de los árboles muestreados

Parámetro	Media	Rangos		Desviación estándar
		Máximo	Mínimo	
Edad (años)	11	13	8	1,24
DAP (cm)	31,00	45,52	20,05	6,73
H (m)	15,93	19,60	12,50	1,86
Área (m ²)	0,09	0,22	0,02	0,06
Volumen (m ³)	1,02	2,83	0,17	0,76
Biomasa (Mg)	0,39	1,07	0,06	0,29
Carbono (Mg)	0,19	0,54	0,03	0,14
Dióxido de Carbono (Mg)	0,71	1,97	0,12	0,53

■ DISCUSIÓN

Edad y crecimiento medio anual

Debido a lo comprobado en otros estudios, sobre el potencial en los sistemas de producción mixta (silvopastoral) donde incrementa la fertilidad del suelo, sumado a su velocidad de crecimiento en las condiciones edafoclimáticas del sector andino (Pacheco-Agudo & Quisbert-Guarachi, 2016), *A. acuminata* resulta una alternativa de reforestación que aporta también a la disminución de gases como Dióxido de carbono y Óxido Nitroso que son dispersados, muchas veces, por acciones antropogénicas (Silva-Parra *et al.*, 2018).

Cabe destacar que los árboles de *A. acuminata* estudiados han logrado adaptarse perfectamente a las condiciones edafoclimáticas del sector estudiado, ya que muestran un crecimiento anual promedio de 1,45 m. Esta afirmación se consolida con base a los resultados registrados por Ospina Penagos *et al.* (2005), quienes reportan en esta especie rangos de crecimiento desde 1,45 a 2,5 m en altura anualmente, en varios sectores de Colombia y Costa Rica. Similares valores se reportan en otros contextos tropicales con crecimientos de 1,20 y 2,30 m de altura anualmente (Medina, Orozco, & Díez, 2008). Cabezas Gutiérrez *et al.* (2008), afirman que el crecimiento de esta especie se debe a la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, incrementando así, la producción de Rubisco y la actividad fotosintética, lo que mejora la distribución de los carbohidratos dentro de la planta y con esto su desarrollo vegetativo. Se puede establecer que *A. acuminata*, especie nativa de la cadena montañosa de los Andes, posee un crecimiento superior en comparación al pino (0,8 m/año) y el eucalipto (1,8 m/año) (Pinilla, 2009; Sanchez *et al.*, 2003), que son especies exóticas invasoras de relevancia socio económica dentro del sector estudiado. No obstante, de estas especies se reportan impactos negativos sobre la pérdida de biodiversidad (Castillo, 2016).

Variables dasométricas y estimación de biomasa, carbono y dióxido de carbono

La fijación de Dióxido de Carbono obtenida en el presente estudio (85,65 Mg/ha), resultó mucho menor a lo obtenido por Jumbo Salazar *et al.* (2018) en un bosque siempreverde montano y siempreverde montano bajo, en donde registraron una fijación aproximada de 151 Mg/ha de Dióxido de Carbono; al igual que lo obtenido en Barrancominas (Colombia), por Quinceno Urbina *et al.* (2016) en un bosque muy húmedo tropical, donde registraron una fijación de 174,7 Mg/ha de Dióxido de Carbono. No obstante, la fijación del aliso toma relevancia al ser comparada con otros ecosistemas naturales; Rodríguez-Larramendi *et al.* (2016) en Chiapas (México) registró una fijación aproximada de 21,7 Mg/ha de Dióxido de Carbono en un bosque secundario; también fue superiormente relevante a lo obtenido por Flores Ramírez *et al.* (2012) en Veracruz (México) en una plantación de pino en donde lograron evidenciar una fijación de 26,5 Mg/ha de Dióxido de Carbono.

Para Quinceno Urbina *et al.* (2016) existen varios factores que pueden intervenir, positiva o negativamente, en una estimación de fijación de Dióxido de Carbono, entre ellos: la población a muestrear (bosque, rodal, silvopasturas y/o plantación), la metodología empleada para obtener los resultados pertinentes y la densidad de la madera de la especie a muestrear. Como primer punto, para diversos autores, al muestrear un bosque primario se desconoce ciertos parámetros importantes para la estimación en el almacenamiento y fijación de Dióxido de Carbono, entre ellos la edad del bosque por ejemplo; este desconocimiento arrojará estimaciones totalmente distintas (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2016). Es así, que un árbol antiguo ha logrado almacenar mayor cantidad de Dióxido de Carbono comparado a un árbol reciente (Fonseca, Ruíz, Rojas & Alice, 2013). Se debe considerar, además, que la densidad arbórea encontrada en cada sitio muestreado puede arrojar importantes discrepancias en cuanto a fijación de Dióxido de Carbono (Flores Ramírez *et al.*, 2012). Por ejemplo, un bosque primario puede poseer mayor o menor cantidad de árboles que una plantación y/o un bosque secundario, por lo cual, la biomasa existente será distinta para cada caso de estudio (Jumbo Salazar *et al.*, 2018).

