

Fecha de recibido: 19-08-2024

Fecha de aceptado: 24-10-2024

DOI: 10.22490/ECAPMA.8428

# DETERMINACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA VEGETACIÓN DEL CERRO EL VENADO, MUNICIPIO DE YOPAL

## IDENTIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE VEGETATION OF CERRO EL VENADO, YOPAL MUNICIPALITY

**Blanca Ninfa Carvajal Agudelo<sup>1</sup>**

Ingeniero Forestal, especialista en producción y transformación de madera y Magister en Producción Tropical Sostenible- Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD” Semillero biosfera

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3848-8959> Email: [blanca.carvajal@unad.edu.co](mailto:blanca.carvajal@unad.edu.co)

**Gilberto Augusto Cortes Millán<sup>2</sup>**

Biólogo, Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, Magister Scientiarum en Manejo de Fauna Silvestre- Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9640-9956> Email: [gilberto.cortes@unad.edu.co](mailto:gilberto.cortes@unad.edu.co)

**Zulma Lorena Durán Hernández<sup>3</sup>**

Ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental, magister en ingeniería ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1039-4395> Email: [zulma.duran@unad.edu.co](mailto:zulma.duran@unad.edu.co)

Los resultados del presente estudio se generan en proyecto del grupo CAZAO/semillero Biosfera presentado a la convocatoria interna 06 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, propuesta denominada: Estudio diagnóstico ambiental y priorización de áreas estratégicas, con potencial para beneficiarse del pago por servicios ecosistémicos; vereda Upamena, sector Balconcitos, Municipio de Yopal, Los costos de ejecución del proyecto fueron asumidos por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

**Citación:** Carvajal, B., Cortes, G. y Durán, Z. (2025). Determinación de servicios ecosistémicos en la vegetación del cerro El Venado, municipio de Yopal. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 35 – 52. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8428>

## RESUMEN

**Contextualización del tema:** El área de estudio está localizada en el Municipio de Yopal, sector Balconcitos, Vereda La Upamena, que abarca parte de los cerros tutelares de la ciudad de Yopal a una altitud de 918 msnm. Este lugar tiene un clima cálido húmedo con una precipitación anual promedio de 2309 mm (IDEAM, 2024). La investigación responde a la necesidad de desarrollar estrategias de bajo carbono, enfocándose en la cuantificación del carbono fijado en la vegetación y la valoración de otros aspectos como la biodiversidad y la belleza escénica.

**Vacío de investigación:** El estudio busca llenar el vacío de conocimiento sobre la cantidad de carbono almacenado en los sistemas naturales del área de Yopal, específicamente en la vegetación arbórea y arbustiva de bosques y sistemas silvopastoriles, así como su papel en la mitigación del cambio climático. Además, explora la importancia del área como corredor biológico y la influencia del microclima local.

**Propósito del estudio:** El propósito del estudio es cuantificar el carbono fijado en la vegetación de la región, determinar la biodiversidad local como

corredor biológico y evaluar la belleza escénica del sector, con el fin de aportar al desarrollo bajo en carbono y destacar los beneficios ecológicos para los habitantes de Yopal.

**Metodología:** Se establecieron seis parcelas temporales, tres en bosque y tres en sistemas silvopastoriles, donde se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles a 1.3 m y la altura total del fuste. Se identificaron 35 especies en estado fustal. Los datos recolectados se ingresaron en un modelo alométrico para calcular la biomasa aérea en toneladas por hectárea (t/ha). Además, se realizaron observaciones sobre la biodiversidad y la belleza escénica del área.

**Resultados y conclusiones:** Los bosques en la localidad almacenan entre 35.14 y 14.05 t/ha de biomasa aérea, mientras que los sistemas silvopastoriles almacenan entre 3.85 y 2.26 t/ha. En términos de dióxido de carbono, esto equivale a un promedio de 45.13 t/ha en bosques y 3.91 t/ha en sistemas silvopastoriles. Adicionalmente, se identificó el área como un corredor biológico que permite el tránsito de fauna entre la sabana y la cordillera Andina, influenciado por

variaciones climáticas. Finalmente, la belleza escénica de la zona se destacó por su capacidad para generar un microclima que beneficia a los habitantes de Yopal.

