

## Corredores biológicos en Costa Rica: metodología para el monitoreo de la estructura del paisaje y su conectividad

Biological corridors in Costa Rica: methodology for monitoring landscape structure and connectivity

Corredores biológicos na Costa Rica: metodologia para monitoramento da estrutura da paisagem e sua conectividade

*Luis Fernando Sandoval Murillo<sup>1,2</sup>*  
*Universidad Nacional (UNA)*

*Carlos Morera Beita<sup>3</sup>*  
*Universidad Nacional (UNA)*



### Resumen

En las últimas décadas, el cambio global ha acelerado el deterioro ambiental, y ha generado un desequilibrio en la relación sociedad-naturaleza, lo cual justifica la relevancia de la conservación ecológica. Uno de los efectos de este deterioro es la fragmentación de los ecosistemas naturales, lo que ha llevado al establecimiento de espacios de conectividad conocidos como corredores biológicos (CB). En Costa Rica, estos son una estrategia para restablecer la conectividad entre áreas silvestres protegidas, hasta alcanzar los 53 CB que cubren el 38 % del territorio para el 2023. A pesar de su abundancia, escasas investigaciones aborden su eficiencia, al considerarlos clave para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, además de mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la resiliencia de los ecosistemas desde la perspectiva de los objetivos de desarrollo sostenible. Este artículo propone una metodología para evaluar la fragmentación y conectividad desde la ecología del paisaje

- 1 Doctorado en Ciencia Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional, Universidad Estatal a Distancia.
- 2 Master, Geógrafo, Académico, Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional, Costa Rica. Correo electrónico: [luis.sandoval.murillo@una.cr](mailto:luis.sandoval.murillo@una.cr),  <https://orcid.org/0000-0002-8325-1117>
- 3 Doctor, Geógrafo, Académico Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional, Costa Rica. Correo electrónico: [cmorera@una.cr](mailto:cmorera@una.cr),  <https://orcid.org/0000-0002-4014-6122>

como un proceso de monitoreo de los CB en el país, a partir de seis casos de estudio. Esta metodología no solo permitirá generar datos e identificar áreas de mejora en la gestión de los CB, sino que también constituye un insumo para los comités locales, los cuales son espacios donde la integración social e institucional resultan fundamentales para la consolidación de estas áreas.

**Palabras clave:** corredores biológicos; conservación; conectividad; fragmentación.



#### Abstract

In recent decades, global change has accelerated environmental deterioration, generating an imbalance in the society-nature relationship and justifying the relevance of ecological conservation. One of the effects of this deterioration is the fragmentation of natural ecosystems, which has led to the establishment of connectivity spaces known as biological corridors. In Costa Rica, CBs are a strategy to reestablish connectivity between protected wild areas, reaching 53 CBs covering 38% of the territory by 2023. Despite their abundance, there is little research that addresses their efficiency, considering that they are key to the conservation of biodiversity and the maintenance of ecosystem services, in addition to mitigating the effects of climate change and improving ecosystem resilience from the perspective of the Sustainable Development Goals. This article proposes a methodology to evaluate fragmentation and connectivity from landscape ecology as a process of monitoring CBs in the country, based on six case studies. This methodology will not only allow the generation of data and identify areas for improvement in the management of CBs, but also constitutes an input for local committees, which are spaces where social and institutional integration are essential for the consolidation of these areas.

**Keywords:** Biological corridors; conservation; connectivity; fragmentation.



#### Resumo

Nas últimas décadas, as mudanças globais aceleram a deterioração ambiental e geraram um desequilíbrio na relação sociedade-natureza, o que justifica a relevância da conservação ecológica. Um dos efeitos desta deterioração é a fragmentação dos ecossistemas naturais, o que levou ao estabelecimento de espaços de conectividade conhecidos como corredores biológicos (CB). Na Costa Rica, estas são uma estratégia para restabelecer a conectividade entre áreas selvagens protegidas, até atingir 53 OC que cobrem 38% do território até 2023. Apesar da sua abundância, pouca investigação aborda a sua eficiência, considerando-as fundamentais para a conservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, além de mitigar os efeitos das alterações climáticas e melhorar a resiliência dos ecossistemas na perspectiva dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Este artigo propõe uma metodologia para avaliar a fragmentação e a conectividade da ecologia da paisagem como processo de monitoramento dos OC no país, com base em seis estudos de caso. Esta metodologia não só gerará dados e identificará áreas de melhoria na gestão do OC, mas também constituirá insumo para os comitês locais, que são espaços onde a integração social e institucional é fundamental para a consolidação dessas áreas.