Como segundo punto, la metodología utilizada para estimar la fijación de Dióxido de Carbono, va a depender, en cierto punto, de lo que el investigador considere más pertinente (Honorio & Baker, 2010). En el presente estudio, se consideró la biomasa de *A. acuminata* en su estado natural, mientras que Quinceno Urbina *et al.* (2016) calculan la misma variable a nivel de ecosistema considerando la biomasa en otros compartimentos de almacenamiento como la hojarasca, lo cual modifica los valores del ecosistema de manera integral. En un trabajo realizado por Fonseca *et al.* (2013), se puede notar que la estimación fue realizada mediante métodos de laboratorio, realizando un estudio destructivo (derribo de árboles) para realizar el conteo de anillos, realizar pruebas de densidad de madera y proceder al cálculo de la fijación de Dióxido de Carbono a partir de la materia orgánica obtenida mediante la técnica de Walkley y Black (Cunalata, Inga, Alvarez, Recalde & Echeverría, 2013).

Como tercer punto, la densidad de madera de *A. acuminata* es de 0,38 g/cm³, mientras que en las especies estudiadas por Jumbo Salazar *et al.* (2018) son de: 0,53 g/cm³ (*Miconia* sp.) y 0,52 g/cm³ (*Weinmannia pinnata* Linnaeus). Además, la densidad de las especies muestreadas por Quinceno Urbina *et al.* (2016) son de 0,47 g/cm³ (*Cedrelina cateniformis*), 0,56 g/cm³ (*Couma* sp.), 0,58 g/cm³ (*Qualea paraensis*). Aquí se evidencia que *A. acuminata* es una especie pionera de baja densidad en la

madera, por ende, su almacenamiento y fijación de carbono son menores frente a otras especies que poseen valores medios en cuanto a esta variable (Moreno & Iguartúa, 2015). Por tal motivo, se logra justificar que al multiplicar las diferentes densidades en el correspondiente modelo matemático, se obtendrán valores distintos, por lo cual, la estimación dependerá, en gran medida, de la densidad de la madera de la especie estudiada (Ordóñez Díaz *et al.*, 2015).

■ CONCLUSIONES

Los árboles de *A. acuminata* muestreados en el presente trabajo (40 árboles), muestran un total de 15,56 Mg de biomasa forestal, una fijación de 7,78 Mg de carbono y 28,55 Mg de Dióxido de Carbono. Con esto se deduce que han logrado fijar cerca de 2,05 Mg de Dióxido de Carbono anualmente. Extrapolando la muestra de para una hectárea (120 plantas según lo encontrado en su estado natural en el sector de estudio), se evidencia que la biomasa total es de 46,68 Mg/ha, mientras que logran fijar 23,34 Mg/ha de carbono y 85,65 Mg/ha de Dióxido de Carbono. Con esto, se logra determinar que los alisos son capaces de fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente. Así mismo, se logró registrar que poseen un desarrollo destacable (1,45 m/año), en comparación con el crecimiento vegetativo de las dos especies forestales más dominantes del cantón Loja: el pino y el eucalipto.

Por estas causas, se considera que el aliso resulta una especie forestal, nativa además, que puede aportar significativamente en la disminución de Dióxido de Carbono presente en la atmósfera, además de ser una especie de gran interés forestal, debido al buen desarrollo vegetativo que muestra.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Mendoza, Z., Reyes Jiménez, B., Quizhpe Coronel, W., & Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543–556. <https://doi.org/http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>
- Armenteras, D., & Rodríguez Eraso, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América: Una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233–246.
- Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de biodiversidad: causas y efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(2), 156–174.
- Bolaños González, Y., Bolaños González, M. A., Paz Pellat, F., & Ponce Pulido, J. I. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 35(1), 73–86.
- Cabezas Gutiérrez, M., Peña Baracaldo, F., Janier Díaz, C., & Moreno, A. F. (2008). Dosel de tres especies forestales y su relación con la adaptación a suelos degradados por erosión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 175–185.
- Castillo, S. (2016). Introducción intencional de fauna exótica y futuros invasores: ¿Seguimos tropezando con la misma piedra una y otra vez? *Bosques*, 37(2), 237–241.
- Cisneros, R., López, F., Ordóñez, L., & Guzmán, W. (2004). *La carretera Cajanuma - Lagunas del compadre en el parque Nacional Podocarpus: La susceptibilidad de las áreas protegidas*. (P. Mena Vásquez & D. Ortiz, Eds.) (Primera). Quito, Ecuador. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/311453868_La_Carretera_Cajanuma_-_Lagunas_del_Compadre_

