

ARTICULO ORIGINAL

Almacenamiento de carbono en el estrato arbóreo del bosque de galería del campus de la Universidad Nacional de Asunción

Carbon storage in the tree stratum of the gallery forest of the campus of the Universidad Nacional de Asunción

***Maura Isabel Díaz Lezcano¹** , **Pablo Vidal Godoy Bray¹** ,
Hugo Cesar Gómez Acosta¹ 

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay

RESUMEN

El presente estudio fue realizado a fin de estimar el almacenamiento de carbono en sectores representativos proveniente del estrato arbóreo del bosque de galería de la Universidad Nacional de Asunción perteneciente de la sub cuenca del arroyo San Lorenzo, Departamento de Central, Paraguay. Dentro del área del bosque en estudio se establecieron cuatro parcelas temporales de monitoreo de 750m² (25 m x 30 m) en forma sistemática en los puntos más representativos, totalizando 3000 m² de superficie de muestreo. Se identificaron y registraron las especies herbáceas, arbóreas y arbustivas, además se midió todos los individuos con un diámetro mayor o igual a 10 cm de DAP y se determinaron las variables dasométricas, la biomasa, el carbono y el dióxido de carbono equivalente de las especies forestales. Los resultados mostraron la presencia de 12 familias botánicas, siendo la más representativa la Lauraceae, 13 géneros totalizando 560 individuos/ha, estando el 70% de ellos sanos, el área basal fue de 18,24 m²/ha, el volumen de fuste fue de 41,62 m³/ha. El estrato arbóreo del bosque de galería almacenó 82,20 t/ha de biomasa total, 41,10 t/ha de carbono total y 150,71 t/ha de dióxido de carbono equivalente. El bosque de galería del Arroyo San Lorenzo constituye un reservorio importante de carbono almacenado en la biomasa arbórea por lo que un representa un potencial para la captura de CO₂ del ambiente.

Palabras clave: Biomasa arbórea, carbono almacenado, dióxido de carbono, especies forestales, variables dasométricas.

ABSTRACT

This study was conducted to estimate carbon storage in representative sections of the tree canopy of the gallery forest at the National University of Asunción, located in the San Lorenzo stream sub-basin, Central Department, Paraguay. Within the study area, four temporary monitoring plots of 750 m² (25 m x 30 m) were systematically established at the most representative points, totaling 3000 m² of sampling area. Herbaceous, arboreal, and shrub species were identified and recorded. All individuals with a diameter at breast height (DBH) greater than or equal to 10 cm were measured, and the following variables were determined: dendrometric variables, biomass, carbon, and carbon dioxide equivalent for the forest species. The results showed the presence of 12 botanical families, the most representative being Lauraceae, and 13 genera totaling 560 individuals/ha, 70% of which were healthy. The basal area was 18.24 m²/ha, and the stem volume was 41.62 m³/ha. The tree stratum of the gallery forest stored 82.20 t/ha of total biomass, 41.10 t/ha of total carbon, and 150.71 t/ha of carbon dioxide equivalent. The gallery forest of the San Lorenzo Stream constitutes an important reservoir of carbon stored in tree biomass, thus representing a potential for CO₂ capture from the atmosphere.

Keywords: Tree biomass, stored carbon, carbon dioxide, forest species, dasometrics variables.

***Autor correspondiente:** Maura Isabel Díaz Lezcano. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay. Correo electrónico: maura.diaz@agr.una.py. Fecha de envío: 9/012/2025. Revisión 12/04/2026. Aceptación: 21/07/2026.

Proceso de revisión: Evaluación por pares a doble ciego.

Editora responsable: Graciela María Patricia Velázquez de Saldivar . Universidad del Cono Sur de las Américas, UCSA.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons

INTRODUCCIÓN

Los bosques de galería o ribera, también conocidos como sotos, poseen una vegetación tan frondosa que cubre por entero un río. Estos bosques son formaciones de árboles, arbustos y especies herbáceas que se desarrollan en los márgenes de los ríos, juegan un importante rol en el ciclo del agua y la regulación ambiental, pero también se comportan como corredores de biodiversidad, comunicando diferentes ecosistemas (Stevenson y Rodríguez 2008). Teniendo en cuenta este punto, se menciona que los bosques tropicales del mundo, debido a su amplia distribución, elevada diversidad y contribución a funciones clave del planeta como la regulación climática e hidrológica proveen servicios ecosistémicos críticos (Balvanera 2012).

