ESTIMACIÓN DEL CARBONO CONTENIDO EN LA VEGETACIÓN LEÑOSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA

Tec. JUAN SEBASTIÁN GONZÁLEZ ESPINOSA
Tec. JOSE DAVID SILVA GARCIA

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C.
2022

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

ESTIMACIÓN DEL CARBONO CONTENIDO EN LA VEGETACIÓN LEÑOSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA

Tec. JUAN SEBASTIÁN GONZÁLEZ ESPINOSA
Tec. JOSE DAVID SILVA GARCIA

Proyecto de investigación presentado para optar el título de
Ingeniero ambiental

Director
JAIME ALBERTO NAVARRO LÓPEZ
Ingeniero Forestal

Codirector
JULIO CÉSAR CORTÉS VARGAS
Ingeniero Forestal

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C.
2022

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Tabla de contenido

1. **Título de la investigación**
2. **Formulación del problema**
3. **Objetivos de la investigación**
   - **3.1.** Objetivo general
   - **3.2.** Objetivos específicos
4. **Resumen**
   - **4.1.** Abstract
5. **Introducción**
6. **Materiales y métodos**
   - **6.1.** Estimación de carbono
   - **6.2.** Área de estudio
   - **6.3.** Definición zonas de trabajo
   - **6.4.** Toma de datos
   - **6.5.** Premuestro
   - **6.6.** Cálculo de biomasa y carbono
   - **6.7.** Análisis de datos
7. **Resultados**
   - **7.1.** Estimación de carbono
   - **7.2.** Biomasa y carbono ponderado para el área total
   - **7.3.** Estimación de carbono por especies
8. **Discusión**
9. **Conclusiones**
10. **Agradecimientos**
11. **Referencias**

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

1. Título de la investigación

ESTIMACIÓN DEL CARBONO CONTENIDO EN LA VEGETACIÓN LEÑOSA DEL HUMEDAL LA CONEJERA

2. Formulación del problema

¿Cuál es el contenido de carbono que almacena la vegetación leñosa en el humedal de la Conejera?

3. Objetivos de la investigación

3.1. Objetivo general

- Estimar el carbono contenido en la vegetación leñosa del humedal La Conejera

3.2 Objetivos específicos

- Estimar el carbono contenido de la vegetación leñosa de las diferentes biozonas del humedal
- Determinar cuál de las biozonas tiene mayor aporte al almacenamiento de carbono dentro del humedal.
- Determinar cuáles especies tienen mayor aporte al almacenamiento de carbono dentro del humedal.
-

4. Resumen.

Esta investigación tiene por objetivo estimar la captura de carbono y su almacenamiento en un bosque secundario en proceso de restauración ubicado en el humedal La Conejera de la Ciudad de Bogotá, Colombia. Para esto se realizó la zonificación de las áreas de las biozonas con cobertura vegetal boscosa, posteriormente se determinó el tamaño y número de los transectos, En estos se tomaron características morfológicas como la altura del fuste y CAP, y posteriormente, con base en información secundaria se obtuvo la densidad de la

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

madera. Con esta información se estimó la biomasa con el modelo de ecuación alométrica de regresión biomasa-diámetro-altura, determinando el valor de carbono contenido y la cantidad de carbono almacenado para cada biozona en toneladas (t/B-1), cantidad de carbono almacenado por especie evaluada y una ponderación para el área total de zonas de cobertura boscosa del humedal en toneladas, con una captura ponderada por Ha de 1063,96 Ton/Ha importante para la absorción, control de la temperatura media (esto no va y regulación del carbono como servicio ecosistémico

Palabras clave: captura de carbono, biomasa, bosque urbano, cambio climático, modelo alométrico, servicios ecosistémicos, sucesión ecológica.

4.1. Abstract.

The objective of this research is to estimate carbon sequestration and storage in a secondary forest under restoration of woody species of the ecosystem, located in the city of Bogota, Colombia. Making an indirect estimation, making a description of the study area, the zoning of the areas of biozones with forest vegetation cover, determine the size and number of transects, conducting a forest inventory, to estimate indirectly, taking morphological characteristics such as the height of the shaft of the species, the CAP, the density of the wood of the species, and thus determine an estimate of biomass with the biomass-diameter-height allometric regression equation model, determining the value of carbon content and the amount of carbon stored for each biozone in tons (t/B-1), amount of carbon stored per species evaluated and a weighting for the total area of forest cover zones of the wetland in

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

tons, whit a weighted catch per Ha of 1063,96 Ton/Ha important dor the absorption, control of the average temperatura and regulation of carbon as an ecosystem service.

Key words: Biomass, climate change, ecosystem services, allometric model, urban forest, ecological succession.

5. INTRODUCCIÓN.

Mundialmente se reconoce el aporte de los bosques naturales al almacenamiento de carbono, sin embargo, dado que la mayoría de la población se ha ido concentrando en las ciudades, los ecosistemas urbanos cada vez tienen un papel más importante en el suministro de este tipo de servicio (Nowak & Crane, 2001; Hernández, 2010; Hutyra *et al.*, 2010). En el caso de la ciudad de Bogotá, sus ecosistemas pueden contribuir a regular las emisiones de carbono, pero al estar tan fragmentados, en constante tensión y conflicto se reduce su aporte en el proceso de captura, desaprovechando esta estrategia para adaptar a la ciudad al cambio climático (Instituto Humboldt, 2019).

En Bogotá, el humedal de la Conejera se ha visto afectado por la reducción de su área entre 1950 y 1989 donde pasó de poseer 145.02 Ha de espejo de agua a 21.59 Ha, y desde la década de los 90 se intensificó la construcción de urbanizaciones en la localidad de suba reduciendo el humedal en un 85.11% (Cruz *et al.*, 2017) hasta su área actual de 58.9 Ha (PMAHLC, 2015). De acuerdo con un estudio multitemporal realizado en el humedal, el área delimitada ha presentado una reducción progresiva del 26% desde el 2003 al 2010, con lo cual se ha visto afectada la cobertura vegetal y las zonas de amortiguación y recuperación (Rodríguez, 2015). A partir de los resultados de riqueza y abundancia de

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

especies nativas que se encuentran en el ecosistema, el comportamiento de ocupación en el territorio en las áreas adyacentes de cobertura vegetal ha disminuido, mostrando una disminución de la capacidad de captura como lo muestra el (IDEAM, 2016) en un estudio de generación y abundancia de CO2 (78,18%) en el área urbana de Bogotá.