**Palavras-chave:** corredores biológicos; conservação; conectividade; fragmentação.

## Introducción

Durante los últimos años el desarrollo de las actividades humanas ha provocado un desequilibrio en la relación sociedad-naturaleza, producto del deterioro de las condiciones ambientales, lo cual ha justificado el incremento de las preocupaciones por la conservación ecológica. Los problemas ambientales toman mayor relevancia debido a la racionalidad y las desigualdades de los sectores económicos, sociales y ambientales, así como al uso de la tecnología dominante (Leff, 2002; Sánchez, 2019). Esta problemática se agudiza ante los efectos del cambio climático en los ecosistemas y en las áreas protegidas (Botero, 2015). Como resultado de lo anterior, la conservación de los ecosistemas naturales y de su conectividad son los principales desafíos en la planificación del paisaje sobre el territorio (Ersoy, Jorgensen y Warren, 2018).

Las áreas silvestres protegidas del país cubren el 26 % de la superficie y, de acuerdo con la legislación, se clasifican en las siguientes categorías: parques nacionales, reservas biológicas, refugios de vida silvestre, reservas forestales, humedales y zonas protectoras (Sandoval y Castillo, 2011). Sin embargo, a pesar de la abundancia de áreas protegidas, se presentan un aislamiento que requiere trabajar la conectividad y las condiciones que inciden en el surgimiento de los corredores biológicos (CB), como espacios para el movimiento de especies (flora y fauna) entre las áreas de conservación, en procura de minimizar el aislamiento y el efecto de borde entre las áreas (Worboys, Francis y Lockwood, 2010).

Después de la década de 1990, el país implementó los CB como estrategia de conectividad, en procura de establecer soluciones a los procesos de fragmentación de las coberturas naturales, asociado al acrecentamiento de las actividades antrópicas y al cambio global. Esta estrategia se fortaleció con el establecimiento del Programa del Corredor Biológico Nacional (PNCB), según Decreto Ejecutivo 33106, MINAET para el año 2006. Con base en esta normativa, en la actualidad existen 53 CB oficializados que abarcan un territorio de aproximadamente 19,64 km<sup>2</sup>, lo cual significa un 38 % del territorio nacional (SINAC, 2018). A pesar de su relevancia, los CB no forman parte de las categorías de conservación que administra el SINAC y su potestad se limita a la concertación, fundamentado en que son espacios que incluyen propiedades privadas, donde se procura la conectividad ecológica aunado a esfuerzos de gestión productiva

y de conservación de la sociedad y de instituciones del Estado ([Morera, Sandoval y Alfaro, 2021](#)).

El [Decreto Ejecutivo 40043-MINAE](#), publicado en el 2017, declaró a los CB de interés público y establece la figura de los comités locales como los órganos de articulación y participación establecidos para la gestión de los CB, integrados por representantes del SINAC, otras instituciones gubernamentales, gobiernos locales, organizaciones de base y no gubernamentales, así como del sector productivo y privado.

Contrario de la abundancia de CB en el país, y los diferentes decretos que fortalecen y consolidan su creación, estos presentan limitaciones orientadas a vacíos de información de carácter espacial que dificultan valorar y determinar su grado de fragmentación-conectividad, así como su funcionalidad ecológica ([Calvo-Obando, 2009](#); [Morera y Sandoval, 2018](#); [Reyes, Morera y Reyes, 2017](#)). Al considerar lo indicado anteriormente, este artículo tiene como objetivo establecer una propuesta metodológica para evaluar la conectividad estructural de los CB, desde la ecología del paisaje para su monitoreo a partir de seis casos de estudio; a saber: Monte del Aguacate, Arenal-Tenorio, Colorado-Tortuguero, San Juan La Selva, Fuente de Vida-La Amistad y Talamanca-Caribe.