**Palabras Clave:** Clima, captura de carbono, calentamiento global, mitigación, erosión del suelo, Cambio climático

## ABSTRACT

**Contextualization:** This study focuses on quantifying and estimating ecosystem services provided by forested areas and vegetation. The scientific community has recognized that such vegetation covers offer ecosystem services (ES), which are essential for maintaining the planet's basic functions. These services include tangible and intangible benefits derived from nature, such as air quality maintenance, water purification, climate regulation, carbon capture, and food production. Ecosystem services are categorized as regulatory, provisioning, support, and cultural services, all contributing to human well-being through essential ecological processes (Ruiz, 2012; Fisher et al., 2009).

**Knowledge gap:** There is a deficiency in knowledge concerning the local community's awareness of their role in addressing climate change. While global awareness is growing, there is a need to empower local populations to realize that small but collective actions, such as refraining from deforestation, incorporating trees into productive systems, and making informed decisions, can collectively contribute to significant climate change mitigation.

**Purpose:** The purpose of the study is to contribute to climate change mitigation by quantifying carbon fixation in tree and shrub vegetation in the study area. Additionally, the research aims to highlight the importance of biodiversity, scenic beauty, and the need for forest conservation in the



tutelary hills of Yopal, particularly Cerro El Venado, which improves the quality of life for Yopal's residents.

**Methodology:** The research is conducted in six temporary plots: three in forested areas and three in silvopastoral systems. In these plots, the diameter at breast height (DBH) and total stem height of trees are measured to quantify carbon fixation. A total of 35 species in the stem stage were identified. The aboveground biomass is calculated using allometric models, with field data such as tree diameter and total height entered into the models.

**Results and conclusions:** The results show that the forests store between 35.14-14.05 tons/ha of aboveground

biomass, while silvopastoral systems store between 3.85-2.26 tons/ha. In terms of carbon dioxide, the forests sequester an average of 45.13 tons/ha, while silvopastoral systems store 3.05 tons/ha. Additionally, the study identifies the area as a biological corridor for fauna migrating between the savannah and the Andean mountain range. Scenic beauty is also emphasized, as the Cerro El Venado foothills create a microclimate that benefits the city of Yopal. The study concludes that protecting these forested areas is vital for enhancing the quality of life in Yopal.

**Keywords:** Climate; carbon capture; global warming; mitigation, soil erosion, Climate change

## 1. INTRODUCCIÓN

El tema que trata la presente investigación tiene que ver con la capacidad que tienen los bosques (Sumideros de Carbono) y en general la vegetación para mitigar el cambio climático/ calentamiento global, que en esencia es el aumento de la temperatura con dimensiones planetarias. El Panel intergubernamental de cambio climático (IPCC, 2018) ha estimado que los objetivos del Acuerdo de París implican no superar una concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> equivalente de 450 ppm (para limitar el aumento de la temperatura a 2°C) o 430 ppm (para 1,5°C) a final de siglo, situación que aún no se tiene controlada; de hecho, el (IPCC, 2018, AR5), indica que desde finales de la década de 1950 el CO<sub>2</sub> aumentó casi 100 ppm, casi 5 veces más rápido que en la primera mitad del registro de observación; estos expertos también indican que existe una relación entre el calentamiento global y los eventos climáticos extremos (olas de calor, ciclones, etc.).

Los bosques ofrecen una capacidad esencial para la captura de los gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera y evitar repercusiones graves de la crisis climática, absorben CO<sub>2</sub> en

acción directa a su desarrollo y preservación; son una buena medida de soluciones basadas en la naturaleza. De acuerdo con hallazgos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo tienen el potencial de proporcionar hasta un 30 % de las reducciones de emisiones de GEI que se requieren para limitar el calentamiento global a 2°C, a un costo relativamente bajo; debido al almacenamiento de carbono en vegetación e intercambio de este con la atmósfera a través del proceso fotosintético y la respiración; el proceso se da así; el Carbono que conforma la molécula de CO<sub>2</sub> se combina con agua en presencia de brillo solar para formar carbohidratos (azúcares) que se expresan en términos de biomasa generando crecimiento en las plantas y desprendiendo oxígeno para beneficiar los seres vivos; las plantas luego de su deterioro se fijan esta cantidad de carbono en los suelos mejorando la fertilidad y de esta forma se mitiga el cambio climático con la presencia de bosques y de áreas naturales.