Adicionalmente, los GEI son causantes del incremento de la temperatura media, proceso conocido como efecto invernadero. Una de las principales preocupaciones a nivel regional, incluso mundial, es el aumento inminente de la temperatura media de la tierra (un aumento de >1,5° de temperatura), producido a causa de la deforestación, la producción y consumo de combustibles fósiles (IPCC, 2021). A pesar de que el efecto invernadero es un fenómeno natural, los procesos antrópicos han acelerado de manera exponencial la producción de GEI, con lo cual se incrementa la temperatura (Vargas –Mena & Yáñez, 2004, Solomon et al, 2007). Se estima a nivel global que el uso de combustibles fósiles genera en la actualidad del 80 al 85% del CO2 emitido (IPCC, 2014), y según el último inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero en Colombia, para Bogotá en el año 2012 las emisiones y absorciones de la capital fueron 10.599 y – 15 miles de toneladas (KTON) de GEI respectivamente, donde el dióxido de Carbono (CO2) fue el más representativo en las emisiones totales con un 77,33% (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, 2016).

Por otro lado, los ecosistemas urbanos de humedal son considerados elementos estratégicos para las dinámicas biológicas de las ciudades y sus alrededores, por la biodiversidad y servicios ecosistémicos que pueden brindar (Cortés, 2017; Alikhani *et al.*, 2021). Para el caso del humedal de La Conejera, este es uno de los ecosistemas de humedal más biodiversos de la ciudad (Roselli *et al*, 2012), de igual manera hace parte del corredor

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

ecológico de la microcuenca de la Salitrosa y de la Reserva ecológica Thomas Van Der Hammen, e incluso colinda con el río Bogotá al occidente, de ahí su importancia ambientalmente estratégica (SDA, 2020). Sin embargo, las transformaciones sociales y el crecimiento demográfico han presionado y llevado a la reducción de estos ecosistemas por el afán de mejorar los indicadores de desarrollo económico, expansión urbana y proyecciones viales, desconociendo el valor de los servicios ecosistémicos que brinda (Ramírez *et al.*, 2013; Instituto Humboldt, 2019), así como su importancia para la sostenibilidad urbana en cuanto a la adaptabilidad al cambio climático (Franco *et al.*, 2013; Pinilla & Puertas, 2018).

A lo antes mencionado se le suma la falta de aplicación de medidas de control ya existentes para evitar los procesos de degradación y reducción de los ecosistemas urbanos, que están llevando a la disminución de los humedales y por ende de los servicios ecosistémicos que presta (Caro-Caro & Torres-Mora, 2015). Es así que los humedales han reducido su capacidad de regulación, amortiguación y captura de carbono (Franco *et al.*, 2013). Además, el incremento en los niveles de contaminación del aire está relacionados con efectos negativos en la salud de la población, por ejemplo, el dióxido de carbono es causante de la baja calidad del aire en centros urbanos, que están asociados a la morbilidad y mortalidad de población vulnerable (menores de 5 años, mayores de 60 y población con limitaciones o problemas pulmonares) (Rojas N, 2010, Vargas et al, 2008). Por otro lado, la importancia de la cobertura vegetal radica en que es un elemento importante para la amortiguación y captura de carbono, debido a que es un elemento fundamental en el proceso de fotosíntesis (Zuluaga y Castro, 2018). Es así que la reducción de los GEI es uno de los objetivos en el marco de los ODS (UN, 2018) y los datos de la biomasa de la

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

vegetación leñosa son esenciales para evaluar el secuestro de carbono y su dinámica (Dixon *et al.* 1994). Teniendo en cuenta lo anterior, es de vital importancia estimar el CO2 contenido en el humedal La Conejera, facilitando así la comprensión de la relación que existe entre las acciones antrópicas y los flujos de los ciclos naturales, esto también permitirá valorar de forma más adecuada la importancia de este espacio natural de la siguiente manera: 1. evidenciando de manera indirecta la estimación de carbono de la vegetación leñosa de las diferentes biozonas, 2. Determinando cuál de las biozonas tiene un mayor aporte al almacenamiento de carbono y 3. Determinando cuales son las especies que tiene un mayor aporte al almacenamiento de carbono dentro del ecosistema.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1. Área de estudio.

El humedal de la Conejera, reconocido como humedal Ramsar (Alcaldía mayor de Bogotá, 2021), está ubicado entre los 4° 45’ latitud norte y 74° 6’ longitud oeste, en la Sabana de Bogotá, a una altura promedio de 2542 msnm y extensión actual aproximada de 58.9 Ha (**figura 1. Ubicación del humedal La Conejera**). Allí dominan las terrazas bajas de la altiplanicie, que se extienden hacia el norte y noroccidente de la sabana, desembocando en el río Bogotá, como parte de la microcuenca de la salitrosa. Por el oriente limita con la avenida Suba - Clínica Corpas, por el occidente con el río Bogotá, por el norte con la Hacienda Las Mercedes, y la estructura ecológica principal y conector ecológico, la reserva Thomas Van Der Hammen; por el sur con los barrios fontanar del río y al sur occidente con los barrios Cedros de Suba, Hato Chico, Compartir, Camino verde de Suba, Los Arrayanes,

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Londres, Urbanización Las Mercedes, Las Acacias (Fundación humedal La Conejera, 2015).