### **Área de estudio y características generales**

En un contexto general, Costa Rica se ubica en América Central, entre las coordenadas geográficas 8° y 11° latitud norte, -82° y -85° longitud oeste, cuenta con una superficie de 51,100 km<sup>2</sup>, la cual acoge una gran diversidad de especies de flora y fauna característico de la zona intertropical, con el privilegio de poseer el 5 % de la biodiversidad mundial ([Criado y Marín, 2013](#)). El país se caracteriza por una topografía muy irregular y la presencia de regiones climáticas como: la región tropical húmeda del Atlántico, la región Central intermontana y la región tropical del Pacífico, con dos estaciones bien definidas ([IMN, s. f.](#)). El área de estudio corresponde a los CB que se abordan como estudio de caso:

- CB Arenal-Tenorio: establecido en el 2008 en la región de Arenal-Huetar Norte, abarca un área de 34094 ha. Este corredor conecta al Parque Nacional Volcán Arenal con el Parque Nacional Volcán Tenorio.

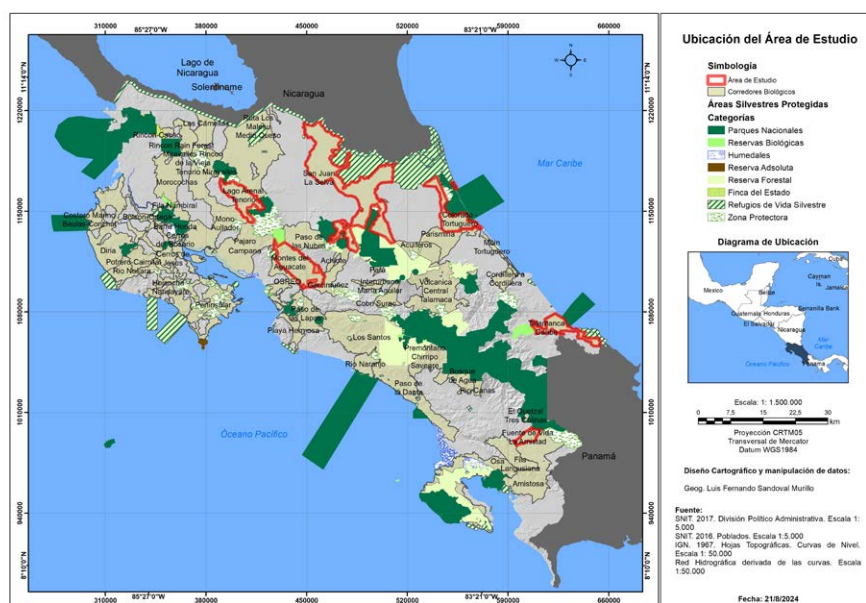
- CB Montes del Aguacate: fue establecido en el 2001 en la Región Central, cubre un área de 552202 ha. Este corredor conecta varias áreas de conservación, entre el Refugio de Vida Silvestre (Peñas Blancas), la Reserva Biológica (Alberto Manuel Brenes) y las Zonas Protectoras (Río Grande, Cerros Atenas y Cerro el Chompipe).
- CB Fuente de Vida La Amistad: se estableció en el 2003 en la región de La Amistad Pacífico, cubre un área de 179154 ha. Este corredor conecta al Parque Nacional La Amistad con otros CB.
- CB Talamanca-Caribe: se estableció en 1990 en la región de La Amistad Caribe, abarca un área de 27060 ha, conecta al Parque Nacional Cahuita, a la Reserva Biológica Hitoy Cerrere y al Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo.
- CB Colorado-Tortuguero: con una superficie de 36285 ha, se estableció en el 2009 y se ubica en el área de conservación Tortuguero conecta el Parque Nacional Tortuguero, zona protectora del mismo nombre y el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado.
- CB San Juan la Selva: con 174026 ha, se estableció en el año 2001, vincula al Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado, al Parque Nacional Braulio Carrillo, al Volcán Poás, a Juan Castro Blanco y a la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, al Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque y al Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo (Figura 1, Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Corredores biológicos seleccionados: fecha de establecidos, localización en cuanto a área de conservación y área

| Corredor biológico        | Fecha de establecimiento | Localización en área de conservación | Área (ha) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------|
| Arenal- Tenorio           | 2008                     | Arenal-Huetar Norte                  | 34094     |
| Montes del Aguacate       | 2001                     | Central                              | 552202    |
| Fuente de Vida La Amistad | 2003                     | La Amistad Pacífico                  | 179154    |
| Talamanca-Caribe          | 1990                     | La Amistad Caribe                    | 27060     |
| Colorado - Tortuguero     | 2009                     | Tortuguero                           | 36285     |
| San Juan-La Selva         | 2001                     | Huetar-Norte                         | 174026    |

Fuente: SINAC. (2023). Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

**Figura 1.** Área de estudio (delimitados en rojo)



Fuente: elaboración a partir de datos del SINAC.