La Ley N° 4241/10 de "Restablecimiento de Bosques Protectores de Cauces Hídricos dentro del Territorio Nacional" en la República del Paraguay, menciona el papel fundamental de los ecosistemas naturales con miras al desarrollo sustentable (INFONA 2019).

La importancia de esta investigación radica en el aporte de datos para el desarrollo de políticas ambientales que garanticen la puesta en marcha de proyectos ecosistémicos sostenibles. En este contexto, el bosque de galería del Campus de la Universidad Nacional de Asunción representa un potencial ecosistémico importante de relevancia que proporciona servicios de almacenamiento de carbono.

El objetivo de este trabajo fue estimar el contenido de carbono almacenado en el estrato arbóreo del bosque de galería del campus de la Universidad Nacional de Asunción.

MÉTODO

El trabajo se llevó a cabo en el Campus de San Lorenzo, a 11 km del centro de Asunción, entre las coordenadas 25° 20' 18" Lat. Sur y 57° 31' 04" Lat. Oeste, a 125 m sobre el nivel del mar; en la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Asunción.

El bosque de galería presenta una superficie aproximada de 5,3 ha (384 m x 140 m). Las parcelas fueron instaladas en forma sistemática en 4 puntos representativos del bosque y para evitar el efecto de borde, todas las parcelas se instalaron a una distancia igual a 10 m de los límites naturales. Se delimitaron 4 parcelas de 25 m x 30 m donde, totalizando un área de muestreo de 3000 m², donde se identificaron y tomaron los datos de las especies forestales.

Con la finalidad de determinar la composición florística del bosque, la nomenclatura científica de las especies identificadas fue actualizada mediante la base de datos del Instituto Darwinion, Flora del Cono Sur y la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden.

Primeramente, se contabilizó el número de individuos arbóreos por parcela, y estos datos fueron extrapolados a valores por hectárea.

Se evaluó el estado sanitario de las especies vegetales registradas clasificándolas en 2 categorías, sanas y enfermas, considerando la presencia de presencia de las especies epífitas e insectos dañinos y agentes microbianos patógenos.

Se midieron todos los individuos arbóreos y arbustivos con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 10 cm, la altura de fuste y total. Estos datos, además del nombre común, nombre científico y familia, se registraron en una planilla de campo.

Para determinar las variables dasométricas, biomasa, carbono y dióxido de carbono equivalente fueron empleadas las siguientes fórmulas:

$$\text{Área basal: } g = (\pi * DAP^2) / 4 \quad (1)$$

Donde:

- g = Área basal
- DAP = Diámetro a la altura de pecho
- $n = 3,14$

$$\text{Volumen de fuste: } V = g * H * ff \quad (2)$$

Donde:

- g = Área Basal
 - H = altura de fuste
 - ff = factor de forma utilizado (0,775)
- $$BF = V * Pe \quad (3)$$

Donde:

- BF = Biomasa de fuste
- V = volumen del fuste
- Pe = peso específico de la madera de cada especie forestal registrada

$$BA = BF * FEB \quad (4)$$

Donde:

- BA = Biomasa aérea
- FEB = Factor de expansión de biomasa (3,24)

$$BR = BA * 0,24 \quad (5)$$

Donde:

- BR = Biomasa radicular
- BA = Biomasa aérea

$$BAT = BA + BR \quad (6)$$

Donde:

- BAT = Biomasa arbórea total (en toneladas)
- BA = Biomasa aérea
- BR = Biomasa radicular

$$CAT = BAT * 0,5 \quad (7)$$

Donde:

- CAT = Carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC)
- BAT = Biomasa arbórea total (en toneladas)

$$CO_2e = CT * 3,667 \quad (8)$$

Donde:

- CO₂e = Carbono equivalente
- CT= Carbono total

Una vez obtenidos los datos primarios en el campo se realizó el procesamiento de los mismos en planillas electrónicas (Excel), se aplicaron fórmulas predeterminadas para obtener área basal y volumen, y ajustar la densidad de la madera, y para la estimación de carbono aéreo, radicular, total, y dióxido de carbono equivalente.

