



Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN

ISSN: 2697-3456

editor@editorialibkn.com

Sociedad Académica de Redes de Revistas Científicas e Investigación

Ecuador

Castillo-Ruperti, Ricardo Javier; Rodríguez-Guerrero, Brígida; Bravo-Meza, Kaina
FIJACIÓN DE CARBONO (CO₂) DEL ARBOLADO DE LOS
PARQUES LA ROTONDA Y LA MADRE, MANABÍ, ECUADOR

Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada
YACHASUN, vol. 6, núm. 10, 2022, Enero-Junio, pp. 8-21
Sociedad Académica de Redes de Revistas Científicas e Investigación
Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v6i10.0141>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=685872166002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v6i10.0141>

FIJACIÓN DE CARBONO (CO₂) DEL ARBOLADO DE LOS PARQUES LA ROTONDA Y LA MADRE, MANABÍ, ECUADOR

CARBON (CO₂) FIXATION OF TREES IN LA ROTONDA AND LA MADRE PARKS, MANABÍ, ECUADOR

Castillo-Ruperti Ricardo Javier ¹; Rodríguez-Guerrero Brígida ²; Bravo-Meza Kaina ³

¹ Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador, ULEAM. Manta, Ecuador. Correo: ricardo.castillo@uleam.edu.ec.

² Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM. Manta, Ecuador. Correo: brigida.rodriguez@uleam.edu.ec.

³ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador, ULEAM. Manta, Ecuador. Correo: bkaina6@gmail.com.

Resumen

El arbolado de los parques son actualmente los sumideros naturales dentro de las ciudades. Esta investigación buscó estimar cuanto carbono fija el arbolado de los parques urbanos "La Rotonda" del cantón Portoviejo y "La Madre" del cantón Manta. Para estimar la captura de CO₂ en biomasa viva de los árboles se utilizó ecuaciones alométricas propuestas por Chave (2005), quien describe diversas ecuaciones según la naturaleza de las especies a evaluar. Se tomaron datos de riqueza, abundancia, variables dendométricas (diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura). La densidad de la madera se obtuvo de bases de datos públicas y literatura externa. El parque La Rotonda obtuvo una captura total de carbono de 247 748,14 Kg el cual estuvo conformado por un 70% de individuos con afinidad al bosque húmedo. El parque de La Madre se estimó una captura de CO₂ de 36 555,78 Kg, siendo un 90% de los individuos propios de bosque húmedo. Los resultados demuestran que el potencial de los parques para captar carbono dependerá principalmente del tipo de especie que los compongan. Es recomendable que en el diseño de los parques también se consideren además del aspecto paisajístico los servicios ecosistémicos que estos pueden brindar.

Palabras claves: Fijación de carbono, arbolado, parques.

Abstract

The trees of the parks are currently the natural sinkholes within the cities. This research sought to estimate how much carbon fixes the trees of the urban parks "La Rotonda" of the Portoviejo canton and "La Madre" of the Manta canton. To estimate the CO₂ capture in living biomass of the trees, allometric equations proposed by Chave (2005) were used, who describes various equations according to the nature of the species to be evaluated. Data on richness, abundance, dendometric variables (diameter at breast height (DBH) and height) were collected. The density of the wood was obtained from public databases and external literature. The La Rotonda park obtained a total carbon capture of 247,748.14 Kg, which was made up of 70% of individuals with an affinity to the humid forest. The La Madre park estimated a CO₂ capture of 36,555.78 Kg, with 90% of the individuals belonging to humid forest. The results show that the potential of parks to sequester carbon will depend mainly on the type of species that compose them. It is recommended that in the design of the parks, in addition to the landscape aspect, the ecosystem services that they can provide are also considered.

Keywords: Carbon fixation, wooded, parks.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 05 de julio de 2021.

Fecha de aceptación: 06 de octubre de 2021.

Fecha de publicación: 06 de enero de 2022.

1. Introducción

Los océanos y los bosques son los principales sumideros de carbono, es decir, pueden absorber la mitad del CO₂ emitido por la actividad humana (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2013). Los bosques juegan un papel primordial en el ciclo de carbono al absorber y retener CO₂ atmosférico, el cual en parte fluye de nuevo a la atmósfera en los procesos de respiración autotrófica en la vegetación y heterotrófica en el suelo (Pardos, 2010).