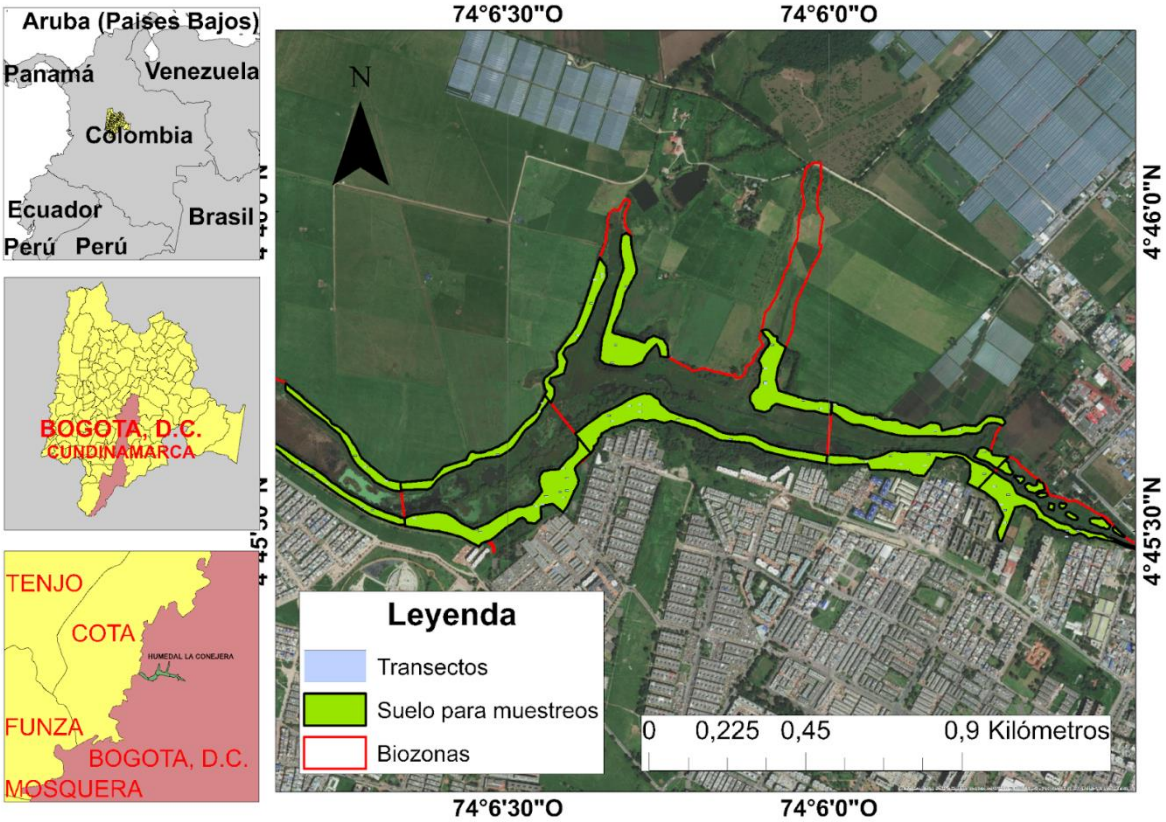


Figura 1. Ubicación del humedal la Conejera.

El humedal de la conejera lleva un proceso de recuperación y reconformación desde el año 1995 por parte de la comunidad y la fundación humedal La Conejera, recuperando el territorio con vegetación nativa típica de humedal, con procesos de hidro-geo-reconformación del cuerpo de agua y reforestación en áreas de interés ambiental.

6.2. Definición de zonas de trabajo.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Tomando en cuenta el plan de manejo ambiental del humedal la conejera, el área del humedal está dividida en 5 biozonas en las cuales se han desarrollado actividades de recuperación e implementación del plan de acción. Estas 5 biozonas fueron tomadas como área de referencia para la ubicación de los transectos dentro de ellas.

Debido a que el humedal se encuentra conformado por una gran parte de espejo de agua y otros cuerpos similares, se discriminó entre el área terrestre y el área acuática del humedal y para fines prácticos del muestreo, únicamente se tuvieron en cuenta las zonas terrestres del humedal.

6.3. Toma de datos.

Se emplearon transectos de 10 x 2 m para medir los individuos leñosos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 4 cm teniendo en cuenta que a partir de este diámetro funcionan las ecuaciones alométricas del IDEAM y según lo establecido en ecosistemas similares de la sabana de Bogotá para estimación de carbono por el método indirecto de parcelas en la ronda del humedal Arrieros Cundinamarca (Vanegas K, 2020). Se optó por este tipo de transectos debido a las características morfológicas del ecosistema, específicamente porque la franja terrestre del humedal es muy angosta y no hace fácil el establecimiento de otro tipo de unidades muestrales. A los árboles dentro de los transectos se les midió el DAP, la altura de fuste y la altura total.

6.4. Premuestreo.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Por cada biozona se seleccionaron 5 transectos de forma aleatoria para realizar un pre-muestreo, con el fin de estimar la varianza en cada una de las biozonas. Como resultado del cálculo, se obtuvieron 39 transectos adicionales a los 25 transectos de pre-muestreo, en total se establecieron 65 transectos de medición distribuidos por las diferentes biozonas del humedal (**Tabla 1. Total de transectos por biozonas**).

Tabla 1. Total de transectos por biozonas

Biozona	Área (Ha)	Área (%)	Número de transectos
B1	2,16	10,27	9
B2	3,87	18,383	12
B3	8,1	33,31	20
B4	4,66	22,14	14
B5	2,3	11	9

6.5. Cálculo de biomasa y carbono.

Para calcular la biomasa aérea de los individuos leñosos se empleó el modelo de regresión biomasa-diámetro-altura (b-d-a) para la zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB) propuesto por Yepes *et al.* (2011):

$$\ln BA = a + B1\ xLn(D2xHx\rho)$$

Donde:

- **D: d**iámetro altura de pecho (cm)
- **H: a**ltura (cm)
- $\boldsymbol{\rho}$**:** densidad de la madera (g/cm3)

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

El DAP y la altura fueron medidos en campo, mientras que la densidad de la madera fue consultada a partir de diversas fuentes (world agroforestry, catalogo virtual de flora del valle de Aburrá, Vásquez V & Solorza B, 2018, Cendales L, 2019)

Para hacer la conversión de biomasa a carbono se siguió lo encontrado en estudios para el cálculo de carbono capturado en bosques tropicales, donde el contenido de carbono es del 50% del total de la biomasa seca en árboles vivos (Clark, 2001; Chave *et al.* 2005). Por lo tanto la biomasa total fue multiplicada por 0,5 para conocer el carbono total almacenado. Finalmente, se calculó el carbono equivalente (CO2e), la cual una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO2e (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para saber la cantidad de CO2e almacenado a partir de la cantidad de carbono de contenido multiplicando la cantidad de toneladas por 3,67 (Rügnitz T *et al.*, 2009).

6.6. Análisis de los datos.

Para comparar las diferentes biozonas y determinar si había diferencias entre ellas, así como para saber si había especies con mayor aporte de biomasa se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. Posteriormente se emplearon gráficos de cajas y bigotes para determinar en donde se presentaban las diferencias.

7. RESULTADOS

7.1. Estimación de carbono.

En los 65 transectos establecidos se evaluaron 42 especies y 273 individuos, los cuales almacenan 27,17 toneladas de carbono (-99,71 Ton CO2e/Ton); con un promedio de 5,43 toneladas por biozona, el aporte de captura de carbono porcentual se aprecia de la siguiente

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

manera B1 4,8%, B2 20,1%, B3 39,5%, B4 5,4%, B5 30,2%, porcentajes que muestran claras diferencias por el área de influencia de cada una de las biozonas. En la Figura 2 (Distribución de los datos de carbono) se observa el comportamiento de dispersión de los datos de carbono de las especies en cada una de las biozonas.