Las emisiones de la agricultura y ganadería, y el cambio de uso del suelo representan el 42% del total en la región de América Latina y el Caribe, en esta realidad, las soluciones basadas en la naturaleza representarían una oportunidad de mitigación, restaurar el patrimonio natural a través de la reforestación es también un paso fundamental hacia la descarbonización de las economías. Estas inversiones son seguras para almacenar carbono y brindar un servicio global a la humanidad, es una forma efectiva de recuperar servicios ecosistémicos (como el suministro de agua y el uso de la tierra) que son vitales para reducir vulnerabilidades y evitar desastres ecológicos, existe la certeza que los árboles son eficientes en la captura de carbono;

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar la cantidad de carbono en biomasa aérea de los bosques y los sistemas silvopastoriles en la Vereda la Upamena; sector de Balconcitos, Municipio Yopal; de otra parte se describen dos servicios ecosistémicos adicionales observados en las visitas de trabajo y que han sido identificados por la administración municipal así: 1) biodiversidad/ corredor biológico y de tránsito de especies de fauna de la

sabana a la cordillera Andina, que se presenta con el cambio en las condiciones de tiempo (lluvia, menos lluvia), dado que se tiene déficit hídrico muy marcado y las especies de fauna silvestre para protegerse se desplazan buscando condiciones favorables para la supervivencia en la época de baja en la precipitación y 2) belleza escénica por la particularidad de las estribaciones de los cerros denominados cerro El Venado, que se constituyen en barrera que atrapa la corriente de aire que se desplaza de la sabana, favoreciendo el microclima de la ciudad de Yopal en la épocas de mayores temperaturas, lo que genera bienestar en la comunidad que habita la ciudad de Yopal.

Para el cálculo de la captura de carbono la investigación está basada en información recogida de fuentes primarias, datos de campo, capturados en parcelas temporales, soportados en documentos científicos recopilados, información secundaria tomada en el bosque húmedo tropical; el tema tiene desarrollo, en la comunidad científica pero la población tiene poca conciencia de los efectos de las emisiones atmosféricas; como factor que exagera el cambio climático. El estudio se realiza mediante seis (6) parcelas temporales, tres, en bosque y tres en

sistemas silvopastoriles; para dar cuenta de la cantidad de carbono fijado, 1) Se mide; DAP a 1,3m de altura y altura total del tallo en metros de árboles fustales, datos que se ingresan a ecuaciones alométricas, para el cálculo de biomasa en toneladas, que finalmente se calculan en Ton/ha. Finalmente, el almacenamiento de carbono en la biomasa se calculó utilizando el valor default de fracción de carbono 0,5.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos sistemas de uso del suelo así:

Para el estudio experimental, se instalaron seis (6) parcelas temporales; de éstas tres, en bosque y tres en sistemas silvopastoriles, las parcelas medidas tenían 1000 m<sup>2</sup> cada una para tomar datos en el componente arbóreo como altura total (m) y diámetro a (1,3 m) de altura de todos los árboles con  $DAP \geq 5$  cm.

### 2.1 Características y conformación de las áreas de bosque en estudio

El presente estudio tiene como objetivo principal cuantificar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques y sistemas silvopastoriles en la vereda Upamena, sector Balconcitos, Municipio de Yopal, e identificar otros servicios ecosistémicos relevantes, como la biodiversidad y su función como corredor.

