



Afectaciones antrópicas a las coberturas de bosques en la cuenca hidrográfica del caño Iracá, piedemonte llanero colombiano

Anthropic impacts on forest cover in the Iracá river basin, Colombian plains piedmont.

Guillermo Briceño Vanegas 

Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia

gbricenov@unisalle.edu.co

Julie Carolina Gallego Herrera 

Universidad Nacional de Colombia (UNC)

jcgallegah@unal.edu.co

Recibido: 28/02/2025

Aceptado: 21/04/2025

RESUMEN

Entre agosto de 2023 y septiembre de 2024, se realizó un estudio en la cuenca del caño Iracá en el piedemonte llanero colombiano, para evaluar el estado actual de los bosques en función del régimen del uso del suelo. Durante este periodo se midieron dos variables críticas de impacto antrópico: la fragmentación y las pérdidas de conectividad de los corredores boscosos. El estudio se basó en registros fotográficos y recorridos en el terreno y en el posterior análisis geoespacial con imágenes LANDSAT para establecer los grados de fragmentación del bosque nativo.

Se encontró que los corredores boscosos han sufrido algún grado de fragmentación estructural dejando relictos que muestran una ordenación espacial insular. Se identificaron brechas, en algunos casos superiores a 1 kilómetro, que cortan la continuidad de los corredores boscosos, lo que afecta el flujo biótico de la fauna e impacta la red de pequeños tributarios comprometiendo la funcionalidad ecosistémica.

Palabras clave: *cuenca hidrográfica, caño, corredores boscosos, fragmentación, conectividad*

ABSTRACT

Between August 2023 and September 2024, a study was conducted in the Iracá river basin in the Colombian plains foothills to evaluate the current state of the forests as a function of the land use regime. During this period, two critical variables of anthropogenic impact were measured: fragmentation and loss of connectivity of forest corridors. The study was based on photographic records and field walks and subsequent geospatial analysis with LANDSAT images to establish the degrees of fragmentation of the native forest.

It was found that the forest corridors have suffered some degree of structural fragmentation leaving relicts that show an insular spatial arrangement. Gaps were identified, in some cases greater than 1 kilometer, that cut the continuity of the forest corridors, affecting the biotic flow of fauna and impacting the network of small tributaries, compromising ecosystem functionality.

Key words: *watershed, stream, forested corridors, fragmentation, connectivity*



1. Introducción

El piedemonte llanero colombiano constituye uno de los primeros frentes de colonización masiva que fue generando asentamientos en lo que se conoce como la transición geográfica entre las cordilleras andinas y los llanos orientales. Las primeras oleadas colonizadoras abrieron espacios para la introducción de la agricultura y la ganadería extensivas, no necesariamente con propósitos productivos en principio, sino como una estrategia de acumulación de poder mediante la apropiación y tenencia de tierras (Van Ausdal, 2009). Desde esta colonización incipiente se produjeron sucesivas expansiones de uso de suelo para el fomento de la ganadería bovina y la agricultura alimentaria manifiesta en el crecimiento de cultivos de plátano y piña, pero sobre todo en los vastos arrozales que ocuparon las vegas del plano inundable del río Ariari. Más recientemente, al finalizar la primera década del siglo XXI, con el auspicio del gobierno de turno, las empresas palmeras comenzaron un proceso de proliferación y expansión de cultivos de palma africana que obedeció a la estrategia de la producción masiva de biocombustibles con el consecuente fenómeno del cambio en el régimen de usos de suelo y el incremento de impactos ambientales y ecosistémicos en toda la región.

Debido a estos factores históricos de ocupación del suelo, no son pocos los conflictos socioambientales que se han suscitado en la región, ya que todo el piedemonte alberga una inmensa riqueza ecosistémica que se traduce en un banco de biodiversidad, en muchos casos endémica; biodiversidad que se encuentra en riesgo frente a la remoción progresiva de las coberturas boscosas originales. Las formaciones ecosistémicas del piedemonte incluyen bosques húmedos y superhúmedos que alcanzan un gran porte y densidad con múltiples estratos de vegetación en los que se entremezclan elementos achaparrados con árboles emergentes de gran envergadura. En estos bosques y en las corrientes de agua que abriga, la riqueza de especies tanto de flora como de fauna es considerable y constituye el principal objeto de conservación biológica. Desafortunadamente, el avance vertiginoso del loteo ganadero y de los cultivos de diversa índole ha redundado en la pérdida sistemática de las coberturas boscosas dejando como últimos vestigios forestales los corredores de bosque de galería.

La cuenca del caño Iracá es un escenario territorial que representa con total dualidad esta dinámica de tensiones entre los usos del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas. En primer lugar, la cuenca se encuentra justo en medio del radio de influencia de cuatro de las principales cabeceras municipales del piedemonte llanero: San Martín, Granada, Fuente de Oro y Puerto Lleras. En torno a estos asentamientos se sitúan zonas semirrurales en donde grandes coberturas de bosque han cedido su espacio a pastizales y cultivos. De la cobertura original de bosques dentro de la cuenca, actualmente se mantienen algunos de los corredores boscosos que rodean las fuentes hídricas, pero muchos de ellos ya muestran algún grado de fragmentación y de pérdidas de conectividad. En este contexto, el propósito del presente trabajo consistió en realizar una aproximación al grado de afectación que han sufrido las coberturas boscosas de la cuenca del caño Iracá por causa de factores antrópicos.

2. Marco Teórico

2.1. Dinámica del paisaje

El paisaje se entiende como la expresión fenomenológica del espacio regional y territorial que incluye no solo las coberturas de ecosistemas naturales sino las unidades geográficas transformadas por la acción antrópica (Forman, 1995). Es decir, se entiende que cualquier subconjunto del espacio geográfico contiene dos tipos de unidades según sus atributos: las unidades naturales, que incluyen todos los ecosistemas autóctonos como bosques, ríos, lagos, lagunas, ciénagas, etc., y las unidades culturales o antrópicas, que corresponden a todas las estructuras que las comunidades humanas han transformado en el paisaje como pueblos, ciudades, puentes, carreteras, y todo tipo de infraestructuras que modifican el carácter natural original de un espacio

geográfico. Es de entender que la distribución de las unidades naturales y antrópicas dentro de un paisaje cualquiera no se ordenan dentro de una estructura estática, sino que obedecen a una dinámica que hace del paisaje una matriz cambiante en el tiempo donde los ecosistemas naturales están sometidos a tensiones causadas por los usos que las comunidades humanas dan al suelo en el que se asientan (Briceño-Vanegas, 2023).