## Marco teórico-conceptual

Los CB emergen como una propuesta teórica para establecer la conectividad entre fragmentos naturales y garantizar la preservación de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos. Además, brindan espacios de concertación social para fomentar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. En Costa Rica esta estrategia está respaldada por los decretos ejecutivos [N.º 33106-MINAE](#) y [N.º 40043-MINAE](#), los cuales establecen una política nacional y criterios para los CB. Con el propósito de mejorar la conectividad ecológica y la conservación de la biodiversidad, así como promover la restauración de ecosistemas, el uso razonable de los recursos naturales y el empoderamiento de las comunidades locales de forma sostenible ([Feoli, 2012](#)). De esta forma, se demarca a los CB como una opción estratégica para conservar la biodiversidad por su funcionalidad tanto ecológica como económica, vinculada a la protección de los recursos hídricos, control de la erosión, la regulación del ciclo hidrológico y la provisión de protección para la fauna ([Schlönvoigt, 2019](#); [Sánchez, 2002](#)).

Por otro lado, los CB responden al área estratégica definida como infraestructura movilidad y ordenamiento territorial del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, donde se justifica la relación con la biodiversidad y conservación en el marco del cuidado al ambiente. Así como el PNCB apoya en el cumplimiento de la Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030, la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025, la Estrategia y Plan de Acción de Adaptación del Sector Biodiversidad al Cambio Climático 2015-2025 y el objetivo 15 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), vinculado al uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica, a partir de indicadores como la superficie forestal, el porcentaje de la superficie total, la cubierta forestal en el marco del ordenamiento sostenible de los bosques y su pérdida neta.

Los CB se integran al desarrollo sostenible al fortalecer los espacios de conectividad que son claves para mantener y conservar la biodiversidad entre áreas protegidas, a partir de la puesta en práctica de acciones que reducen y mitigan sus procesos de fragmentación. Adicionalmente, procuran mejorar las condiciones de las áreas cercanas mediante la implementación de inversiones en biodiversidad y prácticas productivas amigables con el ambiente (Canet, Herrera y Finegan, 2012). Asimismo, los CB aportan a la reducción de la pobreza, la sostenibilidad económica y a la conservación, pues estos espacios constituyen sitios de alta importancia para la conectividad y protección de la biodiversidad (Meza, 2021).

Aunado a lo anterior, el enfoque ecológico desde la perspectiva del paisaje, ha tomado relevancia en las últimas décadas por su capacidad analítica para generar información en la gestión y conservación de la biodiversidad sobre el territorio, al considerar, principalmente, el aumento de la fragmentación de los ecosistemas naturales como uno de los problemas ecológicos más importantes en los últimos años (Morera, Sandoval y Alfaro, 2021).

Los CB se convierten definitivamente en una estrategia fundamental para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, en especial de los paisajes en donde los ecosistemas y hábitats naturales cada vez cubren menos área y se encuentran con mayor aislamiento (Rico y Latam, 2017). El aporte de la ecología del paisaje toma relevancia para determinar la conectividad funcional (fauna) y comprender

su efectividad en el territorio ([Alonso, Finegan, Brenes, Gunter y Palomeque, 2017](#)), debido a que facilita el monitoreo de la estructura del paisaje desde una óptica temporal.

El concepto de la ecología del paisaje lo defino [Troll \(2003\)](#) como una ciencia transdisciplinaria enfocada en entender la dinámica y desarrollo de patrones en el contexto ecológico, al considerar los ecosistemas, la relación de la escala espacial y características temporales de los actos ecológicos que conforman el mosaico paisajístico, interpretado a partir de una fotografía aérea. Además se orienta en el estudio de cómo los patrones espaciales y los procesos ecológicos interactúan entre sí y cómo esta interacción influye en la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas a diferentes escalas espaciales y temporales, lo cual implica comprender las causas y consecuencias de la heterogeneidad en los paisajes, lo cual conduce a la formulación de principios y teorías distintas de aquellas que rigen a nivel de poblaciones y comunidades en escalas más pequeña ([Irastorza, 2006](#)).