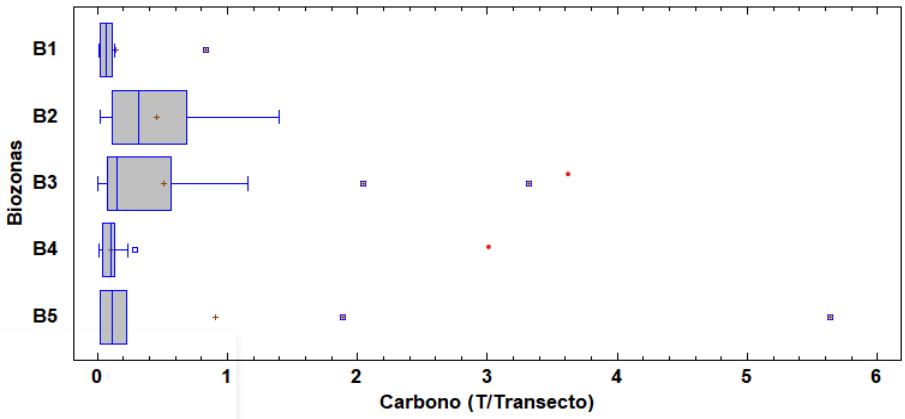


Figura 2. Distribución de los datos de carbono

En la biozona 1 (figura 2), la acumulación de carbono total estimado es de 1,30 Tc/T (-4,78 Ton CO2e/Ton/T), donde el transecto 9 con 0,83 Tc/T fue el que presentó el mayor aporte, debido principalmente a la presencia de especies tales como el sauce llorón (*Salix humboldtiana)* y el aliso (*Alnus acuminata*) por sus estructuras de fustes tan amplias y su abundancia en ese transecto.

En la biozona 2 predominaron especies leñosas con bajo diámetro y altura, pero con alta importancia ecosistémica tanto en edad adulta, pero de carácter arbustivo como el mano de oso (*Oreopanax floribundum),* especies del género *Solanum*, con aportes bajos de captura por su baja estructura leñosa y de árboles en crecimiento y árboles pequeños como el aliso (*Alnus acuminata), el sangregado (Croton* sp.*)*

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

La biozona 3 fue el área con mayor cobertura y mayor número de transectos con 21. En esta biozona se estimaron 10,73 toneladas de carbono (-39,38 Ton CO2e/Ton/T), donde se deben resaltar los transectos 2 y 3 con aportes de 3,32 y 2,04 Tc/T respectivamente. Estos altos valores se debieron a la presencia de especies introducidas como el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que tienen gran altura, densidad de la madera y DAP.

En la biozona 4 el almacenamiento de carbono fue de 1,48 Toneladas (-5,43 Ton CO2e/Ton/T). Al igual que la biozona 3 la presencia del eucalipto generó altos valores y datos atípicos que afectan el valor medio, aunque en este caso las especies que sobresalen fueron el Sangregado (*Croton magdalenensis),* el cajeto (*Citharexylum subflavescens),* Aliso (*Alnus acuminata).*

En la biozona 5 Sin embargo, el resultado obtenido de captura de carbono que se muestra, el aporte de captura de carbono es de 8,19 Tc/T (-30,06 Ton CO2e/Ton/T) , en esta biozona el proceso de restauración y regeneración es el más nuevo comparado con las otras biozonas, la presencia de especies nativas en crecimiento es alta y las zonas de siembra relativamente nuevas, la especie con mayor permanencia en esa área es el eucalipto generando un aporte de captura inmenso a comparación de las demás especies, pero con menos presencia a diferencia de las zonas de crecimiento forestal en proceso.

7.2. Biomasa y carbono para el área.

En la tabla 2 se muestra la estimación de biomasa generada y carbono capturado respecto al área total de cada biozona sobre el área muestreada en cada biozona, tomando en cuenta el resultado del muestreo.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Tabla 2. Biomasa y carbono estimados a partir de los datos de los muestreos en campo para el área terrestre total de las biozonas y en hectáreas

Biozona	Biomasa Total (Ton/B)	Carbono Total (Ton/B)	Área (Ha)	Carbono capturado por hectárea (Ton/Ha)	CO2e (Ton CO2e/Ton/Ha)
1	297,87	148,94	2,1	72,22	-265,05
2	1656,25	828,13	3,9	228,13	-837,2
3	4018,42	2009,21	8,3	255,48	-937,6
4	450,45	225,22	4,7	52,86	-194
5	1816,18	908,09	2,4	455,28	-1670,9
Total	8284,65	4142,33	21,4	1063,96	-3904,75

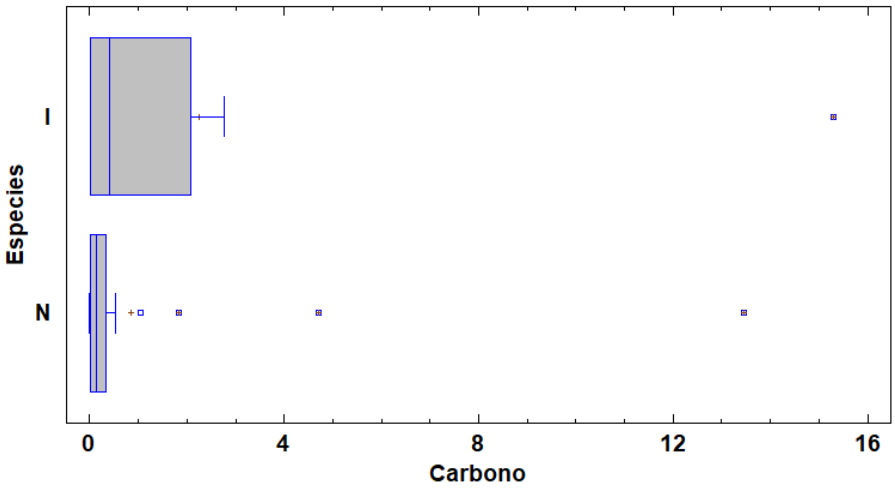
Al evaluar el carbono capturado como servicio ecosistémico de regulación se observa la acumulación de carbono capturado por hectárea como el carbono equivalente que se deja de emitir a la atmósfera entre las especies nativas e introducidas, a pesar de que el área de la biozona 3 es mayor (8,3 Ha) y la captura de Ha fue de 255,48 Ton/Ha es comparativamente menor respecto a la biozona 5 con una captura de 455,28 Ton/Ha la cual tiene un área tres veces menor (2,4 Ha) debido a la presencia y permanencia de la especie Eucalipto (*Eucalyptus globulus).* Algunos de los resultados de las biozonas 1 y 4, muestran un comportamiento de captura diferente a pesar de sus áreas de cobertura boscosa siendo al biozona 1 (2,1 Ha) con menos influencia que la biozona 4 (4,7 Ha), pero la biozona 1 la captura fue mayor.