RESULTADOS

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL BOSQUE DE GALERÍA

El bosque de galería del Arroyo San Lorenzo ubicado en el campus de la FCA-UNA presentó una vegetación característica de ribera donde registraron 12 familias botánicas, 13 géneros y 165 individuos en el área muestreada, siendo la familia más representativa Lauraceae con 3 especies, Euphorbiaceae con 2 especies y el resto de las familias con 1 especie, todos ellos distribuidos en una superficie de 5,3 hectáreas. La especie más abundante fue *Cecropia pachystachya* (amba' y) con 29 individuos, equivalente a 97 ind/ha. en la Tabla 1 se observa el listado de la composición florística. La cantidad de individuos registrados en las diferentes parcelas varió entre 32 y 56 individuos por parcela, equivalente a un rango de 427 a 587 individuos/ha, promediando 560 individuos/ha.

Tabla 1. Composición florística del bosque de galería del Arroyo San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
ANACARDIACEAE	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex dumosa</i> Reissek var. <i>guaranina</i> Loes.	Yerba señorita
EUPHORBIACEAE	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Kurupika'y
EUPHORBIACEAE	<i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.	Kurupika'y
FABACEAE	<i>Inga marginata</i> Willd.	Inga
FABACEAE	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.)	Kurupa'yra
LAURACEAE	<i>Ocotea puberula</i> (Nees & Mart.) Ness	Laurel guaica
LAURACEAE	<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrader) Nees & Mart. ex Nees	Laurel hú
LAURACEAE	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Laurel sa'yju
MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro
MYRTACEA	<i>Syzygium</i> sp. L.	Mbopi namichai
MYRTACEA	<i>Psidium guajava</i> L.	Arasa / Guayaba
POACEAE	<i>Cymbopogon nardus</i> L.	Citronela
RHAMNACEAE	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Hovenia
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Amba'y
VERBENACEAE	<i>Citharexylum</i> sp	-

ESTADO SANITARIO Y VARIABLES DASOMÉTRICAS

La cantidad de individuos registrados en las diferentes parcelas varió entre 32 y 56 individuos por parcela, equivalente a un rango de 427 a 587 individuos/ha, promediando 560 individuos/ha.

El estado sanitario de las especies vegetales existentes en el bosque de galería del Arroyo San Lorenzo fue bueno, siendo consideradas sanas 70% de ellas, cuya representación puede ser observada en la Figura 1.

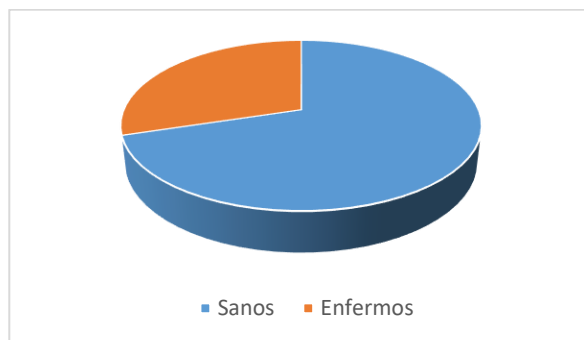


Figura 1. Estado sanitario del bosque de galería del arroyo San Lorenzo, ubicado dentro del campus de la Universidad Nacional de Asunción.

El área basal del bosque en estudio tuvo un promedio 18,24 m²/ha, variando entre 15,82 y 21,92 m²/ha en cada una de las parcelas. El volumen de fuste promedio fue de 41,62 m³/ha, teniendo valores umbrales mínimo y máximo de 28,65 y 49,76 m³/ha, respectivamente. La Figura 2 ilustra los valores calculados en cada una de las parcelas.