La captura de carbono está directamente relacionada con la tasa de variación interanual de carbono almacenado en la biomasa sobre y bajo el suelo de CO₂ (McPherson, 1998) y de acuerdo a la Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) se definen cinco diferentes almacenes de carbono en la vegetación: el suelo, la hojarasca, la biomasa viva por debajo del suelo (raíces), la biomasa muerta sobre el suelo y biomasa viva sobre el suelo (tallos, ramas, corteza, semillas y follaje, de árboles arbustos y herbácea) (Programa Mexicano del Carbono [PMC], 2015).

Los parques urbanos como áreas verdes más allá de formar parte de un paisaje y promover espacios de esparcimiento y de cercanía con la naturaleza por medio de sus colores, formas y aromas; son capaces de brindar infinitos servicios ambientales, los cuales son entendidos como los beneficios en muchos casos intangibles que aportan al bienestar de las personas (Reyes y Gutiérrez, 2010).

En 2017, las emisiones de CO₂ en Ecuador han caído 1 046 kilotoneladas, un 2,58% respecto a 2016. Ecuador es el país número 122 del ranking de países por emisiones de carbono, formado por 186 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes (Muntean et al., 2018).

Bajo este contexto grandes urbes como Quito, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2011), recomienda plantar 135 árboles para compensar la emisión de 2,7 toneladas de CO₂ a la atmósfera. En el 2011, se informó que la provincia de Manabí es una de las que requiere mayor número de árboles para absorber las emisiones de CO₂ generadas en total unos 6



407 452 árboles para las 12 291,16 toneladas de CO₂ producidas por consumo de electricidad.

Manta y Portoviejo, principales urbes de la provincia de Manabí en Ecuador son ciudades que han tenido un rápido desarrollo, pero que, este no ha sido de forma ordenada y planificada. Esto ha resultado en un limitado planeamiento en cuanto a usos y ocupación del suelo (A. Reyna, J. Reyna y Vences, 2017) por lo que existen pocos espacios destinados a áreas verdes como parques que puedan brindar servicios ambientales necesarios como la fijación de carbono.

En la actualidad para estimar la fijación de carbono se han desarrollado modelos basados en biomasa diseñados para árboles individuales (Armas, 1997). Estas ecuaciones facilitan la toma de decisiones y permiten la estimación de biomasa y carbono a gran escala, y al no ser invasivas (no requiere talar los árboles) son las más útiles para estudios en parques o áreas protegidas.

Siendo los parques urbanos áreas potenciales que ayudan a minimizar

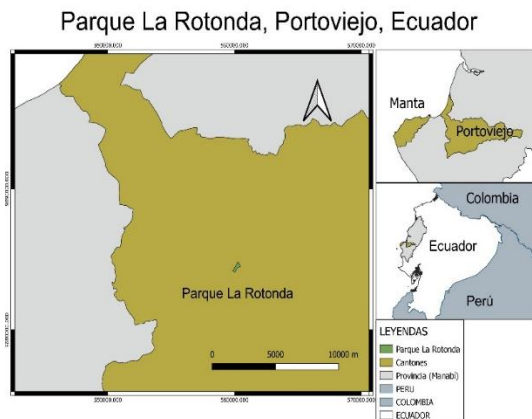
las emisiones de CO₂ generadas en la urbe, surge la necesidad de evaluar la cantidad de carbono que fijan los parques urbanos en las ciudades con el objeto de valorar los servicios ambientales intangibles de los cuales se beneficia la comunidad, además, de permitir conocer cuáles son las especies que más captan carbono y generar información que fortalezca una mejor planificación y diseño de parques urbanos.

2. Metodología (Materiales y métodos)

El estudio se realizó en dos parques urbanos de las dos ciudades más grandes y pobladas de la provincia de Manabí en Ecuador.

Parque La Rotonda ubicado en Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, es uno de los parques más grande de provincia y tiene un área estimada de 15,24 hectáreas con plazas donde pueden llegar a albergar hasta unas 5 000 personas (Figura 1).