De acuerdo con [López, Tejador y Linares \(2020\)](#), la preocupación y el compromiso por el ambiente, manifestada en las últimas décadas por los principales organismos internacionales, ha favorecido el desarrollo de estrategias para producir y valorar la información ambiental como los indicadores biométricos. A partir de estos, conocidos como índices de paisaje, se evalúa la calidad, estado o evolución del paisaje como base para monitorear sus cambios, valorar la efectividad de políticas y planes de gestión territorial. Además, la implementación de métodos cuantitativos permite diferenciar los elementos morfológicos que integran un paisaje, los cuales proporcionan datos numéricos sobre su composición y configuración, incluyendo la proporción de diferentes tipos de cobertura de la tierra, la superficie y forma de los elementos que integran el territorio. Estos índices son útiles para comparar distintas configuraciones paisajísticas, al evaluar cambios temporales en dos períodos determinados y proyectar escenarios futuros ([Gustafson, 1998](#); [Gustafson, 2019](#)).

En relación con lo anterior, [Subirós, Linde, Pascual y Ribas \(2006\)](#) destacan que la superficie, forma, número y disposición de los elementos del paisaje son cruciales para comprender su realidad y dinámica a lo largo de los diferentes escenarios temporales. Estos elementos proporcionan información numérica sobre la estructura paisajística, lo cual permite obtener información clave sobre las condiciones y procesos ecológicos.

Además, el análisis diacrónico facilita estudiar las pautas evolutivas que ha seguido un territorio en un determinado periodo a partir de la tasa de cambio de la cobertura natural, lo que resulta esencial para interpretar la situación y dinámica de un paisaje desde una perspectiva ecológica en el tiempo ([García y Abad, 2014](#)).

Dicha perspectiva permite identificar los procesos de conectividad/fragmentación que ocurren dentro de un CB, a partir de la aplicación de ecuaciones que utilizan datos derivados de los índices biométricos. Esta cuantificación a nivel espacial proporciona información relevante sobre los procesos de fragmentación y conectividad, los cuales afectan la estructura y dinámica de los paisajes, y son fundamentales para el manejo, la gestión, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible dentro de los CB ([SINAC, 2017](#)).

### **Marco metodológico**

El proceso metodológico se sustenta en dos etapas: la primera se centra en la revisión bibliográfica de fuentes secundarias, relacionada con los índices biométricos desde la perspectiva de la ecología del paisaje, aplicables al monitoreo de la conectividad/fragmentación de los corredores biológicos. Donde sobresalen los siguientes índices:

#### **A) Índices biométricos para el análisis espacial**

- **Índices para determinar la fragmentación**
- **Superficie de área de cada clase:** esta variable determina la superficie de cada categoría de cobertura natural asociada a bosques, pero también incluiría otras como páramos, vegetación de humedal, entre otras cuando corresponda ([Velásquez, 2017](#)).
- **Número de fragmentos de la cobertura:** índice biométrico utilizado para medir la cantidad de fragmentos en una determinada área de cobertura vegetal o natural, permite cuantificar la cantidad de fragmentos en el paisaje, lo cual, a su vez, proporciona información relevante sobre la estructura y dinámica de la biodiversidad en ese lugar ([Ibáñez, 2009](#)).
- **Índices para determinar el tamaño del fragmento**

- **Desviación estándar (PSSD):** se utiliza para medir la heterogeneidad del tamaño de los fragmentos en las características del paisaje (Rome-ro, Morera, Alfaro, Marín y Barrantes, 2009).
- **Tamaño medio (MPS):** relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos correspondientes a esta (Aguilera, 2010).
- **Valor del vecino más próximo:** es la media para cada uso de la distancia a la tesela más próxima, aporta información acerca del grado de aislamiento de los distintos fragmentos (Aguilera, 2010).

## B) Ecuaciones de fragmentación y conectividad

Los índices biométricos evalúan la fragmentación y conectividad de los ecosistemas boscosos, tales como:

- **Índice de fragmentación/conectividad propuesta por Gurrutxaga (2003)**  
F = superficie total del hábitat/(número de fragmentos x dispersión de las manchas).

Dispersión de las manchas ( $R_c$ ) =  $2 \text{ dc } (\lambda/\pi)$ ,

Donde:

**dc:** es la distancia media desde una mancha (su centro o centroide) hasta la mancha más cercana.

**$\lambda$ :** es la densidad media de manchas, expresada como el número de manchas por cada 100 hectáreas de superficie total del área de estudio.