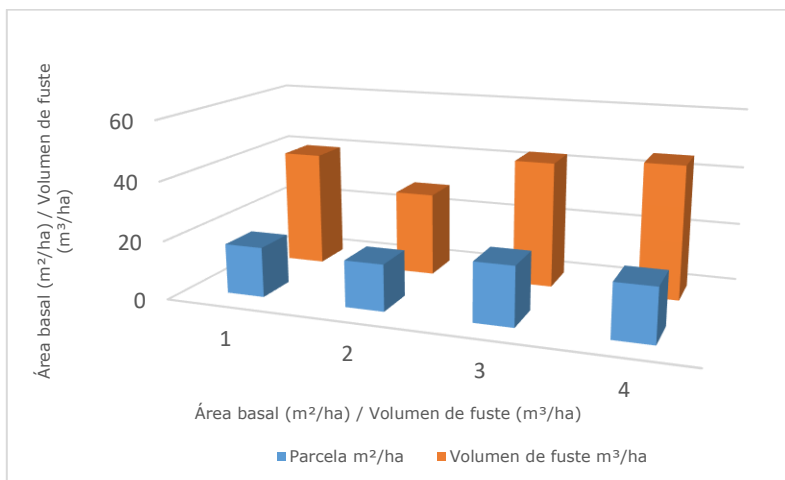


Figura 2. Área basal y Volumen de fuste de cada una de las parcelas establecidas.

La aplicación de las ecuaciones alométricas permitió estimar que el bosque de galería en estudio almacenó 82,20 t/ha de biomasa total, de los cuales 19,38 t/ha correspondía a la biomasa de fuste, 66, 29 t/ha a la biomasa aérea, 15,91 t/ha a la biomasa radicular. El carbono almacenado en esta formación forestal fue de 41,1 t/ha y el dióxido de carbono equivalente 150,71 t/ha. Las estimaciones de estas variables distribuidas por cada parcela inventariada pueden ser observadas en la Figura 3.

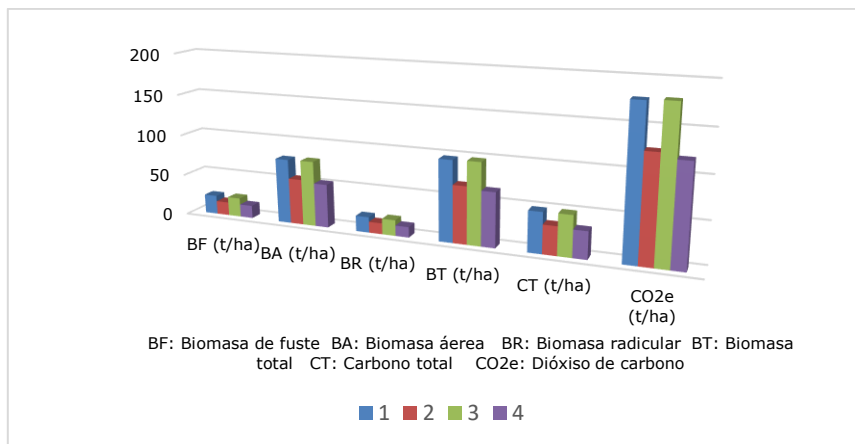


Figura 3. Biomasa de fuste, aérea, radicular y total, carbono total y dióxido de carbono equivalente almacenado en cada parcela del bosque de galería del Arroyo San Lorenzo. Departamento Central, Paraguay.

DISCUSIÓN

Es presente estudio sobre la vegetación del bosque de galería es coincidente con otras investigaciones realizadas en la misma formación forestal y otros bosques de ribera. En este sentido, fueron registradas especies como *Cecropia pachystachia*, en gran abundancia como lo es usualmente en este tipo de bosque.

En este orden, *Inga marginata* (ingá), es una de las especies forestales comunes en los bosques de galería de la Región Oriental del Paraguay, así lo sostienen investigaciones de Martínez (2007) y Díaz Lezcano y Lezcano Aquino (2023). En este contexto, Martínez (2007) en un estudio realizado sobre el bosque de galería del arroyo Ortega, Departamento de Cordillera, identificó especies como *Inga marginata*, *Croton urucurana* y *Peltophorum dubium*, en el bosque de galería en mención, y por su parte, Díaz Lezcano y Lezcano Aquino (2023) en su análisis sobre la composición florística y estructura del bosque de galería en el Parque Vapor Cué, en el Departamento de Cordillera, Paraguay, registraron 112 individuos con DAP ≥ 10 cm, correspondiente a 8

géneros y 8 especies [*Celtis pubescens* Spreng., *Rheedia brasiliensis* (Mart.) Planch. & Triana, *Croton urucurana* Baill., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Inga marginata* Wild., *Eugenia uniflora* L., *Citrus × limon* (L.) Osbeck, *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.] y 7 familias (Cannabaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Sapotaceae).