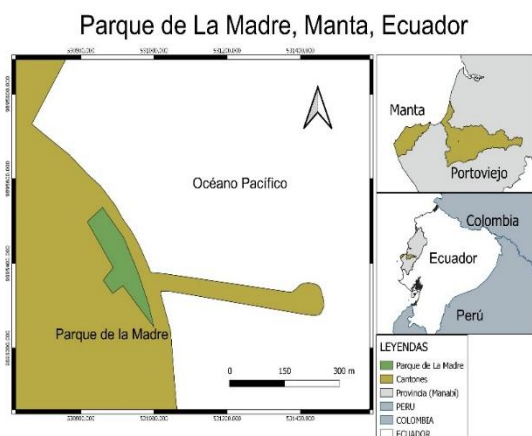
Figura 1. Ubicación del parque La Rotonda, Portoviejo, Ecuador.



Fuente: Elaborado por los autores.

El parque de La Madre ubicado en la ciudad de Manta es el parque más grande de la ciudad y el más visitado. Siendo Manta la segunda ciudad más poblada de la provincia de Manabí este parque se presenta como el área verde más grande de la urbe (Figura 2).

Figura 2. Ubicación del parque de La Madre, Manta, Ecuador.



Fuente: Elaborado por los autores.

Se realizó un inventario forestal del arbolado de ambos parques. Para

estimar la riqueza y abundancia se identificaron las especies en campo. Se evaluaron todos los árboles con un diámetro mayor a 5 cm y una altura mayor a 1,60 m. Para la identificación de especie se utilizaron la guía dendrológica de las especies forestales de los bosques secos del Ecuador dentro del proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático MAE/FAO (Aguirre, 2012) y el Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Jorgensen y Yáñez, 1999). La información fue registrada en una ficha técnica.

Para estimar biomasa arbórea captada por cada individuo estudiado se utilizó el método indirecto propuesto por (Chave, 2005), el cual se basa en modelos de regresión con las variables obtenidas en el campo. Para este fin se consideraron dos modelos de ecuaciones, la ecuación a1 utilizada para las especies de bosques tropicales húmedos y la ecuación a2 utilizada para las especies de bosques tropicales secos. Para este fin cada individuo fue clasificado según al ecosistema al que pertenece de forma nativa (bosque seco o bosque húmedo). Así mismo, la densidad de madera fue obtenida



de diversos textos y guías en donde se describía este parámetro.

Ecuación a1: $B = \exp [-2,977 + \ln (\pi (DAP)^2 H)]$

Ecuación a1: $B = \exp [-2,187 + 0.916 * \ln (\pi (DAP)^2 H)]$

Donde:

B= Biomasa aérea (kg)

ln= logaritmo neperiano

DAP: Diámetro a la altura del pecho (cm)

H= Altura (m)

p= densidad de la madera (g/cm³)

i= valor específico para cada especie

El DAP se determinó midiendo la longitud de circunferencia (LC) del tronco a 130 cm de altura, mientras que en árboles que contaban con diferentes bifurcaciones por debajo del 130 cm, se procedió a medir de la misma manera cada tronco y se realizó una suma total de los diámetros en centímetros. Una vez obtenidos estos valores se aplicó la siguiente ecuación para obtener el DAP:

$$DAP = LC / \pi$$

Donde:

LC= longitud de circunferencia

$$\pi = \pi (3,1416)$$

La altura se determinó utilizando el método de compasión de triángulos, para lo cual se necesita una regla métrica y la siguiente ecuación:

$$H = h (D/d)$$

Donde:

h= Altura de la regla

D= Distancia del observador al árbol

d= distancia del observador a la regla

3. Resultados (análisis e interpretación de los resultados)

Se evaluaron, en ambas áreas de estudio, un total de 934 individuos. En la Tabla 1, Parque La Rotonda, se muestran los 847 individuos registrados que pertenecen a 33 especies.

Tabla 1. Riqueza, abundancia área, familia y afinidad de ecosistema de las especies arbóreas del parque La Rotonda.