2.2. Coberturas boscosas, integridad, fragmentación y pérdidas de conectividad

En los escenarios naturales, los ecosistemas se distribuyen de acuerdo con factores geográficos, climáticos, geológicos y edafológicos. La estructura y dinámica de los ecosistemas naturales depende de todos estos factores conjugados de tal manera que la interacción abiótica determina, al menos en parte, los lugares que van a ser ocupados por selvas, bosques, sabanas o desiertos. Los bosques tropicales son por sí mismos los más diversos del planeta y ofrecen además una inmensa variedad de hábitats disponibles para la diversidad faunística; por lo tanto, la cantidad de especies de flora y de fauna se ve favorecida en la medida que el área ocupada por el bosque es mayor. La cobertura boscosa se entiende entonces como la máxima área espacial que un bosque ocupa de manera ininterrumpida en un determinado espacio geográfico.

Cuando la cobertura boscosa de un determinado tipo de ecosistema forestal no ha sufrido pérdidas significativas de área en el tiempo, se entiende que este ecosistema presenta un alto grado de integridad. Por el contrario, la pérdida de elementos arbóreos que reduce el área de un bosque ya sea en el borde o en el interior de una determinada cobertura boscosa supone una reducción de su integridad. Cuando la integridad de un bosque se ve reducida por factores antrópicos se pueden observar patrones espaciales sintomáticos tales como la generación de brechas de distinta dimensión en donde se ha practicado la tala de elementos forestales haciendo que el bosque pierda la continuidad de su cobertura; en este sentido, la aparición de brechas desnudas dentro de lo que fue un bosque íntegro supone un proceso de fragmentación (Forman, 1995).

Cuando la fragmentación se presenta en formaciones boscosas que no tienen una cobertura de forma extensiva sino lineal, se incurre en la pérdida de conectividad, lo que significa que una fracción de bosque queda totalmente aislada y desconectada de la matriz forestal original. Si bien este fenómeno es notable en bosques de gran extensión, resulta aún más evidente en aquellos que siguen un patrón lineal en el paisaje, como los bosques de galería.

Es por lo anterior que los bosques de galería se han convertido en el foco de investigaciones científicas en procura de comprender su dinámica ecológica y de este modo contribuir a la implementación de acciones de conservación. Los bosques de galería actúan, de hecho, como corredores por los cuales transitan diversas especies de fauna en lo que se conoce como flujo biótico, variable que contribuye a mantener la dinámica ecosistémica y, por ende, la conservación de las especies. Es sabido que cuando los corredores boscosos se fragmentan y se pierde la conectividad entre fragmentos aislados, el flujo biótico de las especies de fauna que los utilizaban como hábitats para el resguardo, la alimentación o la reproducción, se reduce debilitando su capacidad reproductiva y presionando procesos de extinción local.

3. Materiales y Métodos

3.1. Área de estudio

El caño Iracá nace en el piedemonte y recorre 89 kilómetros en dirección sur a través de los municipios de San Martín, Granada y Fuente de Oro hasta desembocar en río Ariari en la cabecera municipal de Puerto Lleras (Figura 1). La cuenca del caño Iracá abarca aproximadamente 41500 hectáreas acotadas entre los 200 y 500 msnm; el clima predominante es cálido húmedo con una temperatura promedio de 28° C y un régimen bimodal de precipitación que promedia 3500 mm y llega a superar los 4200 mm. Gracias a las lluvias frecuentes, los suelos de la cuenca reciben el aporte de una profusa red hídrica que acarrea sedimentos ricos en nutrientes



desde la base de la montaña, lo que permite que la productividad de los proyectos agrícolas y ganaderos sea relativamente alta en comparación con lo que se implementan en las llanuras abiertas que se sitúan más lejos del piedemonte.

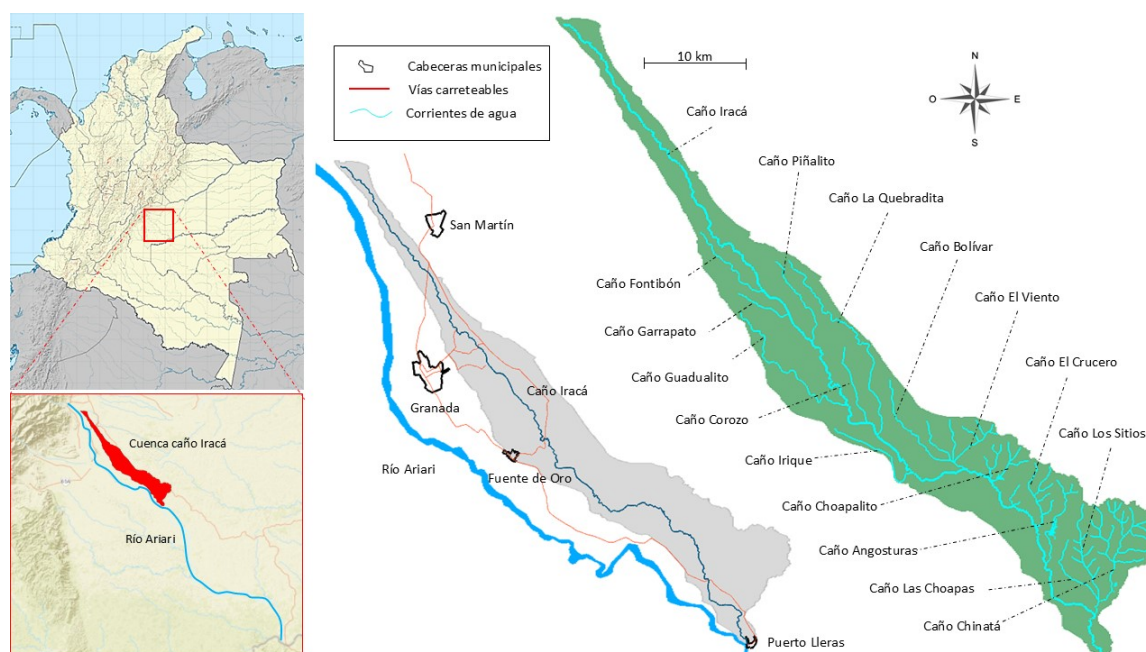


Figura 1. Cuenca del caño Iracá, principal tributario del río Ariari en el piedemonte llanero colombiano.

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía ([Instituto Geográfico Agustín Codazzi \[IGAC\], 2021](#)).