En cuanto al resultado de carbono equivalente total, este corresponde a -3904,75 Ton CO2e/Ton/Ha que no han sido emitidas a la atmósfera.

7.3. Estimación de carbono de las especies.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Se realizó una compilación de las especies evaluadas durante el proceso de investigación, estimando su aporte y la relación de captura de carbono de especies nativas e introducidas, de igual manera para observar la distribución de los datos, y la asimetría con los resultados de valores atípicos (Figura 4. Distribución datos de nativas e introducidas). Con un total de captura por parte de las nativas de 14,98 Ton/e y de las introducidas de 12,088 Ton/e.



Como se observa en la gráfica anterior, la dispersión de los datos es mayor en cuanto se evalúen las especies introducidas, principalmente por los datos obtenidos del eucalipto (*Eucalyptus globulus)*, a diferencia de la dispersión de los datos observados en las nativas, resultados más cercanos entre ellos por su estado de crecimiento, por otra parte, se observan datos atípicos representados por especies de crecimiento acelerado y fuste amplio como lo son la especie del Sauce Llorón (*Salix humboldtiana)* y el Aliso (*Alnus acuminata*)

En cuanto al aporte de captura de estas especies se mostro el siguiente comportamiento (Figura 3. Captura de carbono y carbono equivalente de especies nativas e introducidas), al no haber discriminado entre especies arbustivas, arbóreas de porte bajo y arbóreas de gran porte, se observaron comportamientos entre nativas e introducidas.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

NATIVAS	Carbono (Ton/e)	CO2e (Ton CO2e/especie)
Billia rosea	0,091	0,335
Phyllanthus salviifolius	0,093	0,342
Xylosma spiculifera	0,093	0,341
Dahlia imperialis	0,093	0,340
Viburnum triphyllum	0,093	0.34
Lafoensia acuminata	0,095	0,349
Senna multiglandulosa	0,098	0,359
Myrcianthes rhopaloides	0,091	0,335
Ficus americana	0,099	0,363
Brugmansia arborea	0,0675	0,248
Escallonia pendula	0,0011	0,369
Solanum lycocarpum	0,146	0,535
Brugmansia sanguinea	0,0675	0,248
Solanum oblongifolium	0,091	0,335
Alnus acuminata	2,447	8,981
Smallanthus pyramidalis	0,188	0,7
Myrcianthes leucoxyla	0,157	0,577
Citharexylum subflavescens	0,616	2,260
Juglans neotropica	0,247	0,908
Cedrela montana	0,271	0,993
Oreopanax incisus	0,176	0,645
Myrsine coriacea	0,254	0,933
Vasconcellea pubescens	0,340	1,249
Bocconia frutescens	0,112	0,412
Solanum torvum	0,192	0,705
Solanum stellati glandulosum	0,152	0,557
Quercus humboldtii	0,359	1,316
Croton bogotensis	0,908	3,333
Salix humboldtiana	6,819	25,024
Solanum ovalifolium	0,343	1,261
Escallonia paniculata	0,183	0,670
Total	14,9831	39,5023
INTRODUCIDAS	**Carbono (Ton)**	**CO2e (Ton CO2e/especie)**
albizia lophanta	1,128	4,141
Acacia decurrens	0,096	0,352
Acacia melanoxylon	0,139	0,510
Eucalyptus globulus	7,734	28,384
Fuchsia boliviana	0,093	0,342
Psidium cattleianum	0,110	0,404
Pittosporum undulatum	0,456	1,674

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Cupressus lusitanica	0,813	2,982
Pittosporum crassifolium	0,094	0,344
Sambucus nigra	1,425	5,228
Total	12,088	44,361

De la tabla anterior se destacan dentro de las especies nativas de alto porte el sauce llorón (*Salix humboldtiana)*, el aliso (*Alnus acuminata)* y el sangregado (*Croton magdalenensis)* fueron las especies con mayor aporte de captura entre las especies evaluadas como se aprecia en la tabla 3, para las especies arbustivas y árboles de porte bajo cabe aclarar que su bajo aporte de captura se suple por la cantidad de individuos.

En el caso de las especies introducidas, se destacan árboles de gran porte como el eucalipto (*Eucaliptus globulus)*, sauco (*Sambucus nigra)* y la acacia (*Albizia lophanta)* sobre todo el eucalipto que por su gran porte presenta una alta captura, como la acacia a pesar de no tener un porte comparable al eucalipto se encuentra en varias zonas del humedal y el sauco que por su gran diámetro genera un gran aporte de captura.

8. DISCUSIÓN

Los humedales y bosques urbanos son importantes para mantener el servicio ecosistémico de regulación y absorción de CO_2, de la misma manera que los atributos que definen su identidad ecológica como los elementos climáticos, geomorfológicos, hidrológicos, bióticos y sociales, además, se mantienen en escenarios de cambio climático. Por lo anterior, la gestión en cuanto la adaptación se debe incorporar (Zuluaga & Escobar, 2018, Franco et al, 2013), guardando relación con el protocolo de Kioto y las posiciones post-Kioto en cuanto a la inclusión de los sumideros de carbono como estrategia para la reducción de GEI, donde el almacenamiento de carbono es uno de los servicios