Nombre Científico	Nombre común	Familia	Cantidad Individuos	Ecosistema de afinidad
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Anacardiaceae	154	Humeda
<i>Albizia guachapele</i>	Tabaca	Fabaceae	103	Seca
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Fabaceae	82	Humeda
<i>Pithecellobium dulce</i>	Chiminango	Fabaceae	79	Seca
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	Miliaceae	63	Humeda
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Miliaceae	48	Humeda
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Miliaceae	34	Humeda
<i>Bucida buceras</i>	Olivo Negro	Combretaceae	32	Humeda
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán Amarillo	Bignoniaceae	32	Humeda
<i>Simarouba amara</i>	Cedrillo	Simaroubaceae	27	Humeda
<i>Prosopis juliflora</i>	Algarrobo	Fabaceae	20	Seca
<i>Ficus benjamina</i>	Laurel falso	Moraceae	19	Humeda
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	Bignoniaceae	19	Humeda
<i>Delonix regia</i>	Acacia Roja	Fabaceae	18	Humeda
<i>Cassia fistula</i>	Lluvia de Oro	Fabaceae	16	Seca
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Fabaceae	15	Humeda
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Gualanday	Bignoniaceae	13	Seca
<i>Ceiba petandra</i>	Ceiba	Malvaceae	11	Seca
<i>Anona muricata</i>	Guanábana	Annonaceae	10	Humeda
<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	Combretaceae	7	Humeda
<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	Anacardiaceae	7	Humeda
<i>Junglans neotropica</i>	Cedro Negro	Junglandaceae	7	Humeda
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	Papayuelo - Chaya	Euphorbiaceae	6	Humeda
<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo	Anacardiaceae	5	Seca
<i>Cedrela montana</i>	Cedro de Montaña	Miliaceae	5	Seca
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Clavellino	Fabaceae	2	Seca
<i>Ficus elastica</i>	Caucho	Combretaceae	2	Humeda
<i>Erythrina variegata</i>	Colorón Amarillo	Fabaceae	2	Humeda
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	Acacia ferrugínea	Fabaceae	2	Humeda
<i>Hevea brasiliensis</i>	caucho	Euphorbiaceae	2	Humeda
<i>Malpighia emarginata</i>	Ciruela de fraile - Acerola	Malpighiaceae	2	Seca
<i>Guarea guindonia</i>	Trompillo	Miliaceae	2	Humeda
<i>Kigelia africana</i>	Árbol salchicha	Bignoniaceae	1	Humeda

Fuente: Elaborado por los autores.

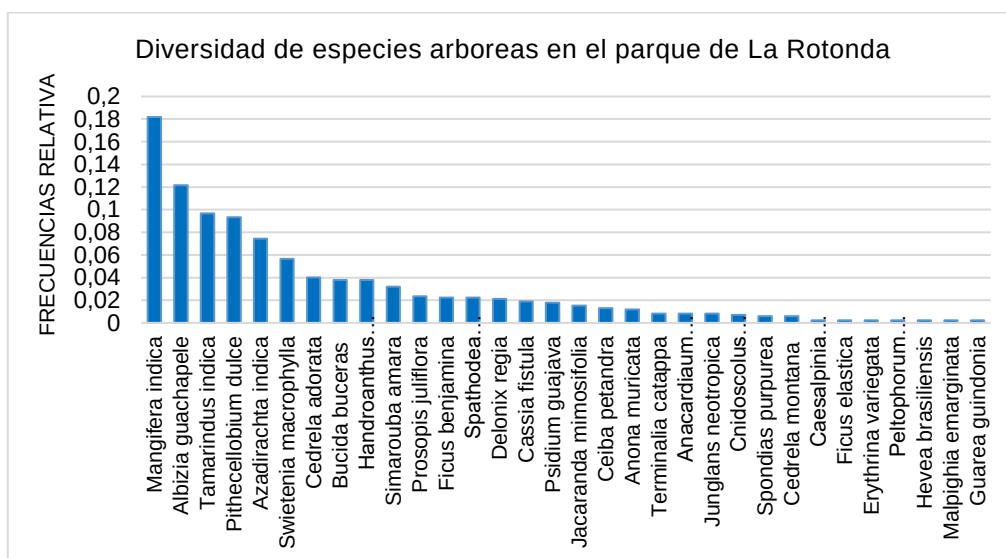
Se identificaron 23 especies las cuales presentan mayor afinidad a ecosistemas húmedos, destacando las especies: *Mangifera indica*

(Mango) con 154 individuos (la más abundante), seguido de *Tamarindus indica* (Tamarindo) con 82 individuos, y *Azadirachta indica*

(Neem) con 63 individuos. Respecto a las especies que tienen afinidad a ecosistemas secos, se pudieron identificar 10 especies siendo las más abundantes Albizia Guachapele

(Tabaca) con 103 individuos, seguido de Pithecellobium dulce (Chiminango) con 79 individuos, y Cassia Fistula (Lluvia de oro) con 16 individuos (Figura 3).