La cuenca del caño Iracá puede dividirse en tres porciones: la cuenca alta, que se extiende desde el nacimiento del caño hasta su paso por la cabecera municipal de Granada; la cuenca media, que se delimita desde Granada hasta la afluencia del caño La Quebradita, y la cuenca baja que se extiende desde esta confluencia hasta la desembocadura en el río Ariari. La cuenca alta conforma un corredor de unos 3 km de ancho ocupado principalmente por pastizales destinados a la ganadería; en este trayecto nace el caño Iracá y se abastece de afloramientos hídricos propios de los morichales cuando aún no recibe la afluencia de ninguna corriente importante. En la cuenca media el corredor se ensancha por terrenos donde los pastizales alternan con extensos cultivos de palma africana; en este segmento el caño Iracá recibe desde el norte la afluencia de los caños Fontibón, Garrapato, Piñalito, Guadualito, Corozo, Irique y La Quebradita. La cuenca baja abarca por el sur un plano bajo que es aprovechado para la agricultura, con escasos parches de lotes ganaderos y cultivos de palma, mientras que por el oriente los usos del suelo se ven limitados por la presencia de lomeríos estructurales que quiebran el relieve en una pequeña serranía desde donde bajan los caños Bolívar, El Viento, El Crucero, Chopalito, Angosturas, Los Sitios, Choapas y Chinatá, para engrosar el cauce del caño Iracá antes de proyectarse a su desembocadura.

3.2. Metodología

3.2.1. Visitas de campo

En agosto y diciembre de 2023, y abril y septiembre de 2024, se hicieron visitas de campo de entre 3 y 5 días de duración con recorridos desde la cabecera de la cuenca por los afluentes menores hasta las bocas del Iracá sobre el río Ariari. En las porciones alta y media de la cuenca se llevó a cabo un reconocimiento fotográfico de los corredores boscosos de los caños Iracá, Fontibón, Garrapato, Piñalito, Guadualito, Corozo, Irique y La Quebradita. En la cuenca baja se hizo un seguimiento fotográfico por las riberas del caño Iracá hasta la desembocadura acopiando información fotográfica de los caños Bolívar, El Viento, El Crucero, Choapalito,

Angosturas, Los Sitios, Choapas y Chinatá como principales afluentes. En cada recorrido se registraron las brechas que interrumpen los corredores de bosque de galería y se hicieron mediciones de estas brechas con ayuda de GPS Garmin etrex.

3.2.2. Cartografía de las unidades de paisaje

Para poder desarrollar el análisis de afectación a las coberturas boscosas en la cuenca, se realizó una zonificación de unidades de paisaje en las categorías de ecosistemas naturales y usos del suelo, con base en el análisis de imágenes LANDSAT 8 de los años 2023 y 2024. En la categoría de ecosistemas naturales se definieron bosques de galería, lomeríos estructurales, morichales y humedales, además del trazado de los cauces de los sistemas de drenaje, mientras que en la categoría de usos del suelo se reconocieron pastizales para ganadería, cultivos agroalimentarios de arroz y plátano y cultivos industriales de palma de aceite. A partir de los análisis satelitales se levantaron las correspondientes capas temáticas con los programas ArcGis y Google Earth y se trazaron mapas sobre el paisaje de la cuenca cotejando la información obtenida con los mapas de la plataforma MAPBIOMAS.

3.2.3. Análisis de fragmentación y pérdidas de conectividad.

Durante la fase de campo se registró el número de brechas en las formaciones de bosque para conocer su grado de fragmentación y luego se corroboró su dimensión real con ayuda de los análisis de imágenes satelitales; de esta manera se pudo determinar el número y magnitud de las pérdidas de conectividad en todos los corredores de bosque de galería de la cuenca. Posteriormente se realizó un orden jerárquico de las brechas de cada corredor en función del tamaño en metros para conocer la magnitud del impacto antrópico y relacionarlo con los usos del suelo en los sitios puntuales de la cuenca alta, media y baja.

4. Resultados

4.1. Unidades de paisaje y zonificación de la cuenca

En la (Figura 2) se pueden observar imágenes de los usos del suelo y ecosistemas naturales en la cuenca del caño Iracá. Los usos del suelo predominantes corresponden a fincas habilitadas para ganadería y cultivos agrícolas, así como predios destinados a la expansión de cultivos de palma africana. Por otra parte, entre los ecosistemas naturales se destacan las coberturas de bosques de galería, seguidas por los morichales cuyo importante papel ecosistémico permite mantener los caudales de la red hídrica durante todo el año.



Figura 2. Usos del suelo y coberturas naturales en la cuenca del caño Iracá. a. Pastizales para ganadería, el uso del suelo más generalizado en toda la cuenca. b. Cultivos alimentarios de plátano en la margen norte del caño Iracá, c. Plantaciones de palma africana cuya mayor área se extiende en la cuenca media. d. Morichales localizados en torno a los cuerpos acuáticos de la cuenca alta. e. Bosque de galería del caño Iracá cerca del municipio de Fuente de Oro. f. Cauce del caño Iracá cerca de su desembocadura.

Fuente: Elaboración propia.