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

ecosistémicos más relevantes (Roa & Brown, 2016). En las regiones de alta expansión urbana es clara la baja capacidad de absorción en el stock de carbono por la falta de cobertura vegetal arbórea, aunque esto se puede frenar si el ritmo de conversión de coberturas naturales no se emplea para usos de urbanización intensa (aumentando los requisitos para la densificación de las propiedades o el aumento de espacios verdes modificando los diseños de infraestructura amigable con las condiciones ambientales). Por otro lado, se puede esperar que las emisiones urbanas de CO2 se compensarán parcialmente con las alternativas que el POT pueda definir en cuanto al uso del suelo (Hutyra et al, 2010) Para el contexto bogotano, por ejemplo, el proceso de compensación y amortiguación se ve reducida por la presencia y preservación de la reserva Thomas Van Der Hammen, la cual genera una barrera natural frente a la expansión urbana (sería importante y relevante generar un estudio de estimación de captura de carbono a lo largo de esta reserva para tener datos mas claros), mitigando la pérdida de captura por posibles intervenciones de obras civiles, incluso estudios demuestran la posible capacidad de absorción frente a bosques urbano la cual Nowak et all en un estudio publicado en el 2001 habla que los bosques urbano generan la mitad de absorción frente a bosques con mayor área forestal y menor presencia urbana (Nowak & Crane, 2001) (también sería pertinente algún estudio de estimación de captura de carbono en el bosque de las mercedes, el último relicto de bosque virgen inundable de la RTVDH), para evitar esa limitación de captura que habla Nowak et all se puede considerar que la herramienta indirecta de ecuación alométrica empleada es un elemento pertinente ya que toma no solo las características morfométricas del individuo sino también las características específicas de la especie (densidad del árbol) y del ecosistema (bs-MB).

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Tomando en cuenta la heterogeneidad de las diferentes biozonas en cuanto a términos de las edades de siembra y la permanencia de algunas especies introducidas de alto porte frente a las especies nativas (aportes del 47,55% Introducidas vs. 52,45% nativas), sin embargo, la mayoría de las especies nativas medidas se encontraban aún en un estado sucesional prematuro y representaban muchos más individuos en número aún tiene la capacidad de crecimiento a su favor mientras que las especies introducidas como el eucalipto y los pinos pueden tener una larga vida son especies que no van a crecer tanto, por lo cual, debido a los procesos de restauración, este bosque secundario de nativas que se viene conformando se permite decir las nativas van a capturar mucho más carbono a lo largo del tiempo y será una captura exponencial, en comparación con las especies introducidas halladas en los muestreos.

La variabilidad de datos se debe principalmente a la diversidad de especies leñosas presentes en el humedal y a las características morfológicas como son la altura o el CAP, por ejemplo hay un dato especialmente atípico en el primer transecto de la biozona 5 que se debió a un eucalipto muy grande y antiguo, en otros casos, los datos de algunos transectos resultaron más bajos debido a que la zona en la cual se asignó aleatoriamente el transecto presentaba vegetación en estado de sucesión secundaria temprana, por tanto, había una gran cantidad de individuos que no cumplían las características para ser muestreados, bien sea porque su CAP no era lo suficientemente grande o porque pertenecían a especies herbáceas o arbustivas que no fueron tenidas en cuenta para el muestreo, Sin embargo, especies nativas en la misma zona presentaron mayor presencia y dominancia en el humedal que podrían generar un aporte igual o mayor en su conjunto al cabo de algunos años.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Cabe resaltar que en un principio se creía que la captura de carbono en las diferentes biozonas iba a estar relacionada con los procesos de reforestación y regeneración que se vienen realizando en el humedal desde varios años atrás. Las biozonas se encuentran ordenadas por antigüedad en edad de siembra, siendo la biozona 1 la más antigua y la biozona 5 la más joven. Teniendo en cuenta esto, una primera hipótesis planteaba que la biozona 1 iba a tener la captura de carbono más alta del humedal debido a que técnicamente se podrían encontrar especies arbóreas en un estado de desarrollo más avanzado, mientras que en la biozona 5 se hallarían los ejemplares con menor captura de carbono, pues allí se encontrarían los individuos más jóvenes.

Dicha hipótesis fue rechazada una vez se inició la etapa de pre-muestreo en campo, pues allí mismo se pudo determinar la heterogeneidad en los patrones de desarrollo de las especies, indicando que no necesariamente la biozona con edades de siembra más antiguas generaba mayor cantidad de biomasa y por tanto mayor captura de carbono que las de edades de siembra más recientes. Adicional a ello, se le puede sumar que el humedal ya contaba con algunas especies arbóreas muy antiguas, distribuidas por toda su área, en consecuencia, en todas las biozonas se podría encontrar estados de desarrollo muy heterogéneos.

En cuanto a las especies encontradas es claro que el proceso de restauración ecológica que el humedal lleva a cabo y que se contribuye con los procesos de siembra realizados de especies nativas, desplazará aún mas el principal actor de captura de carbono en cuanto a especies leñosas, así que los modelos de siembra estructurados se deben seguir enfocando en especies nativas primarias (de crecimiento rápido y bajo porte) y nativas secundarias (de lento crecimiento y gran porte) con variabilidad de especies en las zonas de siembra, la

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

diversidad de los bosques como fijador de carbono mediante sistemas de policultivos agroforestales esta ligado a la eficiencia del servicio ecosistémico, que pueden mejorar las condiciones de aprovisionamiento y regulación para la población aledaña, pero el éxito de esta estrategia es mantener al bosque con las características mas semejantes a la inicial a pesar de su intervención es importante recuperar (FAO &PNUMA, 2020), a partir de lo anterior se hablan de que de estas especies iniciales formadas como bosque secundario se han establecido sucesiones ecológicas, donde se denota una clara restauración ecológica propiciada de igual manera por la fauna y vegetación establecida, bien por diferentes métodos de dispersión de semillas; por otro lado tenemos presencia de vegetación introducida que lleva asentada en el territorio mucho antes de la definición y delimitación del área conocida como humedal de La Conejera, gracias a los procesos de expansión agraria, y con el fin de determinar áreas propias para la ganadería y la agricultura se realizaban procesos de desecamiento del cuerpo de agua del humedal como sistemas de fronterización de las áreas ganaderas/agrícolas y para el aprovechamiento forestal (Rodrigues, 2015), de esta manera se aprecian individuos de especies arbóreas con bastantes años de crecimiento y que tienen una alta capacidad de dominancia y desplazamiento de las especies introducidas sobre las nativas que tienen un mayor porte. Es muy importante aclarar que el almacenamiento de carbono como servicio ecosistémico de regulación en este caso de la estimación solo de la vegetación leñosa, representa solo una parte del carbono total almacenado sin mencionar el aporte de la vegetación acuática, los detritos, las raíces, el suelo y el dosel, pero estos pueden pasar desapercibidos debido a su falta de cuantificación e identificación económica, pero este elemento va mas allá, por que no solo afecta la variable de salud ambiental y social, también, la salud del ecosistema

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

perse generaría un desequilibrio, así que este servicio ecosistémico debe tenerse en cuenta incluso como herramienta para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento territorial, otra variable que le da sustento para su protección en cuanto al ecosistema se refiere.