El bosque es el uso del suelo protegido por cobertura nativa que tiene dos espacios de ubicación; el primero bosque protector ubicado al norte de la sede de la décimo sexta brigada del ejército, de Casanare; cobertura de conservación que se ha mantenido por largo periodo dado que el ejército por su misión requiere aislamiento de la población civil, para su quehacer y entrenamiento; lo que ha facilitado la preservación de una alta proporción del área de propiedad del ejército y con este la conservación de especies vegetales y de fauna; este mismo tipo de cobertura se ubica en la ronda de las fuentes hídricas del área de estudio (Caño la

Upamena, caño Usibar y la ronda hídrica del río Cravo sur) en el presente estudio se identifican veinticinco (25) especies vegetales que se enlistan en la

tabla 1, en esta misma tabla se presenta las especies localizadas en los sistemas silvopastoriles así.

**Tabla 1.** Listado de especies localizadas en el área de estudio

Especies arbóreas y arbustivas localizadas en el bosque			Especies arbóreas y arbustivas localizadas en los sistemas silvopastoriles		
No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Arrayan Candelero/	<i>Mircia sp</i>	1	Abejón	<i>Astronium graveolens</i>
2	Saladillo	<i>vochysia vismiifolia</i>	2	Arrayan	<i>Mircia sp</i>
3	Caruto	<i>Genipa americana</i>	3	Candelero/ Saladillo	<i>Caraipa llanorum</i>
4	Cenizo	<i>Pollalesta sp</i>	4	Cañafistol	<i>Cassia moschata</i>
5	Chicharro	<i>Muntingia calabura</i>	5	Caracaro	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>
6	Cimaru	<i>Cimaru amara</i>	6	Caruto	<i>Genipa americana</i>
7	Coloradito	<i>Weinmania tomentosa</i>	7	Cedro rosado	<i>cedrela odocrata</i>
8	Cordoncillo	<i>Piper aduncun</i>	8	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	Cruceto	<i>Brownea ariza</i>	9	Guamo	<i>Inga densiflora</i>
10	Guacharaco	<i>Cupania sp</i>	10	Ilan ilan	<i>Cananga odorata</i>
11	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	11	Laurel amarillo	<i>Nectandra sp</i>
12	Guamo loro	<i>Inga densiflora</i>	12	Manirito/ maiztostado	<i>Coccoloba acuminata</i>
13	Higuerón	<i>Ficus sp</i>	13	Mapaso	<i>Annona squamosa</i>
14	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	14	Onoto	<i>Bixa orellana</i>
15	Laurel Amarillo	<i>Nectandra sp</i>	15	Palma corozo	<i>Acrocomia aculeata</i>
16	Lechero	<i>Ficus sp</i>	16	Pringamoso	<i>Urticans sp</i> <i>Swartzia macrophylla/</i>
17	Pringamoso	<i>Urticans sp</i>	17	Sangro	<i>Swartzia parvoflora</i>
18	Sangro	<i>Swarzia sp</i>	18	Trompillo	<i>Guarea trichiliodes</i>
19	Trompillo	<i>Guarea trichiliodes</i>	19	Tucuragua/ Mapaso	<i>Anona squamosa</i>
20	Tuno	<i>Miconia squamosa</i>	20	Tuno	<i>Miconia squamosa</i>
21	Turma de perro	<i>Caesalpinia sp</i>	21	Turma de perro	<i>Caesalpinia sp</i>
22	Uvero	<i>Coccoloba uvifera</i>	22	Vara blanca	<i>Casearia corymbosa</i>
23	Vara santa	<i>Triplaris americana</i>	23	Vara santa	<i>Triplaris americana</i>
24	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	24	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>
25	Zamuro	<i>Cordia gerancantus</i>	25	Zamuro	<i>Cordia gerancantus</i>

**Autores:** 2024

Los bosques y los sistemas agroforestales tienen en común trece (13) de las veinticinco (25) encontradas en los dos (2) usos del suelo, como se presenta en la tabla 1; que son: *Mircia sp*, *Genipa americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Nectandra sp*, *Urtica sp*, *Swarzia sp*, *Guarea trichiliodes*, *Miconia squamosa*, *Caesalpinia sp*, *Triplaris americana*, *Cecropia peltata*, *Cordia gerancanthus*, aquí se identifican individuos arbóreos y arbustivos entre 3-22m de altura y diámetros entre 0,06-0,69m.