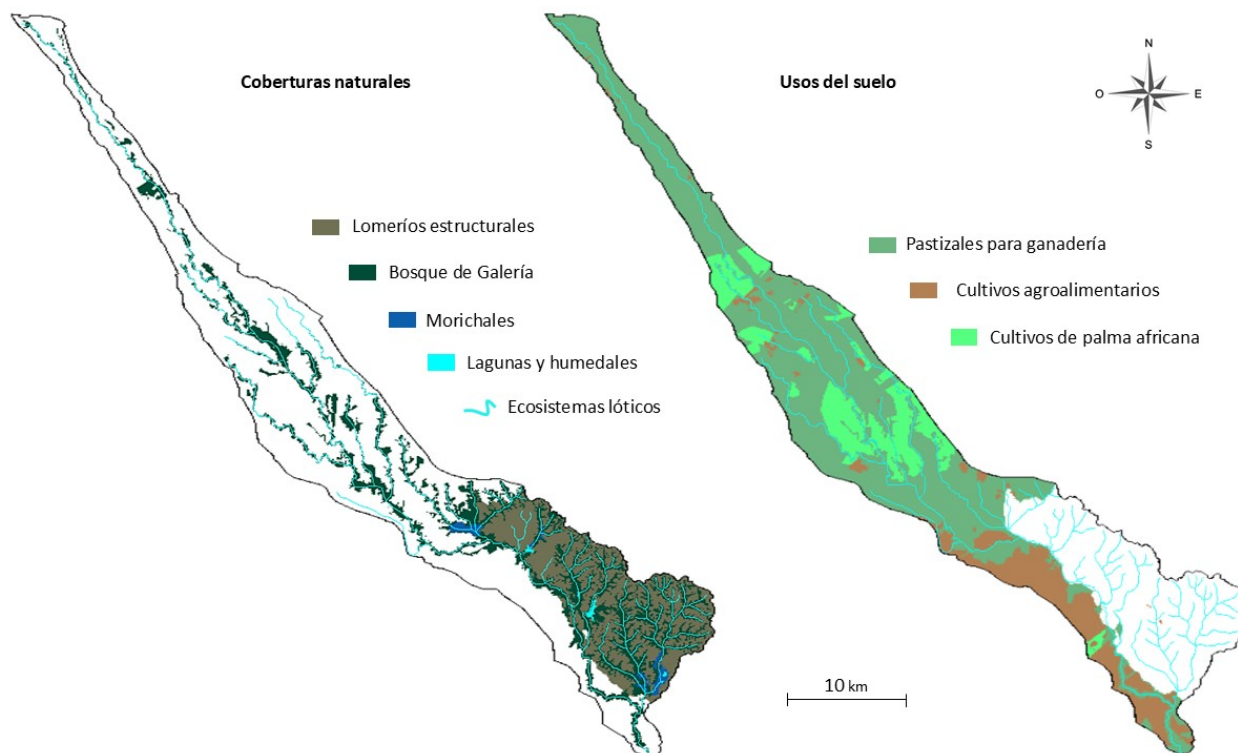


Figura 3. Unidades de paisaje en la cuenca del caño Iracá. A la izquierda se observa la distribución geográfica de los ecosistemas naturales mientras que a la derecha se resaltan los diferentes usos del suelo.

Fuente: Elaboración propia con base en imágenes LANDSAT, 2023 de [Google Earth \(s.f.\)](#).

En cuanto a la zonificación de unidades de paisaje, la (Figura 3) muestra el levantamiento cartográfico que presenta la ubicación y extensión de cada una de las categorías registradas dentro de la cuenca. Como se puede observar, las coberturas forestales se distribuyen en un entramado de corredores de bosque de galería que siguen el trazado de los cursos de agua. Se considera que estas líneas forestales que todavía prevalecen son apenas remanentes de lo que fueron coberturas ininterrumpidas de bosques densos húmedos y superhúmedos y de asociaciones de bosques de lauráceas. Las coberturas originales de sabanas también han sido históricamente desplazadas por pastizales adaptados para la ganadería y espacios abiertos de cultivos. En resumen, el balance de unidades de paisaje muestra la predominancia de espacios transformados por las actividades humanas sobre aquellas coberturas de ecosistemas originales propios del piedemonte.

4.2. Análisis sectorial de la ocupación del suelo.

De acuerdo con la zonificación ambiental y el análisis de ocupación del suelo de la cuenca, se puede verificar que los bosques son los ecosistemas naturales más representativos, seguidos por los morichales, los humedales y los caños como sistemas lóticos. En cuanto a ecosistemas transformados, los usos agrícolas y pecuarios del suelo muestran un evidente predominio frente a los ecosistemas naturales, pero las proporciones con las que se relacionan entre sí en cuanto a área ocupada, varía en las porciones alta, media y baja de la cuenca. Es necesario acotar, además, que las presiones impuestas por el avance de actividades antrópicas se han venido traduciendo en fragmentaciones localizadas del bosque de galería (Figura 4).

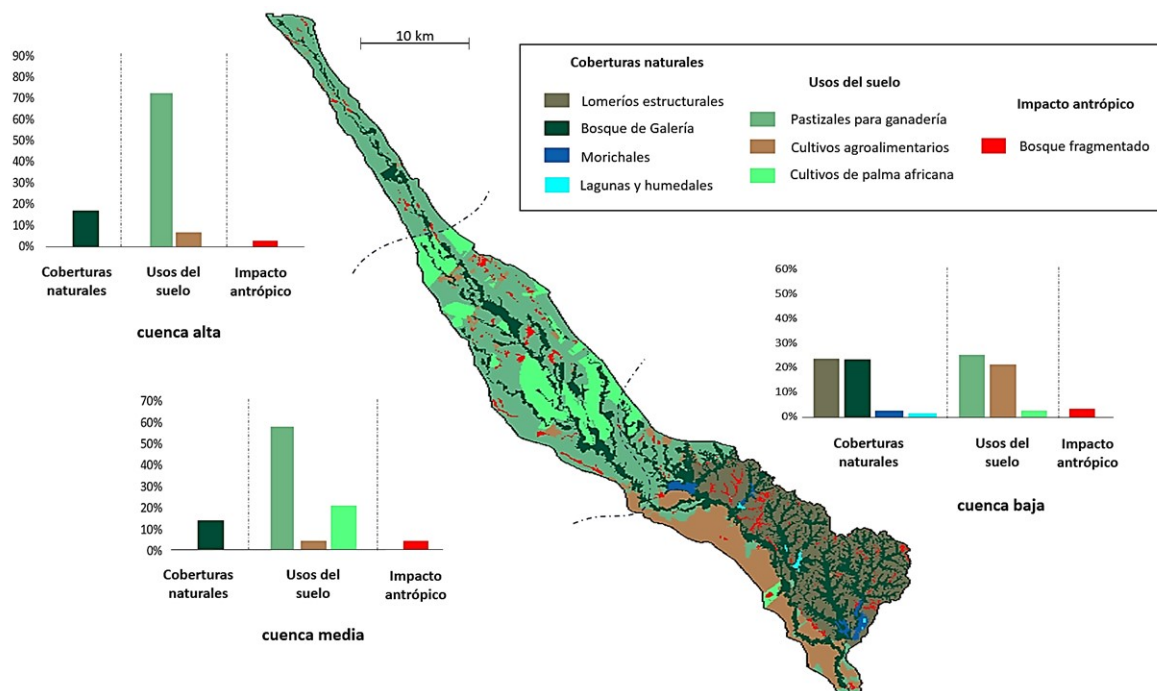


Figura 4. Distribución porcentual de la ocupación del suelo en las porciones alta, media y baja de la cuenca del caño Iracá. Las líneas punteadas denotan los sitios de delimitación entre cada tramo.

Fuente: Elaboración propia con base en imágenes LANDSAT, 2023 de Google Earth (s.f.).

De las 4511 hectáreas que ocupa la cuenca alta, los bosques de galería ocupan el 16 % y se distribuyen casi exclusivamente en torno al curso principal del caño Iracá, que en este tramo no recibe afluentes importantes. Los morichales, los guaduales y las sabanas arboladas complementan la representatividad de ecosistemas naturales; sin embargo, aunque su presencia no es significativa en extensión, si es importante por cuanto aportan al mantenimiento funcional de los afloramientos y manantiales que dan origen a la red hídrica. En cuanto a los usos del suelo, en este tramo de la cuenca predomina la actividad ganadera en un 74 %, mientras que la actividad agrícola, representada en cultivos varios ocupa un 5 %; cabe mencionar que estas actividades han generado fragmentaciones puntuales de los bosques de galería con un área estimada de 91 hectáreas.