9. CONCLUSIONES

Los humedales y más específicamente los humedales de la ciudad de Bogotá son de vital importancia para la conservación y control del aumento de la temperatura y captura de carbono como se mostró con los resultados obtenidos. El humedal La Conejera es referente en recuperación y de igual manera un actor importante en la absorción de carbono, generación de biomasa y sumidero de GEI como lo menciona la convención sobre los humedales (2021).

Se identificaron gran variedad y diversidad de especies arbóreas propias de ecosistemas de humedal ubicadas en la franja terrestre con alto grado de recuperación gracias a la restauración ecológica inicial realizada por la fundación humedal la conejera, la comunidad aledaña y algunas instituciones que se hicieron partícipes (Fundación Humedal La Conejera, 2015) como de su proceso de restauración ecológica, de aquí se puede mencionar el porte de ciertas especies nativas bien con menor porte, o de gran porte y con menos tiempo de permanencia en el ecosistema se puede destacar su tasa exponencial de captura, por esto mismo se destaca la variabilidad de la captura de carbono de las especies nativas a las introducidas, a pesar de ello la cantidad de carbono capturado por estas especies introducidas en un conjunto es menor que la capturada por las nativas debido a que las especies nativas tienen un área de mayor distribución comparada con las especies introducidas que ocupan una área menor.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Estimando una captura total para el humedal, en consecuencia y relacionado con la conclusión anterior, se realizó una ponderación para el total de captura de acuerdo a cada biozona del humedal de La Conejera y tomando en referencia el área de cobertura boscosa. Total de almacenamiento ponderado Biozona 1 con una área de 2,06 ha: 72,22 TonC/ha. Biozona 2 con un área de 3,63 ha: 228,13 TonC/ha. Biozona 3 con un área de 7,86 ha: 255,48 TonC/ha. Biozona 4 con un área de 4,26 ha: 52,86 TonC/ha. Biozona 5 con un área de 1,99 ha: 455,28 TonC/ha. Para un total de aporte de captura de 1.063,97 TonC/ha para el humedal de la conejera, por otra parte estos datos obtenidos son relevantes en cuanto a la antigüedad de especies introducidas que se observaron a lo largo del trabajo de campo, siendo algunas especies como el del eucalipto, acacias y pinos especies con más de 30 años de permanencia en el ecosistema y con un porte mucho más amplio la captura de carbono se esperaba fuera mayor, de igual manera no tienen una fuerte dominancia en el ecosistema, frente a especies nativas que sí tienen mayor dominancia y presencia las cuales fueron utilizadas para la restauración, recuperación del suelo, protección del cuerpo de agua, como lo son el arboloco, el trompeto, el cedro nogal, el sauce llorón, entre otras especies, con procesos de siembra con menos de 25 años y en procesos de crecimiento.

Con vegetación introducida (*Eucalyptus globulus 15,29 TonC, Acacia decurrens 0,01 TonC, Albizia lophanta 2,08 TonC Cupressus lusitanica 1,45 TonC, Pittosporum undulatum 0,73 TonC)* con mayor permanencia y un aporte de 22,69 TonC en total y de acuerdo a las especies nativas, con menor permanencia, pero con mayor abundancia y con un aporte de 25,02 TonC, encontramos entre las especies más relevantes: *Alnus acuminata* 4,71 TonC, *Citharexylum subflavescens* 1,05 TonC, *Quercus humboldtii* 0,54 TonC, *Croton magdalenensis* 1,82 TonC y *Salix humboldtiana* 13,46 TonC.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

La estimación y medición en cuanto a la generación de biomasa y captura de carbono en presencia de este tipo de cobertura vegetal leñosa resulta ser de vital importancia para el entendimiento del flujo del dióxido de carbono y por el servicio de regulación, es un primer acercamiento al entendimiento del papel del humedal en el ciclo del carbono, claro está sin dejar de lado a todas las demás formas en las cuales el humedal aporta como sumidero de carbono, no se puede hablar de captura sin mencionar las diversas poblaciones de fauna y vegetación que habitan dentro de ella, al igual que los demás elementos que intervienen en la captura de carbono como lo serían los detritos generados por el bosque, el suelo, la vegetación macrófita (emergente, flotante y sumergida), el liquen, el musgo, entre otros, son todos estos elementos los que hacen parte de este servicio de regulación, generando un ciclo completo. Este estudio, por su parte, solo se toma como referencia la vegetación leñosa del humedal de la Conejera y establece su participación dentro del ciclo de captura de CO_2.

Contribución por autor: Jose D. Silva G., Juan S. González E. idearon la investigación, Jose D. Silva G., Juan S. González E, llevaron a cabo la investigación en campo, Jose D. Silva G., Juan S. González E, analizaron los datos y redactaron el manuscrito. Todas las personas involucradas como autores contribuyeron a la discusión y comentaron borradores.

10. AGRADECIMIENTOS

A la organización comunitaria de investigación ambiental de la red La Conejera, que compartió con el proyecto información y apoyo en el trabajo en campo, a la administradora Jenny Suárez del humedal de la conejera por permitirnos realizar el proyecto en el humedal, a nuestros tutores los profesores Ing. Jaime Navarro e Ing. Julio Cortés, por el acompañamiento constante y continuo, y al equipo de apoyo en campo por parte de la Tec.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Carol González, y a la Lic. Alejandra Hernández con su ayuda logística y documental, este proyecto no se hubiera podido ejecutar, muchas gracias.