## 2.2 Características de las áreas en sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles en estudio están constituidos 1) componente herbáceo que son especies de la familia Poaceae/gramíneas, pudiendo encontrar pasturas nativas sectorizadas; sin embargo el espacio, está dominando por *braquiarias decumbens*; 2) componente forestal tipo arbóreo arbustivo existen especies que por regeneración natural e interés de los dueños de predios se han protegido al momento de la limpieza de

áreas de pasturas, por lo que han perdurado, esto para indicar que no se trata de especies plantadas por la comunidad; son individuos de la vegetación nativa que han sobrevivido a las talas por interés de quien da mantenimiento; algunas se ubican dentro de las áreas de pasturas, como sombrío de árboles aislados y otras en las divisiones de potrero como cercas vivas/ postes vivos, lo que permite aumentar la cobertura vegetal; con diámetros entre 0,05-0,81m y alturas entre 3-23m.

En el procesamiento de resultados la biomasa se estimó ingresando los valores de diámetro a los 1,3m, altura total y la densidad de la madera por especie en el modelo alométrico, seleccionado de la plataforma web Globalometree; dentro del modelo se toman datos de densidad de la madera por especie, que se presentan en el repositorio digital de Global Wood Density Database (GWD) (Zanne, López, Coomes, Llic Jansen, Lewis, Miller, Swenson, Wiemann, Chave, 2009); el modelo se presenta en la tabla No. 2.

**Tabla 2.** Ecuación alométrica utilizada en el estudio de reservas de carbono en biomasa aérea.

Especie	Modelo	R <sup>2</sup> ajustado	Fuente	Observaciones
Bosque húmedo tropical	B = Exp (-2,289 + 0,937 * Ln((dap) <sup>2</sup> * (H) * (D)))	0,95	Álvarez, Duque, Saldarriaga, Cabrera, Del Valle, Lema, Moreno y Orrego (2012)	Ecuación de cálculo de biomasa de todas las especies de bosque

**Notas:** R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de determinación ajustado; B: biomasa aérea (t/ha); dap: diámetro a la altura de pecho (m); H: altura total (m); log: logaritmo base 10; d30: diámetro del tronco a 30 cm de altura (cm); Ln: logaritmo natural (base e). D: densidad

**Fuente:** Álvarez, Duque, Saldarriaga, Cabrera, Del Valle, Lema, Moreno y Orrego (2012)

El almacenamiento de carbono en la biomasa se calculó utilizando el valor default de fracción de carbono 0,5 (IPCC, 2003); se empleó el diseño experimental completamente al azar con los usos del suelo (Bosques, sistemas silvopastoriles) como tratamientos y tres repeticiones.

Calculada la cantidad de carbono para llevarlo a CO<sub>2</sub> como molécula la literatura reporta que la tasa de fijación se cuantifica en términos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), usando una constante de 3,67 (IPCC, 2006), que consiste en la relación de pesos moleculares del CO<sub>2</sub>.

Análisis estadístico. El estudio se desarrolló mediante un diseño experimental completamente aleatorio con dos sistemas de uso del suelo como tratamientos y tres repeticiones, utilizando el software de análisis estadístico Infostat (versión estudiantil 2018). Se realizó un análisis de varianza a las variables estudiadas mediante la prueba ANOVA, además de la comparación de medias mediante la prueba LSD Fisher (Fisher 2009) entre tratamientos con un nivel de significancia de 0,05.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies que se han identificado en la instalación y toma de datos de las parcelas temporales para cuantificar el carbono aéreo son 35 entre las que se cuentan: Abejon (*Astronium graveolen*), Arrayan (*Mircia sp*), Candelero/ Saladillo (*vochysia vismiifolia*), Cañafistol (*Cassia moschata*), Caracaro (*Enterolobium cyclocarpum*), Caruto (*Genipa americana*), Cedro rosado (*cedrela odorata*), Cenizo (*Pollalesta sp*), Chicharro (*Muntingia calabura*), Cimarú (*Cimarú amara*), Coloradito (*Weinmania tomentosa*), Cordoncillo (*Piper aduncun*), Cruceto (*Brownea ariza*), Guacharaco (*Cupania sp*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*), Guamo