Estos índices proporcionan datos para la gestión y conservación de los ecosistemas forestales, y permiten evaluar su estado de fragmentación y conectividad. Los resultados de la ecuación anterior son únicamente comparables con la misma categoría en diferentes periodos por su patrón de distribución espacial y la tendencia del índice, se evalúa en función al incremento o disminución. Por ejemplo: un aumento en el valor del índice se vincula con una disminución del grado de fragmentación y un decrecimiento del índice significa un incremento de la fragmentación/conectividad.

- **Índice de fragmentación adaptada por Morera y Sandoval (2018)**  
IFC:  $\frac{SPTA \times 100}{Sm \times (\sum Nm/Dm)}$

Donde:

IFC: índice de fragmentación-conectividad.

SPTA: superficie (ha) del corredor biológico.

Nm: número de fragmentos de cobertura natural.

Sm: superficie de fragmentos de cobertura natural.

Dm: distancia promedio de la cobertura natural calculada desde el centro de cada una.

Los resultados de la ecuación descrita sólo se pueden comparar entre la misma categoría por su patrón de distribución espacial y la tendencia del índice se evalúa en función al incremento o disminución. Por ejemplo, una reducción en el valor del índice se vincula con una reducción en el grado de fragmentación, mientras un aumento indica el incremento de la fragmentación/conectividad.

### **C) Tasa de cambio de vegetación natural propuesta por la FAO (1996)**

Para evaluar los cambios en la cobertura natural de los diferentes períodos de estudio, se utiliza la tasa de cambio de la vegetación natural de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$r = \left[ 1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Donde:

r = tasa de cambio de la cobertura natural.

S1 = año de inicio (con el que se quiere comparar).

S2 = año actual o más reciente.

n = número de años entre S1 y S2.

La tasa de cambio se utiliza para calcular la variación porcentual de una magnitud en un periodo determinado y cuando el resultado es positivo, significa que ha aumentado la cobertura natural en el tiempo considerado, mientras que, si es negativa, significa que esta ha disminuido.

### **Datos para la validación**

La segunda etapa se enfocó en su aplicación considerando como estudio de caso, seis CB: Arenal-Tenorio, Montes del Aguacate, Fuente

de Vida La Amistad, Talamanca-Caribe y Colorado-Tortuguero. A partir de información en formato vectorial, generada por el proyecto estrategia piloto para la clasificación de los CB basado en indicadores ecológicos y paisajísticos de la ECG-UNA, con base en el mosaico de ortofotos (fotografías aéreas 0.5 m por píxel) a escala 1:5000 para los años 2005 y 2017, disponibles en el sitio web del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). La información fue procesada utilizando el software ArcGIS, el cual permitió obtener datos espaciales como: el área, el número de fragmentos y el vecino más próximo de cada cobertura correspondiente a cada corredor y posteriormente se aplicaron índices biométricos mediante las ecuaciones descritas.