Asimismo, Báez Riveros *et al* (2022), por su parte, registraron en el listado florístico realizado en el bosque de galería de la compañía de Boquerón, del Departamento de Ñembucú, Paraguay, Yvyra pyta (*Peltophorum dubium*), Espina de corona (*Gleditsia amorphoides*), Aguai (*Pouteria spp*), Timbo (*Enterolobium contortisiliquum*), Laurel (*Nectandra spp*), Guajayvi (*Patagonula americana*), Sapirangy (*Tabernaemontana australis*), Kurupika'y (*Sapium haematospermum*), Paraíso (*Melia azedarach*) y Ñandypa (*Genipa sp*). La composición florística de este bosque como el del presente estudio revela que hay especies comunes en los bosques de ribera en Región Oriental del Paraguay.

Díaz Lezcano *et al* (2022) sostienen que este mismo bosque de galería está constituido por individuos de la familia Meliaceae, Myrtaceae y Moraceae y en menor cantidad de especies se encuentran Cecropiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Rhamnaceae y la Sapotaceae, siendo congruente con este estudio. Cabe destacar que la circunscripción tradicional de Urticaceae fue ampliada a partir de los recientes estudios en filogenia y fueron incluidos en esta familia los géneros reconocidos en Cecropiaceae (Souza y Lorenzi 2005).

Valores similares a los registrados en la presente investigación fueron reportados por Aguirre (2017) en su investigación acerca de la estimación de carbono almacenado en el bosque de galería del arroyo San Lorenzo registró 11 familias, 16 especies y 487 individuos/ha. Benítez (2018), por su parte, registró mayor cantidad de individuos en su trabajo de investigación referente a la dinámica de carbono en el mismo bosque de galería identificando 11 familias, 14 especies y 620 individuos.ha⁻¹.

Airaldi-Wood *et al.* (2018), en una investigación realizada en este mismo sitio para la determinación de la diversidad de quirópteros en el Campus, mencionaron que las especies *Sapium haematospermum* y *Syzygium sp.*, del estrato alto del bosque se encuentran asociadas en el sitio junto con otras especies vegetales proporcionando a partir de sus frutos el alimento para murciélagos frugívoros.

En cuanto al almacenamiento de carbono, se menciona que Báez Riveros *et al* (2022) obtuvieron como resultado que el bosque nativo de la compañía de Boquerón, del Departamento de Ñembucú, tiene un promedio de 61,33 tC/ha almacenado en su biomasa, cifras aproximadas a las estimadas en el presente estudio.

Los resultados de la investigación de Andrade Castañeda *et al.* (2016) mencionan que el carbono almacenado en los bosques riparios de su área de estudio fue de entre 50,2 a 87,1 tC/ha, los cuales son próximos a los de este estudio, pero mayores en comparación con lo reportado por Batjes (1999) en zonas agroecológicas y climáticas similares del trópico (36 a 38 tC/ha).

El contenido de carbono almacenado en el estrato arbóreo del mismo bosque en estudio, según Benítez (2018), fue de 79,9 tC/ha, valores muy similares a los reportados en el presente estudio. A su vez, estos valores son muy superiores a los reportados por Suárez García (2017) en su investigación relacionada a la Aproximación a la valoración económica por prestación de servicio de captura de carbono del bosque de galería asociado al Río Hualahuises, Nuevo León – México, quien determinó el almacenamiento de biomasa 9,46 tC/ha y carbono 4,73 tCO₂/ha, así como el potencial de captura de 30,10 tCO₂/ha. Resultados similares fueron reportados por González Pantoja (2019) en su investigación titulada Evaluación de la remoción de contaminantes atmosféricos y la captura de carbono por parte de los Cerros Nutibara y Volador de Medellín, en donde el Cerro Nutibara almacenó 34 tC/ha y 126 tCO₂ eq. en tanto que el Cerro Volador 6 tC/ha y 20.126 tCO₂eq.

Díaz Lezcano y Heyn (2022) afirman que el carbono acumulado en un bosque secundario, perteneciente a la ecorregión del BAAPA, situado en el Distrito de Curuguaty, el cual constituye uno de los relictos boscosos urbanos que ayudan a mitigar los gases de efectos invernadero, tuvo un rango de 37,3 y 59,2 tC/ha. Estos resultados fueron obtenidos aplicando dos ecuaciones alométricas, estos valores son inferiores a los estimados en el presente estudio.