Figura 3. Diversidad y frecuencia relativa del arbolado del parque La Rotonda.



Fuente: Elaborado por los autores.

En el parque de La Madre se registraron 87 ejemplares de 9

especies diferentes como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Riqueza, abundancia área, familia y afinidad de ecosistema de las especies arbóreas del parque La Rotonda.

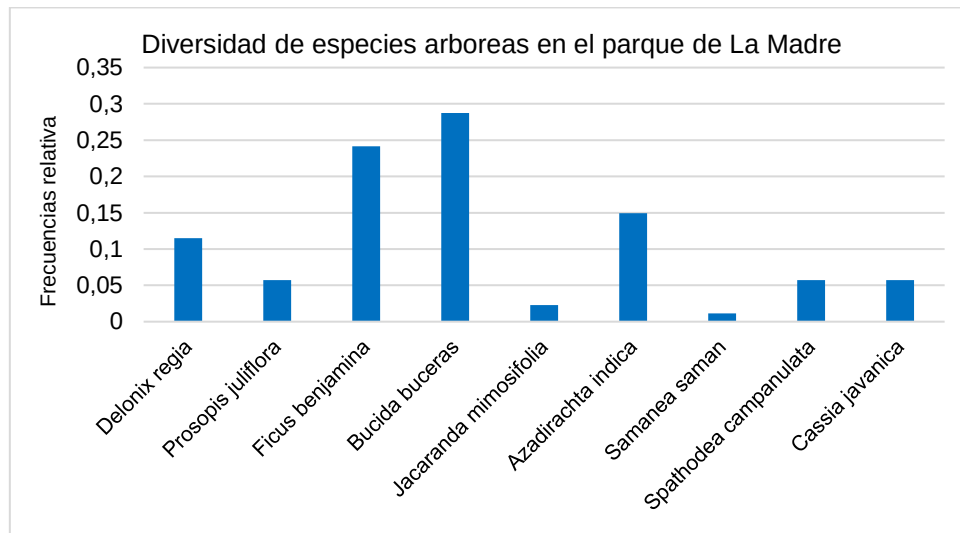
Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Cantidad Individuos	Ecosistema de afinidad
<i>Delonix regia</i>	Acacia Roja	Fabaceae	10	Humeda
<i>Prosopis juliflora</i>	Algarrobo	Fabaceae	5	Seca
<i>Ficus benjamina</i>	Laurel falso	Moraceae	21	Humeda
<i>Bucida buceras</i>	Olivo Negro	Combretaceae	25	Humeda
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Gualanday	Bignoniaceae	2	Seca
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	Miliaceae	13	Humeda
<i>Albizia saman</i>	Saman	Fabaceae	1	Seca
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipan africano	Bignoniaceae	5	Humeda
<i>Cassia javanica</i>	Acacia Rosada	Fabaceae	5	Humeda

Fuente: Elaborado por los autores.

En esta área se encontraron 79 individuos de 6 especies afines a ecosistemas húmedos destacando la *Bucida buceras* (la más abundante) con 25 ejemplares y a su

vez 8 individuos de 3 especies con afinidad a un ecosistema seco, destacando el *Prosopis juliflora* (Algarrobo) con 5 ejemplares (Figura 3).

Figura 4. Diversidad y frecuencia relativa del arbolado del parque La Rotonda.