(*Inga densiflora*), Higuera (*Ficus sp*), Hobo (*Spondias mombin*), Ilan ilan (*Cananga odorata*), Laurel (*Nectandra sp*), Lechero (*Ficus sp*), Manirito/ maiztostado (*Coccoloba acuminata*), Mapaso/Tucuragua (*Annona squamosa*), Onoto (*Bixa orellana*), Palma corozo (*Acrocomia aculeata*), Pringamoso (*Urticans sp*), Sangro (*Swarzia sp*), Trompillo (*Guarea trichiliodes*), Tuno (*Miconia squamosa*), Turma de perro (*Caesalpinia sp*), Uvero (*Coccoloba uvifera*), Vara blanca (*Casearia corymbosa*), Vara santa (*Triplaris americana*), Yarumo (*Cecropia peltata*), Zamuro (*Cordia gerancantus*).

**Tabla 3.** Remoción de Carbono ocasionada en los bosques y sistemas silvopastoriles localizados en las áreas del Cerro el Venado del Municipio de Yopal

Replica	Uso	Biomasa aérea	Carbono en T/ha
1	Bosque	35,136	17,568
2	Bosque	16,504	8,252
3	Bosque	14,049	7,0245
<b>Promedio</b>		<b>21,896</b>	<b>10,95</b>
1	Silvopastoril	3,854	1,927
2	Silvopastoril	2,261	1,1305
3	Silvopastoril	2,018	1,009
<b>Promedio</b>		<b>2,711</b>	<b>1,355</b>

Fuente: Autores, 2024

N: 6; Replicas: 3; Error: 2,36; Medias: Bosque: 10,95; sistema silvopastoril: 1,36; Alfa=0,05

Se encontraron diferencias significativas entre la captura de carbono de los bosques y los sistemas silvopastoriles, siendo la captura de carbono para bosques 10,95/ha de biomasa aérea y los sistemas silvopastoriles 1,36t/ha; que en términos de dióxido de carbono son en promedio 40,19ton/ha en bosques y 4,97t/ha para sistemas silvopastoriles lo cual contribuye a la mitigar el cambio climático.

El valor encontrado es inferior al valor propuesto para almacenamiento de carbono en biomasa por parte del IPCC (2006) que es 141 t C/ha, superiores al valor encontrado en el presente estudio en Bosques que ha sido objeto de entresacas o talas selectivas de especies valiosas por su tamaño y calidad de la madera, lo que ha ocasionado reducción de captura de carbono. Sin embargo, se considera sumidero de carbono; que se ubica de manera estratégica.

Vela et al., (2012); indican que los rodales perturbados de oyamel, en promedio, almacenan 30 t C/ha, que son valores muy similares a los encontrados en los bosques en estudio, también se identifican otros autores que han estudiado la captura de carbono en biomasa de los bosques así: Phillips et

al. IDEAM (2011, p. 29) “compara la biomasa calculada para bosques nativos por diferentes sistemas así: la clasificación bioclimática de Holdridge, con una incertidumbre asociada a la estimación de 18,0%, se observa que la biomasa aérea varía entre  $91,4 \pm 11,1$  t/ha y  $334,5 \pm 126,8$  t/ha, mientras que la biomasa aérea promedio es de 255,2 t/ha en el sistema Land Cover Classification System la biomasa aérea varía entre  $119,4 \pm 45,1$  t/ha y  $378,3 \pm 126,8$  t/ha, mientras que la biomasa aérea promedio es de 195,7 t/ha” .

Por su parte, al emplear la estratificación que sigue la propuesta de Chave et al. (2005), se encontró que la biomasa aérea total promedio estimada es de 214,2 t/ha, con valores mínimos y máximos de  $105,1 \pm 5,8$  t/ha y  $272,8 \pm 50,9$  t/ha, respectivamente.