En la cuenca media, que se extiende por 16594 hectáreas, los bosques de galería abarcan el 12 % del área y se distribuyen de manera más o menos equitativa por las márgenes de los caños Fontibón, Garrapato, Piñalito, Guadualito, Corozo, Irique y La Quebradita. No obstante, las coberturas boscosas se ven interrumpidas cada tanto por brechas que dejan fragmentos de bosques que totalizan más de 453 hectáreas. En cuanto a los usos del suelo, los pastizales para ganadería ocupan un 58 % del terreno, los cultivos alimentarios un 5 %, mientras que un significativo 20 % se ve representado en cultivos extensivos de palma africana, que no habían aparecido en la cuenca alta. Es importante resaltar que, en esta porción de la cuenca, es donde más se ha generado el desarrollo expansivo de monocultivos de palma con una estimado de 3816 hectáreas cultivadas, principalmente en las áreas de influencia de los municipios Granada y Fuente de Oro.

Por contraste, en el curso bajo del caño Iracá no se identifica un desarrollo creciente de cultivos de palma por dos razones importantes; la primera es que en esta región se extienden por el norte una pequeña serranía cuya topografía escarpada y accidentada impide la expansión agrícola y ganadera mientras que al sur se despliega el plano inundable del río Ariari, que desde hace más de un siglo ha sido un área de inundación periódica propicia para la expansión de arrozales. La cobertura boscosa es mucho más heterogénea que en el resto de la cuenca debido a que los cauces de los caños Bolívar, El Viento, El Crucero, Choapalito, Angosturas, Los Sitios, Choapas y Chinatá forman una intrincada red laberíntica que se distribuye por entre las disecciones de la pendiente de la sierra y favorece la proliferación de morichales, humedales y lagunas. En resumen, el



balance de coberturas muestra una distribución casi equitativa de lomeríos (22 %), bosques (20%), pastizales ganaderos (23 %), arrozales y otros cultivos alimentarios (19 %), mientras que un 5 % del terreno está ocupado por fragmentos de bosques que suman unas 753 hectáreas.

4.3. Impacto antrópico, fragmentación y pérdidas de conectividad en los corredores *boscosos*

La (Figura 5) corresponde a la representación cartográfica de los impactos que las actividades productivas han venido causando tanto en la integridad de los bosques como en la conectividad de los corredores forestales y fluviales de la cuenca. Como se puede observar, las coberturas de bosques han experimentado un régimen considerable de intervención antrópica proveniente de las prácticas agrícolas y ganaderas; como consecuencia, el patrón de cobertura boscosa muestra un sinnúmero de islas de bosque de distinta dimensión que han quedado permanentemente desconectadas de la matriz forestal principal. El número y tamaño de los fragmentos varía en diversas localizaciones según la proximidad de cultivos, potreros o plantaciones, pero es indudable que la tendencia de fragmentación ya ha afectado grandes porciones de la cubierta vegetal, principalmente en la cuenca media en donde el 21 % del bosque original se ha fragmentado, mientras que los bosques de las porciones alta y baja coinciden en un nivel de fragmentación del 14 %.

La distancia entre los fragmentos forestales determina el grado de afectación que sufre la fauna en cuanto a utilizar los bosques de galería como corredores para el flujo de especies autóctonas. Por esta razón, cuando la separación entre los fragmentos y la matriz es de unos pocos metros el impacto sobre la movilidad de la fauna no es tan severo como cuando los fragmentos han quedado separados por brechas de cientos o miles de metros. El tamaño de las brechas de separación se relaciona de una manera directa con la movilidad de la fauna que usa el bosque como su hábitat de desplazamiento o resguardo, por lo tanto, en la medida que las brechas se amplían se genera una pérdida de conectividad, no solo en términos de estructura boscosa, sino también de funcionalidad ecológica. En la (Figura 5a) los círculos amarillos representan el diámetro de las brechas desprovistas de bosque en donde, a causa de la fragmentación hoy se pueden detectar pérdidas de conectividad estructural y/o funcional de los corredores boscosos. Nótese que la porción más afectada por pérdidas de conectividad corresponde a la cuenca media en donde varias brechas llegan a alcanzar más de mil metros de diámetro, espacios que estaban ocupados originalmente por bosques y que han venido siendo paulatinamente sustituidos, por potreros, cultivos o construcciones.

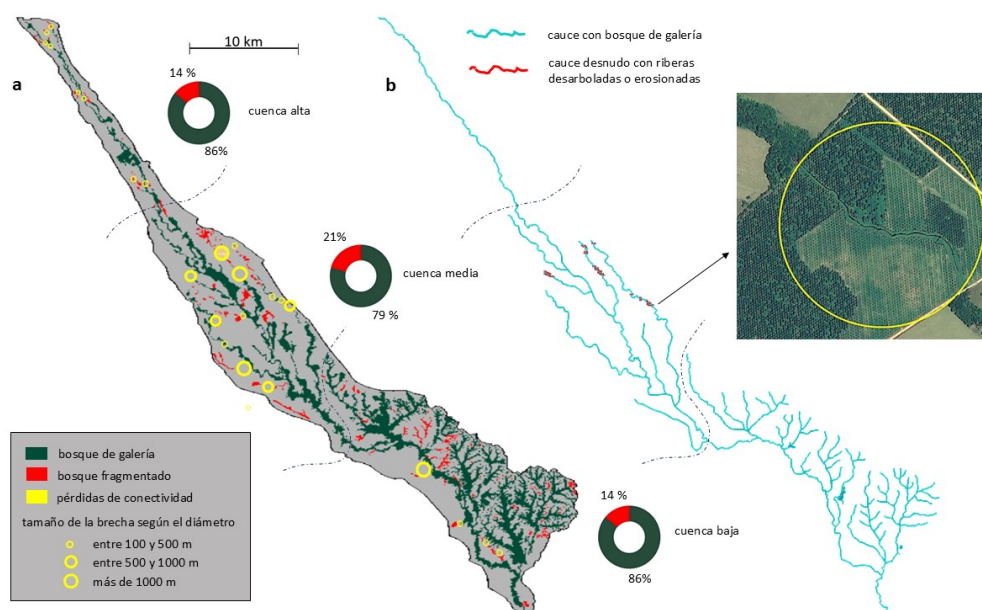


Figura 5. Impacto antrópico en la cuenca del caño Iracá. a, Fragmentación y pérdidas de conectividad en el bosque de galería, b. Tramos de la red hídrica que han experimentado pérdida del bosque marginal.

Fuente: Elaboración propia con base en imágenes LANDSAT, 2023 de [Google Earth \(s.f.\)](#).