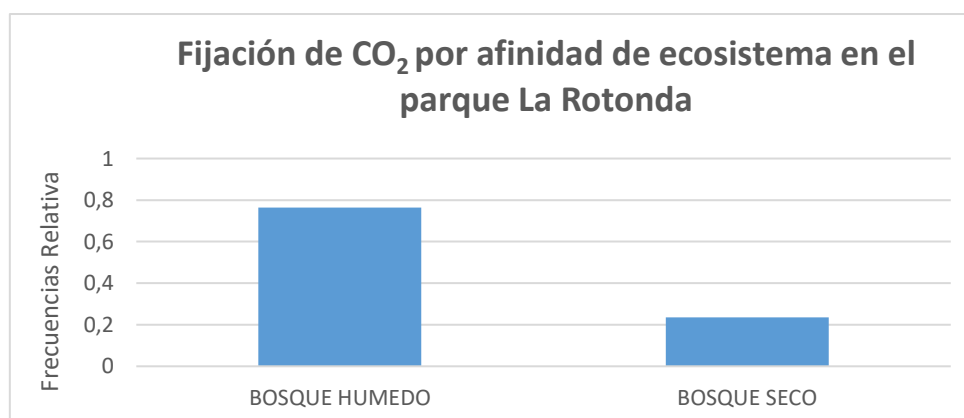


Fuente: Elaborado por los autores.

Respecto a la fijación de carbono, de los 847 individuos registrados en el parque La Rotonda, se obtuvo que el 70 % de la población conformado por 593 individuos con afinidad a bosque húmedo fijan 189 418,32 kg de CO₂,

mientras que el otro casi 30 % de la población con afinidad a bosques secos fijan de 58 329,82 kg de CO₂, obteniendo como biomasa aérea total 24 7748,14 kg de carbono (Figura 5).

Figura 5. Fijación de CO₂ del arbolado en kilogramos en el parque La Rotonda.

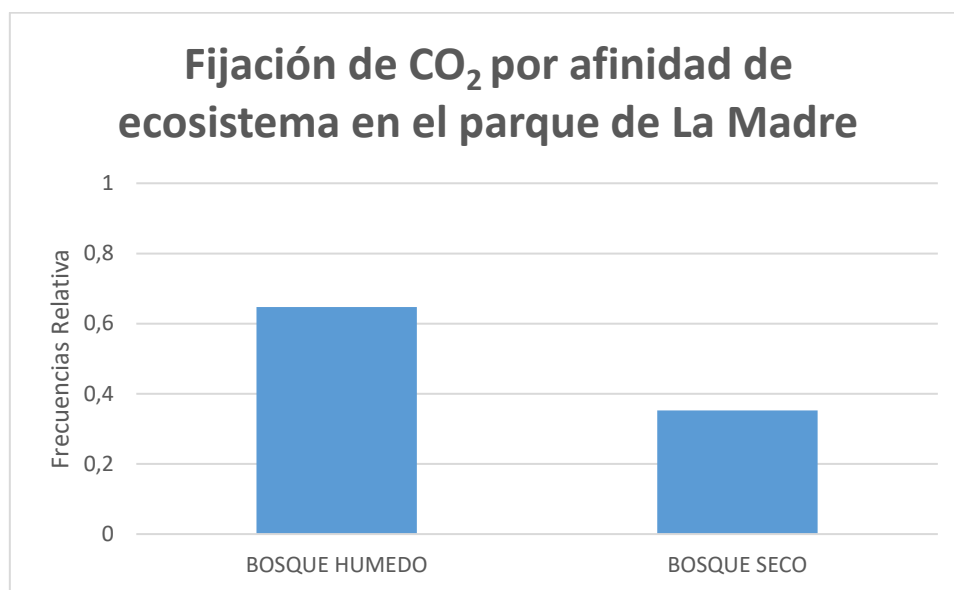


Fuente: Elaborado por los autores.

En el parque de La Madre se evaluaron 87 individuos presentando el 90 % de la población afinidad con el bosque húmedo; se estimó que este grupo fijó 23 663,57 kg de CO₂. El otro grupo de individuos

registrados son especies descritas como propias del bosque seco; estas fijaron 12 892,21 kg de CO₂ obteniendo como biomasa aérea total de 36 555,78 kg de CO₂ (Figura 6).

Figura 6. Fijación de CO₂ del arbolado en kilogramos en el parque de La Madre.



Fuente: Elaborado por los autores.