11. REFERENCIAS.

1. Alikhani S, Nummi P, Ojala A. (2021). Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values. Water 13. no. 22: 3301.
2. Caro-Caro, Clara I, & Torres-Mora, Marco A. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *ORINOQUIA*, *19*(2), 237-252.Retrieved August 22, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000200011&lng=en&tlng=es.
3. Cendales Liliana. (2019). Rasgos funcionales de especies vegetales maderables en dos microcuencas de Bogotá. Universidad de Bogotá Jorge Tdeo Lozano. Facultad de ciencias naturales e ingeniería.
4. CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, A., CHAMBERS, J.Q., FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B. & YAMAKURA, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia 145: 87-9
5. Clark, D.A. (2001). Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the longterm plot data. Ecological Applications 12: 3-7.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

6. Convención sobre los Humedales. (2021). Perspectiva mundial sobre los humedales: Edición especial de 2021. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención sobre los Humedales
7. Cortés L.A. (2017). Aproximación al paisaje de los humedales urbanos de Bogotá dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27(1), 118-130. **doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.60584**
8. Cruz S.D,. Morales J. & García U.C. (2017). Estimación de la pérdida de área en los humedales de Bogotá en las últimas cinco décadas debido a la construcción y sus respectivos efectos. (Trabajo de grado, Ingeniería Civil) Universidad distrital Francisco José de Caldas.
9. Decreto 555 de 2021 [Alcaldía mayor de Bogotá]. Por la cual se adopta la revisión general del plan de ordenamiento territorial de Bogotá. 29 de Diciembre de 2021.
10. FAO y PNUMA 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma.
11. Franco V, Delgado J, Andrade G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía. vol.22 no.2. Pags: 69-85.
12. Fundación Humedal La Conejera, Acueducto y alcantarillado de Bogotá. (2015). Plan de manejo ambiental Humedal La Conejera. No 9-07-24100-599-2003. Bogotá.
13. Hernandez, M.E. (2010). Suelos de humedales como sumidero de carbono y fuentes de metano. Terra Latinoamericana. Volumen 28(2), pp. 139-147. Chapingo.

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

14. Hutyra L, Yoon B, Alberti M. (2010). Terrestrial carbon stocks across a gradient of urbanization: a study of the seattle, WA region. Departamento de medio ambiente y geografía, universidad de Bostón, laboratorio de investigación de ecología urbana, universidad de Washington, Seattle, departamento de diseño y planeación urbana. Estados Unidos. Global change biology. doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02238.x
15. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. (2016). Inventario nacional y departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
16. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. (2019). Humedales y su aporte frente a los efectos del cambio climático. Recuperado de: http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/1308-humedales-y-su-aporte-frente-a-los-efectos-del-cambio-climatico#:~:text=En%20cuanto%20a%20la%20mitigaci%C3%B3n,atmosfera%2C%20reteniendo%20el%20calor%20
17. IPCC. (2014). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América
18. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

19. Naciones Unidas. (2018). La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. (LC/G.2681-P/Rev.3). Santiago.
20. Nowak D, Crane D. (2001). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. USDA Forest Service, Northeastern Research Station, 5 moon Library, SUNY-ESF, Syracuse, NY 13210, USA. ELSEVIER, volumen 116. Pag 381-389.
21. Pinilla Moscoso, C. I., & Puertas, D. S. (2018). Cambio climático, gestión y educación ambiental urbana: análisis geopolítico. Estudio de caso: Complejo de humedales en la localidad de 11-Suba, Bogotá. Revista Boletín Redipe, 6(11), 65–75. Recuperado a partir de https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/401
22. R.K. Dixon, M. Solomons, Brown, R. A. Houghtonm, C. Trexierand, J. Wisniewski. (1994). Carbon Pool and Flux of Global Forest Ecosystems. Science. Vol. 263, issues 5144. pp. 185-190.
23. Ramírez, F., Davenport, T. L., & Kallarackal, J. (2013). Bogota´’s urban wetlands. In G. Lavigne & C.Cote (Eds.), Colombia social, economic and environmental issues (pp. 1–80). New York, NY:Nova.
24. Roa-García, M. C., & Brown, S. (2016). CARACTERIZACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE CARBONO EN PEQUEÑOS HUMEDALES ANDINOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BARBAS (QUINDÍO, COLOMBIA). *Caldasia*, *38*(1), 117–135. https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57833

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com

25. Rodríguez, C. A., & Ruiz, V. (2015). i ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DEL HUMEDAL LA CONEJERA UBICADO EN LA LOCALIDAD DE SUBA, BOGOTÁ D.C. ELABORADO POR: CAMILO ANDRÉS R. Retrieved September 20, 2022, from https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4904/EspinosaRodr%C3%ADguezCamiloAndr%C3%A9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. Rojas N. (2010). Aire y problemas ambientales de Bogotá. Universidad de Colombia, Laboratorio de Ingeniería Química. Bogotá. Colombia
27. Rosselli, Loreta & Stiles, F. (2012). Wetlands habitats of the sabana de Bogotá Andean Highland Plateau and their birds. Aquatic Conservation: Marine and Freswater Ecosystem. 22. 10.1002/aqc/.2234
28. Rügnitz M, Chacón M, Porro R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF). P 79.
29. Secretaría distrital de ambiente de Bogotá (SDA). (2020). Reserva Thomas Van Der Hammen y corredores conectividad ecológica. Alcaldía mayor de Bogotá. Colombia.
30. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, (2007): Resumen Técnico. En: Cambios Climáticos 2007: Base Física de la Ciencia. Aportes del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.

Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos

31. Vanegas Katherin. (2020). Estimación de carbono contenido de la vegetación de la ronda del humedal Arrieros, parque Jaime Duque, Municipio de Tocancipá, Cundinamarca.
32. Vargas, Sandra, Onatra, William, Osorno, Lucia, Páez, Eduardo, & Sáenz, Orlando. (2008). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y EFECTOS RESPIRATORIOS EN NIÑOS, EN MUJERES EMBARAZADAS Y EN ADULTOS MAYORES. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *11*(1), 31-45.
33. Yáñez Sandoval, Armando La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? Gaceta Ecológica, núm. 70, enero-marzo, 2004, pp. 5-18 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México
34. Vásquez-Valderrama, M., & Solorza-Bejarano, J. (2018). Agrupación funcional de especies vegetales para la restauración ecológica de ecosistemas de montaña, Bogotá, Colombia. Colombia Forestal, 21(1), 5-17
35. Yepes A.P., Navarrete D.A., Duque A.J., Phillips J.F., Cabrera K.R., Álvarez, E., García, M.C., Ordoñez, M.F. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 162 p.
36. Zuluaga, L. y Castro, E. (2018). Valoración de servicios ambientales por captura de CO2 en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de El Carmen de Bolívar, Colombia. Revista Luna Azul, 47, 01-20. DOI: 10.17151/luaz.2019.47.1. http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=293

1 Grupo GADES, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Universidad ECCI, Bog
otá, Colombia 2. Red Conejera, Semillero de investigación RESE
*Autor para correspondencia. 1. jnavarrolop@gmail.com , 2. mounsterlie@gmail.com