En la (Figura 5b) se puede observar la red de drenaje mostrando en rojo los segmentos en donde los caños han perdido el bosque marginal dejando expuesto el cauce en riberas totalmente despejadas. Los tramos críticos de desaparición del bosque ribereño se encuentran principalmente en la cuenca media sobre las márgenes de los caños La Quebradita, Piñalito y Garrapato, cada uno de los cuales presenta uno o varios tramos deforestados en longitudes que van desde los 170 hasta los 1400 metros (ver Tabla 1). Como se puede deducir, las pérdidas de conectividad no afectan solo a las coberturas boscosas y su fauna característica sino también a los hábitats y a la fauna acuática; es por ello que se hace necesario determinar los agentes causales de estas afectaciones y sus posibles consecuencias sobre el funcionamiento integrado de los ecosistemas de la cuenca, como se verá a continuación.

5. Discusión de resultados

5.1. Fragmentación de las coberturas boscosas

Los bosques que bordean el caño Iracá muestran un nivel considerable de fragmentación en las diversas secciones de su recorrido. En la cuenca alta las márgenes del caño presentan 19 fragmentos boscosos que suman 91,7 hectáreas, en el curso medio se presentan 4 grandes fragmentos que abarcan 62,4 hectáreas y en el curso bajo ya muestra 166,4 hectáreas de bosque fragmentado en 23 parches (Tabla 1). A pesar de que aguas abajo el bosque del caño Iracá acumula un mayor número de fragmentos, en el curso alto el impacto de la fragmentación resulta crítico si se tiene en cuenta que, ante la carencia de tributarios, el abastecimiento hídrico de toda la red de drenaje depende casi exclusivamente del mantenimiento del caudal y de los afloramientos hídricos de los morichales.

En general, la fragmentación del bosque de galería se presenta con mayor intensidad a la altura de la cuenca media donde el caño Iracá recibe el aporte hídrico de varios tributarios: los caños más afectados por fragmentación de sus bosques son el Guadualito con 10 fragmentos que abarcan 94,6 hectáreas, el Piñalito con 12 fragmentos que cubren 63,5 hectáreas y La Quebradita con un área de bosque fragmentado de 49,6 hectáreas distribuida en 10 fragmentos (Tabla 1). Aunque el resto de caños de esta parte del drenaje, presentan un menor grado de fragmentación, este hallazgo no se puede interpretar como un signo inequívoco de calidad e integridad de los ecosistemas forestales y/o acuáticos, puesto que otras variables que puedan mostrar indicios de afectaciones, como la amplitud y anchura de los corredores forestales, la calidad fisicoquímica del agua, o la estructura de las comunidades faunísticas son factores que no han sido incluidos en el análisis de este artículo.

En la cuenca baja, los caños Chinatá y Bolívar son los tributarios que presentan las coberturas boscosas con mayor grado de fragmentación en áreas que abarcan 106.5 y 68.8 hectáreas respectivamente. Se puede observar que en estos caños el grado de fragmentación es mayor en función de la expansión de pastizales para ganadería en las llanuras y de la intención de colonización con nuevos asentamientos en la parte sur oriental de la cuenca. Comparativamente, el resto de las corrientes del drenaje de la cuenca baja exhiben un menor grado de fragmentación, lo que se relaciona directamente con que en este tramo la ocupación de los lomeríos estructurales ha impedido la expansión de usos agrícolas o ganaderos que implique la intervención del bosque ya sea por fragmentación o deforestación.



Tabla 1. Niveles de fragmentación y pérdidas de conectividad en los corredores ecológicos de la cuenca del caño Iracá.

Nivel de la cuenca	Caño	Área total de bosque fragmentado (hectáreas)	Número de fragmentos	Pérdidas de conectividad (número de brechas y diámetro promedio)	Tramos del cauce sin bosque marginal (número de tramos y extensión total en metros)
Cuenca alta	Iracá	91,7	19	8 (508 metros)	0
Cuenca media	Iracá	62,4	4	0	0
	Fontibón	0	0	0	0
	Garrapato	43,5	8	1 (1012 metros)	1 (1012 metros)
	Guadualito	94,6	10	4 (602 metros)	0
	Irique	54,3	1	--	--
	Piñalito	63,5	12	2 (1245 metros)	3 (2214 metros)
	La Quebradita	49,6	10	4 (560 metros)	4 (1332 metros)
	Corozo	1,3	1	0	0
Cuenca Baja	Iracá	166,4	23	4 (547 metros)	0
	Bolívar	68,8	11	0	0
	El Viento	9,43	15	0	0
	Choapalito	47,9	11	0	0
	El Crucero	12,3	13	0	0
	Angosturas	10,2	6	0	0
	Los Sitios	17,6	11	0	0
	Las Choapas	0	0	0	0
	Chinatá	106,5	22	0	0

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Pérdidas de conectividad en los corredores forestales y fluviales

Las brechas practicadas en los bosques han causado interrupciones de diferente dimensión en los corredores forestales de toda la cuenca como se aprecia en la (Figura 5a). Si bien, en las cabeceras del caño Iracá ya se presentan pérdidas de la continuidad boscosa en 8 brechas que suman más de 800 metros de longitud, el tramo en el que se registran mayores pérdidas de conectividad corresponde a la cuenca media en donde el bosque marginal de cada corriente acuática presenta entre 1 y 8 brechas que promedian más de un kilómetro de apertura.

A la altura de la cuenca media, el tamaño de las brechas que fragmentan los bosques varía entre cada curso acuático, como respuesta al régimen de usos de suelo que se registra en sus inmediaciones. Es así como en los caños Guadualito y Piñalito las pérdidas de conectividad se presentan al transcurrir en medio de extensos lotes de pastoreo lo que evidencia una fuerte intervención de la actividad ganadera sobre sus bosques riparios. Por contraste, los caños La Quebradita y Garrapato atraviesan grandes extensiones de cultivos de palma aceitera que es en donde se registran las mayores brechas entre fragmentos boscosos con las consiguientes pérdidas de conectividad en los corredores forestales. El número y dimensión de las brechas practicadas en cada caño se pueden consultar en la Tabla 1.

En lo que respecta a la pérdida de bosque ribereño (Figura 5b), los caños Piñalito, La Quebradita y Garrapato, muestran porciones de cauce completamente desnudos y desprovistos de vegetación bajo la influencia de agentes antrópicos de diferente naturaleza, pues como ya se discutió, el primero de ellos transcurre por entre pasturas y potreros mientras que el segundo lo hace por entre cultivos de palma, en tanto que el cauce del caño Garrapato sigue un trazado que atraviesa tanto pasturas como plantaciones palmeras. En cualquier caso, las porciones deforestadas llegan a distribuirse en tramos de más de un kilómetro lo que expone el cauce de las corrientes a una dinámica ecológica totalmente alterada como se discutirá en el siguiente apartado.