4. Discusión

La importancia de la estimación de biomasa en las especies vegetales radica principalmente en conocer el valor que tiene como servicio ambiental (J. Hernández, Valdivia, M. Hernández, 2019).

También es la estimación de biomasa en las zonas urbanas, pero para este fin previamente se debe hacer un estudio forestal para identificar las características de las

especies si son grandes captadores de carbono, es decir, la forma de aumentar la vegetación en las ciudades sería considerar la captura de CO₂ de la vegetación natural ya existente, como: el matorral costero, el chaparral y la vegetación de galería, en combinación con el resto de las áreas verdes urbanas. Dentro de estos tipos de vegetación se podría promover la producción de planta nativa, las cuales ya están adaptadas al clima y características

fisiográficas de la zona, por lo que no necesitan mucho riego, ni gran mantenimiento, además, de tener mayor posibilidad de sobrevivencia (Echeverría et al., 2018).

En el presente estudio se demostró que las especies que tiene afinidad al bosque húmedo tienden a fijar más carbono que las especies que provienen del bosque seco. En este sentido Sosa (2016) en su investigación sobre captación de CO₂ con especies de diferentes tipos de bosques, obtuvo la biomasa de 25 especies por tipo de bosque del área de estudio, donde el bosque denominado terraza baja exhibe 177,82 t/ha. de biomasa total estimada, 256,27 t/ha. le corresponde al bosque de colina baja y finalmente 286,14 t/ha. le pertenece al bosque de colina alta, demostrando que los bosques que tienen mayor humedad (bosque de colina alta) producen más biomasa, por ende, captan más carbono. Además, observo que las especies *Tachigali tessmannii* “tangarna” (55,18 t/ha), *Eschweilera coriácea* “machimango negro” (55,13 t/ha) del bosque de colina alta y *Eschweilera gigantea* “machimango negro” (58,88 t/ha) del bosque de colina

baja, son las que reportan el más alto valor de biomasa total estimada, lo cual, es un indicativo de que existen especies que captan más carbono que otras incluso si se desarrollan en el mismo ecosistema. Estas diferencias en producción de biomasa pueden estar influenciada por factores como: edad, calidad de sitio, especies, densidad de las plantaciones, exposición, cambios estacionales, sistema silvicultura aplicado, entre otros (García-Aguilar et al., 2017).

Los resultados obtenidos demostraron que el parque La Rotonda fija más carbono que el parque de La Madre principalmente por la abundancia del arbolado, así mismo, se pudo observar que aquellos individuos que tenían mayor altura y que pertenecían a especies que como característica tienen DAP amplios y densidades de madera altas fijan más carbono tal como lo sugieren (Escobedo et al., 2010; Nowak et al., 2008) quienes además destacan a la especie como la variable de mayor peso.

En lo que respecta a la variable especie en este estudio las especies que más capturaron fueron el *Handroanthus* *Chrysanthus*,



Swietenia macrophylla, *Azadirachta indica*, *Mangifera indica*, *Samanea saman* especies que se destacaron por ser más abundantes al igual que el estudio realizado por Chaparro y Terradas (2009) en Tijuana en donde la especie *Eucalyptus globulus* fue la que más captura CO₂ al ser la más abundante.

Se consideró que el parque de la Rotonda con el tiempo puede aumentar su capacidad de captación de dióxido de carbono debido a que la mayor parte de individuos se encuentra en etapa de crecimiento, a diferencia del parque de la Madre que posee la mayor parte de sus ejemplares longevos, es importante también considerar que estas especies no necesitan mucho mantenimiento tratando de reducir al mínimo las necesidades de poda y de ese modo reducir la liberación de carbono (Chaparro y Terradas, 2009). Además, se debe tratar de mantener a los árboles maduros y de gran tamaño para una mayor captación (Velasco, Roth, Norford y Molina 2016) (DAP mayor a 30 cm) que, aunque son pocos los que existen actualmente en las áreas estudiadas estos se encuentran almacenando una gran cantidad de

CO₂ en su biomasa y proveen de diversos servicios ambientales.