Finalmente, al emplear el sistema de clasificación propuesto por Phillips et al. (2010) la biomasa aérea potencial en los bosques de Colombia varía entre  $104,5 \pm 5,3$  t/ha y  $334,6 \pm 52,1$  t/ha, con un promedio de ca. 294,0 t/ha

Casanova (2011), que concuerda en indicar que los sistemas agroforestales, aunque no están diseñados principalmente para el secuestro de carbono ofrecen una oportunidad para

aumentar las reservas de carbono en la biosfera terrestre

En árboles la captura de carbono se realiza durante su crecimiento y desarrollo, cuando la vegetación arbórea ha llegado a su madurez captura pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub> para la respiración, pero el carbono capturado permanece almacenado durante la vida del bosque. (Ordoñez y Mancera, 2001. p.6). Todo lo anterior para indicar que los bosques estudiados capturan carbono y con ello mitigan el cambio climático; en rango de medio a bajo y que otros estudios han reportado valores similares, por lo que se requiere conservar los bosques para ampliar la cantidad de fijación de carbono en estas áreas naturales.

### **En cuanto a los servicios ecosistémicos del Paisaje**

El cerro el Venado se caracteriza como un “paisaje natural excepcional por sus pendientes extremas y su connotación de hacer parte de las últimas estribaciones de la cordillera oriental”; siendo el cerro tutelar de la ciudad de Yopal; que conforma el Lomerío estructural denudacional (Alcaldía de Yopal, 2013), Plan básico de

ordenamiento territorial municipio de Yopal- Casanare, acuerdo 024/2013).

Castillo, Chaparro, Gaitán, & Urrego (2017) estimaron el total de visitas al Cerro en 13.531 personas a la semana. En encuesta realizada a 62 visitantes del Sector La Virgen en el Cerro El Venado, se encontró una percepción positiva de Yopal y su entorno natural como el del mirador la Virgen, aunque también un reconocimiento de sus problemas ambientales en especial la contaminación por residuos sólidos y un autoconocimiento como parte del problema y parte de la solución.

El “Plan de ordenamiento territorial del municipio de Yopal” aprobado por el Acuerdo municipal N°024 de 2013, vigente hasta el año 2027, en su Artículo 39. “delimitación de las áreas de protección para el suelo urbano; el área urbana del Municipio de Yopal indica que hay interconexión enmarcada en medio de tres elementos paisajísticos naturales importantes, que hacen parte de la estructura ecológica principal del municipio y que son reconocidos por la población: el cerro el Venado, el río Cravo sur, y el parque La iguana, los cuales tienen trascendencia desde lo

rural a lo urbano (Alcaldía de Yopal, 2013).

Biodiversidad, se ha identificado como un corredor biológico y refugio de diferentes especies de flora y fauna, riqueza identificada por la comunidad científica local y sus moradores, se puede indicar que esta zona de cerros aledaña a las estribaciones de la cordillera oriental permite la comunicación entre los andes y la llanura, mediante la cuenca del río Cravo sur, lo que facilita la movilidad.

Según (CORPORINOQUIA, POMCA Río Cravo Sur, 2019) la zona presenta una alta riqueza para aves y anfibios y una baja riqueza para mamíferos y reptiles. Esto se debe a la presencia del ecotono que permite un hábitat ideal

para especies de alta movilidad, como en el caso de las aves y refugio para las especies de anfibios.

Como limitantes en el desarrollo de la investigación se tienen:

Recursos económicos, para la ejecución de este proyecto la Universidad Nacional Abierta y a Distancia asumió los salarios de los profesionales, pero los gastos de desplazamiento fueron con cargo a los autores, lo que dificulta la toma de mayor cantidad de información.

De otra parte, la comunidad en algunos espacios no permitió la toma de datos, generando la necesidad agrupar las parcelas, en los predios donde se captura la información.

## 4. CONCLUSIONES

Se identifican tres servicios ecosistémicos relevantes en el área de estudio:

Captura de CO<sub>2</sub> en el bosque local es de 40,19ton/ha y 4,97t/ha en sistemas silvopastoriles; valor bajo. Por lo anterior se requieren medidas de gestión de los sumideros y fuentes de dióxido de carbono, para lograr incrementar el

secuestro de C y contribuir a que los bosques continúen prestando el servicio de captura de carbono para contribuir en mayor valor a la mitigación al cambio climático.