5.3. Afectaciones a la funcionalidad ecológica de la cuenca

El primer impacto ecológico de la fragmentación de coberturas boscosas es el aislamiento paulatino de



elementos faunísticos que solo pueden continuar desplazándose por la matriz arbolada siempre que las brechas no se hayan ampliado hasta causar una pérdida de conectividad entre los parches arbolados remanentes. La habilidad de la fauna para utilizar los bosques como corredores de paso, resguardo o alimentación, se ve fortalecida o impedida según el bosque circundante se vea conservado o sometido a impactos antrópicos considerables; por tal motivo, la protección de los corredores forestales resulta crucial para el mantenimiento de la biodiversidad regional. En la cuenca media del caño Iracá la fragmentación y las pérdidas de conectividad ponen en serio riesgo el flujo biótico porque la capacidad de las especies para desplazarse se ve limitada y a veces debilitada ya que los individuos aislados no se aventuran a atravesar espacios abiertos o desprovistos de vegetación por temor a la depredación (Briceño-Vanegas, 2023). Es propio destacar que esta reducción en la efectividad del flujo biótico amenaza con la desaparición parcial o definitiva de las especies más vulnerables pues la primera función ecológica que se afecta en las comunidades aisladas es la reproducción (MacArthur y Wilson, 1967).

Cuando los bosques adoptan formaciones lineales existen métricas del paisaje que contribuyen a determinar si el flujo biótico se potencia o se ralentiza en estos corredores naturales (Briceño-Vanegas y Gallego-Herrera, 2023), de modo que además de las pérdidas de conectividad otro factor que es necesario evaluar a futuro en los bosques riparios de la cuenca del Iracá es el ancho efectivo de los corredores forestales (Spackman y Hughes, 1995; Noss, 1993; Mwalyosi, 1991), pues en estudios precedentes se ha demostrado que cuando la amplitud del corredor se reduce a una anchura crítica las especies de fauna asumen estrategias diversas para intentar sostener el flujo biótico, utilizando incluso los setos o cercas vivas para rodear las brechas de desconexión (Forman, 1995; Forman y Baudry, 1984).

Las pérdidas de conectividad que se presentan tanto en los corredores forestales como fluviales no solo afectan el caudal reproductivo de la biota sino que también afectan los intercambios de materiales y energía que se presentan en la interfase agua-suelo de toda la cuenca (Gonçalves Jr y Callisto, 2013). Es así como el flujo abiótico no solo constituye una vía de reciclaje de elementos incorporados a los procesos ecológicos, sino que en muchos casos estos elementos son en sí mismos recursos directos que utiliza la biota; tal es el caso del aporte alóctono que los bosques riparios hacen a los caudales de los caños, y que se representa en restos maderables (Cadot y Wohl, 2010), semillas, ramas, frutos, insectos y toda clase de detritos orgánicos indispensables para el sostenimiento de las redes tróficas, así en el agua como en el suelo y en las cubiertas boscosas.

En aquellas porciones de los caños Iracá, Garrapato, Guadualito, Piñalito y La Quebradita donde se ha perdido el bosque de galería se presentan cambios ambientales severos que interfieren o alteran los procesos ecológicos en los ecosistemas acuáticos. Por ello, las pérdidas de conectividad son igual de impactantes tanto en el agua como en los bosques, ya que, aunque las corrientes conserven su caudal la pérdida del efecto de sombra y de los aportes tróficos provenientes de los bosques genera alteraciones irreversibles en la estructura de las comunidades acuáticas. En estudios anteriores se ha evidenciado, por ejemplo, que en los tramos fluviales donde se ha perdido el bosque marginal la incidencia directa de la radiación solar sobre el curso de las corrientes puede llegar a alterar la estructura trófica de las comunidades de peces (Briceño-Vanegas, 2015). No obstante, es necesario aclarar que, si los ecosistemas afectados aún conservan su resiliencia, es posible recuperar la funcionalidad ecológica de la cuenca mediante programas de restauración de las riberas deforestadas. (Bega et al., 2024)

Aunque, en general, la cuenca del caño Iracá aún mantiene un nivel aceptable de conectividad entre los corredores ecológicos, existen tres factores críticos que han causado un impacto considerable sobre los caños y sus bosques anexos. El primero es la expansión urbana de Granada y Fuente de Oro como se demuestra en el hecho de que antiguos caños que drenaban al Iracá desde la proximidad de estas cabeceras municipales han quedado reducidos a pequeños canales con apenas unos cuantos fragmentos de bosque a su alrededor. El segundo factor consiste en la proliferación de pasturas, principalmente a la altura de la cuenca alta y media, en donde una gran cantidad de lotes ganaderos en expansión han reducido las coberturas de bosques de galería,



morichales y guaduales en varios tramos de las orillas de los caños. El tercer agente de impacto, y quizás el más dramático por la velocidad con la que ha proliferado, toma fuerza en la expansión de las plantaciones de palma africana, lo que ha causado innumerables pérdidas de conectividad en los corredores boscosos y fluviales.

Si bien este régimen de uso del suelo ha tenido su origen desde la colonización histórica de la región (Romero-Ruiz et al., 2012), la rápida expansión de las plantaciones de palma genera una alerta inmediata por cuanto incrementa los indicadores de vulnerabilidad de toda la cuenca. A este respecto, varios autores han debatido en torno a las bondades e impactos de los cultivos de palma no solo sobre los ecosistemas sino aún sobre los asentamientos humanos, argumentando en favor o en contra según los diversos enfoques (Prescott et al., 2016; Castiblanco et al., 2015), pero el balance final de estas controversias arroja un alto nivel de preocupación por los comprobados impactos a los ecosistemas circundantes como se concluyó a partir de este estudio.

Como ya es bien sabido, para lograr la conservación y la conectividad de los ecosistemas regionales es preciso dar prioridad a la protección de los corredores ecológicos a un nivel local (Pineda-Zapata et al., 2024; González-González et al., 2021). En este sentido, a partir de este artículo se propone desarrollar estudios posteriores en torno a la estructura y funcionalidad de los corredores fluviales en la cuenca del Iracá, a la integridad ecológica de sus comunidades terrestres y acuáticas, y a la resiliencia de las formaciones boscosas, para poder ser integrados en el análisis multi escala de vulnerabilidad de la cuenca, herramienta que sería determinante para proponer planes de gestión como se ha demostrado en otros trabajos (Alaniz et al., 2022; Zimbresa et al., 2018).