En este sentido las nuevas áreas verdes de las zonas urbanas deberían generarse dando prioridad a árboles de crecimiento rápido los cuales inicialmente secuestran más CO₂ que un árbol de crecimiento lento y con ello aumentar la capacidad de captura de carbono. Sin embargo, debemos tener cuidado con esta medida ya que como indican Chaparro y Terradas (2009) esta ventaja puede perderse si los árboles de crecimiento rápido tienen una esperanza de vida corta, ya que cuando un árbol muere este deja de capturar CO₂ y si se descompone o quema lo libera.

5. Conclusiones

La metodología utilizada se demuestra útil para el uso en parques urbanos, al no afectar directamente a los individuos evaluados, permitió identificar el arbolado que más fija CO₂ tanto en el parque La Rotonda como en el parque de La Madre.

El estudio, además, demostró que las variables especie, abundancia,

altura, DAP y densidad de la madera definen la capacidad de fijar carbono de las especies arbóreas.

El conocimiento generado sobre especies y sus potencialidades de fijación de carbono son una herramienta útil para la planificación de nuevos espacios verdes (parques, jardines, etc.) que facilita la toma de decisiones respecto a al diseño de estos espacios y a los criterios de selección de especies.

Bibliografía

- Aguirre. (2012). Guía Dendrológica de las Especies Forestales de los Bosques Secos de Ecuador. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Armas, D., Guevara, M., Alcaraz-Segura, D., Vargas, R., Soriano-Luna, M.A., Durante, P. y Oyonarte, C. (2017). Mapa digital del perfil del carbono orgánico en los suelos de Andalucía, España. *Ecosistemas*: 26(3), 80-88.
- Chaparro y Terradas. (2009). Ecological services of urban forest in Barcelona." Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Bellaterra, España: Universidad Autònoma de Barcelona.
- Chave, J. B. (2005). Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of Tropical Ecology*: 17, 79-96.
- Echeverría, Montero, Villar, Arévalo, Hernández, González, Rubio, Carvajal y Baños, (2018). Reforestación y conservación de árboles nativos en el corregimiento de San Rafael municipio de San Sebastián, Magdalena.
- Escobedo, Kroeger y Wagner. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*: 159(7).
- García-Aguilar, Velasco-Velasco, Rodríguez-Ortiz y Enríquez-del Valle. (2017). Influencia de la calidad de sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*: 8(44).
- Hernandez J., Valdivia, M., Hernández M. (2019). Valoración de servicios ambientales y recreativos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*: 10(54), 100-117.
- International Panel of Climate Change. (2013). Informe: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Resumen para



- responsables de políticas. Sørkjorden, Noruega: Unidad de apoyo técnico IPCC.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales_2011/Presentacion_hog2011.pdf
- Jørgensen y León-Yáñez. (1999). Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. Missouri, Estados Unidos: Missouri Botanical Garden.
- McPherson, E. y Simpson, J. (1999). Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters., Albany, Estados Unidos: Pacific Southwest Research Station.
- Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., Solazzo, Olivier, J.G.J. y Vignati, E. (2018). Fossil CO₂ emissions of all world countries. Luxemburgo: Publication Office of the European Union.
- Nowak, Crane, Stevens, Hoehn, Walton y Bond. (2008). A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Aboriculture & Urban Forestry*: 34(6), 347–358.
- Organización Meteorológica Mundial. (2013). Boletín sobre los gases de efecto invernadero. Recuperado de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>
- Pardos, J.A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Madrid, España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria. Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Programa Mexicano del Carbono, A.C. (2015). Manual de Procedimientos Inventario de Carbono+. Estudio de Factibilidad Técnica para el Pago de Bonos de Carbono en el Estado de México (RETUS con BASES EDOMEX). Texcoco, México.
- Reyes, A. y Gutiérrez, J.J, (2010) Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*: 12(1), 96-102.
- Reyna, A., Reyna J. y Vines (2017). Escenarios de crecimiento urbano 2017 y 2022 de la



ciudad de Portoviejo, Ecuador, a partir de autómatas celulares. Revista San Gregorio: 19, 20-33.

Sosa, J. (2016). Valoración económica del secuestro de CO₂ en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú-2014 (tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

Velasco, Roth, Norford y Molina. (2016). Does urban vegetation enhance carbon sequestration? Landscape and Urban Planning: 148, 99-107.