En consideraciones finales, el bosque de galería del Arroyo San Lorenzo constituye un reservorio importante de carbono almacenado en la biomasa arbórea por lo que un representa un potencial para la captura de CO₂ del ambiente.

Contribución de autores: M.I.D.L. participó en la conceptualización, diseño metodológico, análisis de datos, redacción y revisión crítica del manuscrito. P.V.G.B. y H.C.G.A. participaron en la recolección de datos, análisis e interpretación de resultados y revisión del manuscrito.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento: Este estudio no recibió financiamiento externo.

Disponibilidad de datos: Los datos que respaldan los resultados están disponibles a solicitud de la autora correspondiente, Maura Isabel Díaz Lezcano (maura.diaz@agr.una.py).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Ríos, P. A. (2017). *Estimación de carbono almacenado en el bosque de galería del Campus de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo* [Tesis de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Asunción]. Facultad de Ciencias Agrarias, Paraguay.
- Airaldi Wood, K., Torres, M. E., Barreto, M. B., Weiler, A., González de Weston, G., Zárate, R., & Stevens, R. D. (2018). Quirópteros del campus de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 22(1), 45–56.
- Andrade Castañeda, H. J., Segura Madrigal, M. A., & Rojas Patiño, A. S. (2016). Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en Piedras, Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 233–241. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24359>
- Báez Riveros, C. R., Martínez Bobadilla, S. M., & Galeano Graupera, X. J. (2022). Estimación del contenido de carbono en la biomasa y suelo del bosque nativo de Ñeembucú. *Revista Sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*, 16, e2022010. <https://doi.org/10.70833/rseisa16item24>
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1–2), 136–147.
- Batjes, N. H., & Dijkshoorn, J. A. (1999). Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon region. *Geoderma*, 89, 273–286. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00086-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00086-X)
- Benítez, I. (2018). *Dinámica del contenido de carbono en el bosque de galería del campus de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo*. [Tesis Ing. For. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción. 80 p.]
- Díaz Lezcano, M., & Heyn Chaparro, J. (2022). Estimación del contenido de carbono en la cobertura forestal de un bosque secundario del distrito de Curuguaty, Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 27(2), 55–71. <http://scielo.iics.una.py/pdf/rscp/v27n2/2617-4731-rscp-27-02-55.pdf>
- Díaz Lezcano, M. I., Rodríguez Benítez, M. D., Moreno Resquín, H., & Britos Benítez, C. A. (2022). Servicio ecosistémico de regulación de un bosque de galería del Arroyo San Lorenzo, Paraguay. *Agronomía Costarricense*, 46(1), 135–146. <https://doi.org/10.15517/rac.v46i1.49874>
- Díaz Lezcano, M. I., & Lezcano Aquino, M. A. (2023). Composición florística y estructura del bosque de galería del Parque Vapor Cué, Paraguay. *Revista Forestal del Perú*, 38(1), 48–59. <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i1.1726>
- González Pantoja, A. (2019). *Evaluación de la remoción de contaminantes atmosféricos y la captura de carbono por parte de los Cerros Nutibara y Volador de Medellín* [Trabajo de grado, Universidad EIA]. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2479>
- INFONA. (2019). *Ley N° 4241/10 de restablecimiento de bosques protectores de cauces hídricos dentro del territorio nacional*. Instituto Forestal Nacional, Paraguay. <https://www.infona.gov.py>

- Martínez, P. (2007). *Estudio del uso y degradación del arroyo Ortega, Departamento de Cordillera* [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción].
- Souza, V. C. y Lorenzi. H. (2005). *Botânica Sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da Sinauer flora brasileira, basado em APG II*. Editora Plantarum. Nova Odessa, San Pablo, Brasil. 640.
- Stevenson, P., & Rodríguez, M. (2008). Determinantes de la composición florística y efecto de borde en un fragmento de bosque en el Guaviare, Amazonia colombiana. *Colombia Forestal*, 11, 5-17.
- Suárez García, P. A. (2017). *Evaluación ecológica de la estructura vertical y valoración económica por la prestación del servicio de captura de carbono del bosque de galería asociado al Río Hualahuises, Nuevo León, México* [Tesis de Ingeniería Forestal]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.