- en el Parque Nacional Podocarpus La Susceptibilidad de las Áreas Protegidas
- Coria, I. D. (2016). Cambio climático : un desafío de hoy para el mundo de mañana. *Invenio*, 19(36), 7–9.
- Cunalata, C., Inga, C., Alvarez, G., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación del contenido de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades de Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador. *El Boletín Del Grupo Español Del Carbón*, (27), 10–13.
- Díaz Cordero, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240.
- Flores Ramírez, N. F., Mendizábal-Hernández, L. del C., & Alba-Landa, J. (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO₂ en el valle de Perote. Estudio de caso: *Pinus cembroides subs. orizabensis* D.k. Bailey. *Foresta Veracruzana*, 14(1), 17–22.
- Fonseca, W., Ruiz, L., Rojas, M., & Alice, F. (2013). Modelos alométricos para la estimación de biomasa y carbono en *Alnus acuminata*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 46(2), 37–50. <https://doi.org/10.15359/rca.46-2.4>
- García Marín, M. E. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11(2), 161–168. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a13>
- GEO Loja. (2007). *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO LOJA*. Loja, Ecuador. Retrieved from [http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo Loja.pdf](http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf)
- González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, Ó., Jiménez, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL*, 6(3), 377–385.
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos* (Primera ed). Lima, Perú. Retrieved from [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010 Manual carbono.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010%20Manual%20carbono.pdf)
- Imaña, J., & Encinas, O. (2008). *Epidometría Forestal*. Brasilia, Brasil. Retrieved from http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2006). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- Jumbo Salazar, C. A., Arévalo Delgado, C. D., & Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tijinillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 27(1), 51–63. <https://doi.org/http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04Articulo>
- López Feldman, A. J., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, LXXXIII (4(332)), 459–496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- Lozano, P., Bussmann, R., & Kupperts, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 142–159.
- Lusk, C., & Le-Quesne, C. (2000). Los verticilos de juveniles de *Araucaria araucana* (Molina) Koch: ¿son formados anualmente? *Revista Chilena de Historia Natural*, (73), 497–501.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2016). *Primer informe bienal de actualización del Ecuador a la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Quito, Ecuador. Retrieved from https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/ecubur1.pdf
- Medina, M., Orozco, H., & Díez, M. C. (2008). Establecimiento de un sistema silvopastoril mediante las especies *Alnus acuminata* H.B.K. y *Acacia decurrens* Willd y respuesta al empleo de organismos rizosféricos en San Pedro (Antioquia). *Livestock Research for Rural Development*, 20(1). Retrieved from <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/1/medi20007.htm>
- Moreno, K., & Iguartúa, D. (2015). *Eucalyptus globulus* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires:

- edades, procedencias y densidad de la madera. *Revista de Investigaciones*, 276(7620), 143–148.
- Ordóñez Díaz, J. A. B., Galicia Naranjo, A., Venegas Mancera, N. J., Hernández Tejeda, T., Ordóñez Díaz, M. de J., & Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosques*, 21(Especial), 77–126.
- Ospina Penagos, C. M., Hernández Restrepo, R. J., Gómez Delgado, D. E., Godoy Bautista, J. A., Aristizábal Valencia, F. A., Patiño Castaño, J. N., & Medina Ortega, J. Á. (2005). *El aliso o cerezo. Alnus acuminata H.B.K ssp acuminata* (Vol. 1). Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>
- Pacheco-Agudo, E., & Quisbert-Guarachi, A. S. (2016). Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (*Alnus Acuminata* Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 24–38.
- Pinilla, J. C. (2009). Modelos de crecimiento para *Eucalyptus globulus* en monte bajo entre las regiones de Valparaíso y los Lagos. *Ciencia e Investigación Forestal*, 15(2), 207–234.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2015). *Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones*. Nairobi, Kenia. Retrieved from https://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_Technical_Report_ES.pdf
- Quinceno Urbina, N. J., Tangarife Marín, G. M., & 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*, (43), 171–202. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Rodríguez-Larramendi, L. A., Guevara-Hernández, F., Reyes-Muro, L., Ovando-Cruz, J., Nahed-Toral, J., Prado-López, M., & 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*, 7(37), 77–94.
- Romahn de la Vega, C. F., & Ramírez Maldonado, H. (2010). *Dendrometría*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/profile/Hugo...Dendrometria.../dendrometria.pdf>
- Sanchez, F., Rodriguez, R., Rojo, A., Alvarez, J. G., Lopez, C., Gorgoso, J., & Castedo, F. (2003). Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.*, 12(2), 65–83.
- Silva-Parra, A., Garay-Rodríguez, S., & Gómez-Insuasti, A. S. (2018). Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de NO₂ y calidad del pasto *Pennisetum clandestinum* Hochst . ex Chiov. *Colombia Forestal*, 21(1), 47–57.
- Vivanco Pinta, S. M. (2015). *Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja*. Universidad Nacional de Loja. Retrieved from <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10317>
- Yepes, A., & Silveira Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal*, 14(2), 213–232.