6. Conclusiones

En general, los bosques de la cuenca del Iracá aún conforman una red más o menos continua de corredores que siguen el trazado del caño principal y de sus tributarios. Sin embargo, estos corredores han recibido impactos antrópicos de diferente dimensión e intensidad en función de su proximidad a las actividades extensivas y productivas. Los tres factores causantes de la fragmentación y de las pérdidas de conectividad son en su orden de importancia: el avance extensivo de las plantaciones de palma africana, la proliferación de pasturas para ganadería y la expansión urbana. Por su parte, la actividad agrícola con propósitos alimentarios no mostró ser un factor de impacto a las coberturas boscosas, por lo menos en el momento actual, ya que la mayoría de cultivos extensivos como los arrozales, se han extendido históricamente en los planos aluviales del suroccidente de la cuenca cerca de la desembocadura del caño Iracá en el río Ariari.

Los puntos críticos de afectación a la red de corredores forestales y fluviales de la cuenca son en su orden: 1. El curso alto del caño Iracá, en donde las interrupciones en el bosque de galería han causado la separación de los morichales y los guaduales de la cubierta boscosa principal. 2. Los cursos altos de los caños La Quebradita y Garrapato, que muestran cortes de conectividad severos, principalmente en aquellos tramos que atraviesan plantaciones de palma. 3. Los caños Piñalito y Guadualito, afectados por pasturas extensivas muy cerca al lugar de su nacimiento. Las brechas de desconexión entre fragmentos boscosos promedian unos 600 metros de diámetro, pero hay casos en los que superan los mil metros e incluso largos tramos en los que los caños se encuentran desnudos, totalmente desprovistos de vegetación marginal. El balance final muestra una acumulación de impactos por fragmentación y desconexión, sobre todo en el medio Iracá, lo que no solamente expone los bosques a los problemas de funcionalidad ecológica discutidos en el apartado anterior, sino que pone en riesgo la interconexión entre afloramientos hídricos que es crucial para el mantenimiento de la hidrología global de toda la cuenca.

Es propósito futuro complementar este trabajo con un análisis multi escala de vulnerabilidad de la cuenca, lo que implica llevar a cabo una caracterización ecológica de la estructura y función de las comunidades existentes tanto en los ecosistemas terrestres como en los acuáticos, para determinar una

prospectiva del escenario de afectaciones futuras por el uso del suelo. En cuanto al enfoque desde la ecología del paisaje, los análisis que se muestran en este artículo también fueron complementados con la medición de las correspondientes métricas de los corredores forestales y fluviales, información que se incluirá en una publicación posterior, ya que por su volumen es imposible de incluir en este artículo.

Referencias bibliográficas

- Alaniz, A. J., Smith-Ramírez, C., Rendón-Funes, A., Hidalgo-Corrotea, C., Carvajal, M. A., Vergara, P. M. & Fuentes, N. (2022). Multiscale spatial analysis of headwater vulnerability in South-Central Chile reveals a high threat due to deforestation and climate change. *Science of The Total Environment*, 849, 157930. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157930>
- Bega, J. M., Saltarelli, W. A., Gücker, B., Boëchat, I. G., Finkler, N. R. & Cunha, D. G. (2024). Effects of riparian vegetation restoration and environmental context on ecosystem functioning in tropical streams of southeastern Brazil. *Science of The Total Environment*, 948, 174906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174906>
- Briceño-Vanegas, G. A. (2015). Evolución de la integridad estructural de ecosistemas lóticos del piedemonte llanero frente a la intervención antrópica. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 133-144. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.42307>.
- Briceño-Vanegas, G. A. (2023). *Ecología, conceptos y aplicaciones para Latinoamérica*. Alphaeditorial.
- Briceño-Vanegas, G. A. y Gallego-Herrera, C. (2023). Ecological Functionality of Forest and Stream Corridors in an Area of the Plains Piedmont in Casanare. *Acta Biológica Colombiana*, 28(3), 475-485. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n3.99160>
- Cadol, D. y Wohl, E. (2010). Wood retention and transport in tropical, headwater streams, La Selva Biological Station, Costa Rica. *Geomorphology*, 123(1-2), 61-73. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.015>
- Castiblanco, C., Etter, A. & Ramirez, A. (2015). Impacts of oil palm expansion in Colombia: What do socioeconomic indicators show? *Land Use Policy*, 44, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.007>
- Forman, R. T. T. y Baudry, J. (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental management*, (8), 495-510. <https://doi.org/10.1007/BF01871575>
- Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107050327>.
- Gonçalves Jr, J. F. y Callisto, M. (2013). Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brasil. *Aquatic Botany*, 109, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.03.005>
- González-González, A., Villegas, J. C., Clerici, N. & Salazar, J. F. (2021). Spatial-temporal dynamics of deforestation and its drivers indicate need for locally-adapted environmental governance in Colombia. *Ecological Indicators*, 126, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107695>
- Google Earth (s.f.). [Imagen LANDSAT 8 del piedemonte llanero del Departamento del Meta, Colombia]. Recuperado 14 de septiembre de 2023, de <https://www.google.com/earth/versions/#earth-pro>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2021). *Cartografía base de Colombia*. <https://geoportal.igac.gov.co>
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). *The theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- Mwalyosi, R. B. (1991). Ecological evaluation for wildlife corridor and buffer zones for lake Manyara National Park, Tanzania and its immediate environment. *Biological Conservation*, 57(2), 171-186. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(91\)90137-X](https://doi.org/10.1016/0006-3207(91)90137-X)



- Noss, R. (1993). Wildlife corridors. En D. S. Smith and P. C. Hellmund (Eds.), *Ecology of Greenways: Design and Function of Linear Conservation Areas*. University of Minnesota Press.
- Pineda-Zapata, S., González-Ávila, S., Armenteras, D., González-Delgado, T. M. & Morán-Ordoñez, A. (2024). Mapping the way: identifying priority potential corridors for protected areas connectivity in Colombia. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 22(2), 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.02.003>
- Prescott, G. W., Gilroy, J. J., Haugaasen, T., Uribe, C. A. M., Foster, W. A. & Edwards, D. P. (2016). Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biological Conservation*, 197, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.013>
- Romero-Ruiz, M. H., Flantua, S. G. A., Tansey, K. & Berrio, J. C. (2012). Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography*, 32(2), 766-776. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.010>
- Spackman, S. C. y Hughes, J. W. (1995). Assessment of minimum stream corridor width for biological conservation: species richness and distribution along mid order streams in Vermont, USA. *Biological Conservation*, 71(3), 325-332. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00055-U](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00055-U)
- Van Ausdal, S. (2009). Pasture, profit, and power: an environmental history of cattle ranching in colombia, 1850-1950. *Historia Crítica*. (39), 126-149. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-16172009000400008
- Zimbresa, B., Machadoa, R. & Peres, C. (2018). Anthropogenic drivers of headwater and riparian forest loss and degradation in a highly fragmented southern Amazonian landscape. *Land Use Policy*, 72, 354-363. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.062>