En Biodiversidad, se ha identificado como un corredor biológico y refugio de diferentes especies de flora y fauna, riqueza identificada por la comunidad

científica local, que ha aprovechado este recurso aplicando al avistamiento de aves, siendo esta un área suburbana del Municipio de Yopal.

Paisajismo el cerro el Venado se caracteriza como un “paisaje natural excepcional por sus pendientes extremas y su connotación de hacer parte de las últimas estribaciones de la

cordillera oriental”; siendo el cerro tutelar de la ciudad de Yopal; que conforma el Lomerío estructural denudacional, que genera beneficios a la ciudad por ofrecer paisaje particular que además se constituyen en barrera que atrapa la corriente de aire y refresca la ciudad de Yopal, en la época de temperaturas extremas.

## REFERENCIAS

- Alcaldía de Yopal, Departamento de Casanare. (2013). Plan básico de ordenamiento territorial municipio de Yopal- Casanare, acuerdo 024/2013.
- Bandera, H. (2022). Diseño del producto turístico para la ruta de la cuenca del río Cusiana-Colombia. Sogamoso, Aquitania, Pajarito, Labranza grande, Yopal, Aguazul, Maní, Tauramena y Chámeza. Bogotá: Mincomercio.
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020), La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/S1900711\\_es.mobi](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/S1900711_es.mobi).
- Brown, S. Sathaye, J., Cannell, M y Kauppi, P. (1996). Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Forestry Review*. 75(1), 80-91. <https://www.jstor.org/stable/42607279>
- Casanova, F., Petit, J., Solorio, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a La captura de carbono en el Trópico Mexicano. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma de Yucatán, México, 17(1), 5-118

- Castillo, C., Chaparro, N., Gaitán, A., & Urrego, A. (2017). Diagnóstico, formulación e implementación de un Programa de Educación Ambiental para el mirados La Virgen de Yopal, Casanare. Proyecto de grado para Ingeniería Ambiental, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Yopal.
- CEPAL (2020), Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. In (LC/SES.38/3–P/Rev.1).
- 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.
- Fisher, B., Turner, K.R., Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68(1), (pp. 643-653).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424>
- CORPORINOQUIA. (2019). Actualización POMCA Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Cravo Sur. Yopal.
- Encyclopedia of Life. (2024). Global Wood Density Database [Data set]. Zenodo.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13322441>
- IICA. (2012). Potencial de servicios ambientales en la propiedad social en México – IICA – México. DOI: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6084>
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, (5 de junio de 2024). Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales, Programa de Meteorología aeronatica, Cartas climaticas medias mensuales temperatura Precipitación Media Mensual.  
<https://bart.ideam.gov.co/cliciu/yopal/temperatura.htm>
- IPCC - Intergovernmental panel on climate change. (2006). Pautas para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Preparado por el Programa Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japan. <https://www.ipcc.ch/documentation/>

IPCC, Masson–Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.–O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., Pirani, A., Moufouma–Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Tabatabaei, M. (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre–industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

<https://doi.org/10.1017/9781009157940>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). National Greenhouse Gas Inventories Programme Intergovernmental. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. En IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Panel on Climate Change (pp. 113-116). Hayama, Kanagawa, Japón.

Ordóñez, J.A. & Mansera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*. 7(1):3-12.

Phillips J.F., Duque A.J., Yepes A.P., Cabrera K.R., García M.C., Navarrete D.A., Álvarez E. & Cárdenas D. (2011). Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.

Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio Ciencias* 4(1) Pág. 3-15.

Samaniego, J. y otros. (2022). Soluciones basadas en la naturaleza y remoción de dióxido de carbono, Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/224), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<file:///C:/Users/blanca.carvajal/Downloads/victorw,+biociencias4-1.pdf>

Vela, G., López, J., Rodríguez, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 77(1) 18-30.



**Licencia de Creative Commons**

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.