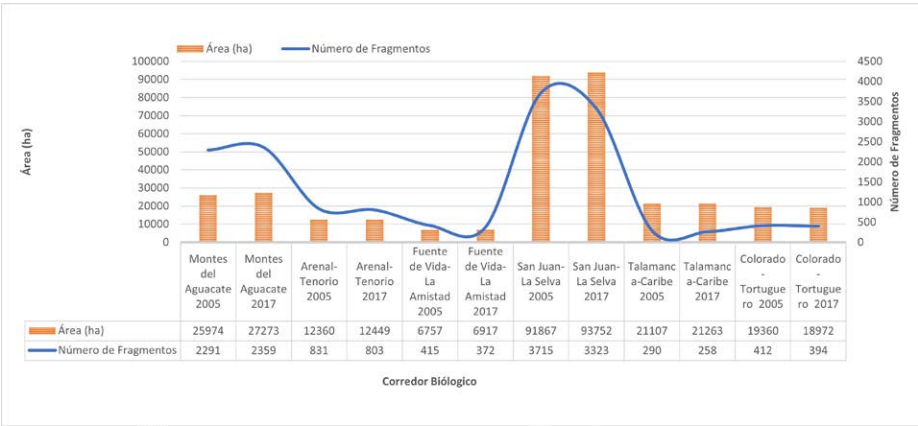
## **Resultados**

### **Fragmentación de CB según tamaño y número de fragmentos**

#### **Superficie y números de fragmentos**

Los CB abordados como caso de estudio para los años 2005 y 2017, en general, evidencia un aumento de la cobertura natural. En el área del CB Montes del Aguacate pasó de 25974 ha a 27273 ha con un incremento de 1300 ha (5 %), mientras el CB Arenal-Tenorio reflejó un acrecentamiento de 89 (0,72 %) de la superficie de la cobertura natural en relación con el año 2005 (12360 ha). Por otro lado, el CB Talamanca fue de 21107 ha en el 2005 a 21263 ha para el 2017, lo cual significa un incremento de 0,73 % y el CB San Juan-La Selva presentó el mayor aumento en área natural entre el 2005 y el 2017 de 1885 ha equivalente a un 7,25 %. En relación con la cantidad de fragmentos, el CB San Juan-La Selva presenta la mayor reducción de parches (392) al pasar de 3715 ha a 3323 ha, el CB Arenal-Tenorio disminuyó en 28 fragmentos con respecto al año 2005 (831), caso opuesto ocurrió con el CB Montes del Aguacate, donde los fragmentos aumentaron en 68. Para el CB Colorado-Tortuguero los datos evidencian una disminución de la cobertura natural de 389 ha entre el 2005 (19360 ha) y el 2017 (18972 ha) (-2 %) (Figura 2).

**Figura 2.** Corredores biológicos: área y número de fragmentos de cobertura natural 2005-2017

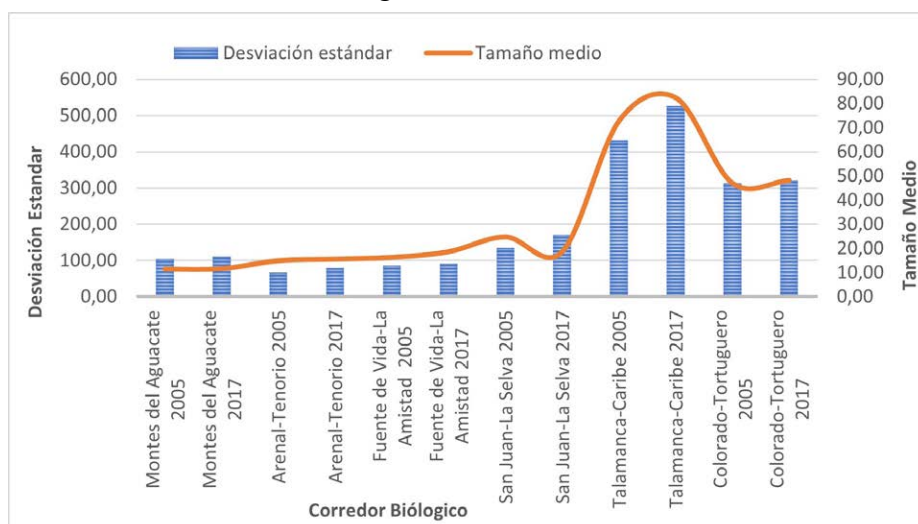


Fuente: elaboración propia.

**Tamaño de los fragmentos**

La aplicación de las métricas relacionadas con la desviación estándar y el tamaño medio revela un aumento en estos parámetros biométricos en los CB estudiados entre el 2005 y el 2017. Para el CB Talamanca-Caribe, la desviación estándar en el 2005 fue de 432, lo cual representa un incremento del 21,9 % para el 2017, a 527. En el caso del CB Montes del Aguacate, hubo un aumento del 6,5 % en la desviación estándar, al pasar de 104 en el 2005 a 111 en el 2017. El CB Arenal-Tenorio experimentó un incremento del 19,4 % en este índice, con valores de 66 en el 2005 y 79 en el 2017. Por otro lado, el CB San Juan-La Selva mostró un aumento del 26,7 % en el tamaño del fragmento, con un valor de 134 en el 2005 y 170 en el 2017. Los CB Fuente de Vida-La Amistad y Colorado-Tortuguero presentaron un comportamiento similar, con un aumento del 6,8 % y el 2,2 %, respectivamente en la desviación estándar. Este incremento también se observa en el tamaño medio de cada CB (Figura 3).

**Figura 3.** Corredores biológicos: desviación estándar y tamaño medio de los fragmentos, 2005-2017

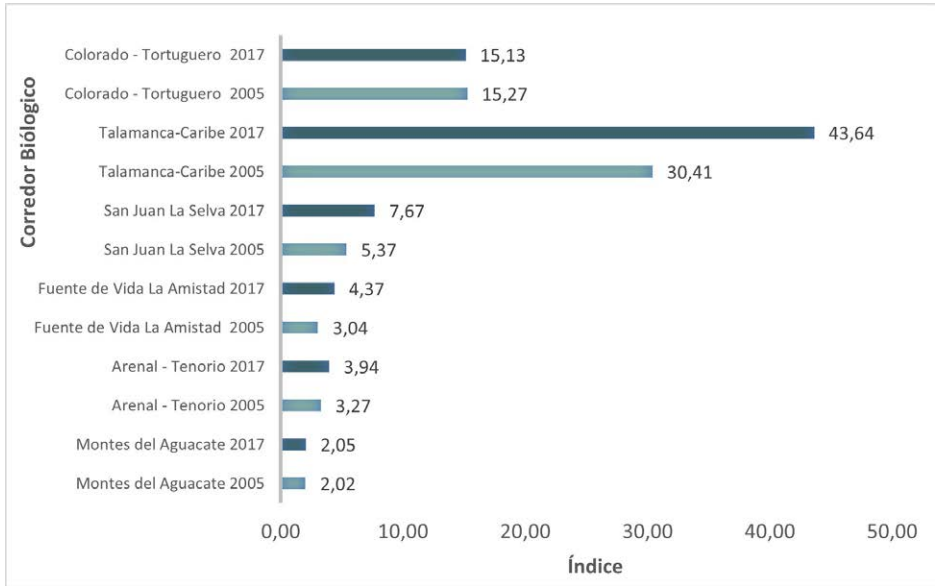


Fuente: elaboración propia.

### Índice de fragmentación/conectividad de acuerdo con la ecuación propuesta por Gurrutxaga (2003)

El índice de fragmentación/conectividad entre el año 2005 y el 2017 en el CB Montes del Aguacate aumentó de 2,02 a 2,05 (1,4 %), lo cual revela una ligera disminución en la fragmentación, siendo el único con este comportamiento (Figura 4). Por su parte, el CB Arenal-Tenorio evidencia un aumento en su índice de 3,27 a 3,94 (20, 48 %), y esto se asocia a un menor grado de fragmentación. El CB Fuente de Vida-La Amistad también refleja un incremento, al pasar de 3,04 a 4,37 (43 %); ahora bien, San Juan-La Selva presenta el mismo comportamiento, pues pasó de 5,37 a 7,67. El CB Talamanca-Caribe cambió de 30,41 en el año 2005 a 43,64 en el 2017. Los datos anteriores reflejan una reducción en la fragmentación y un aumento en la conectividad. Por último, el Colorado-Tortuguero presenta un índice de 15,27 en el año 2005 a 15,3 para el año 2017, esto se asocia a un incremento leve del proceso de fragmentación en dicho CB.

**Figura 4.** Corredores biológicos: índice de fragmentación y conectividad según ecuación de Gurrutxaga



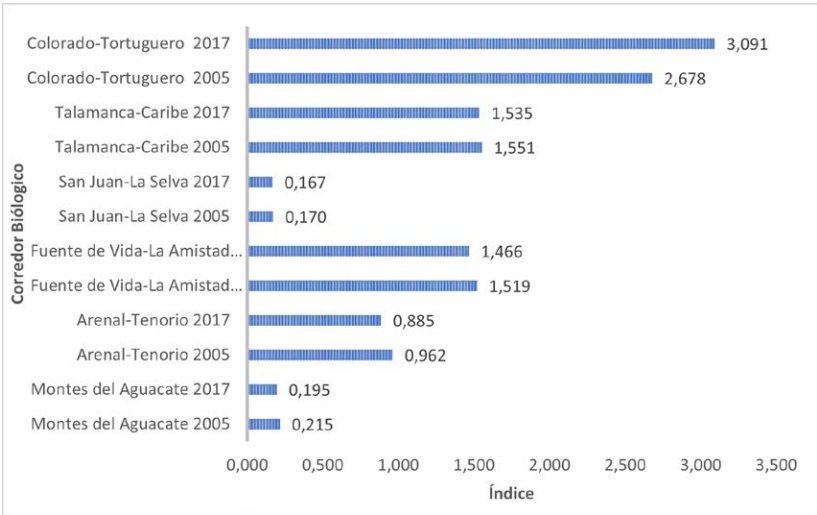
Fuente: elaboración propia.

**Índice de fragmentación/conectividad ecuación adaptada de Morera y Sandoval (2018)**

En cuanto al índice de fragmentación-conectividad en los corredores biológicos (Figura 5), la mayoría de los CB presentan una disminución en el valor del índice entre los años de estudio. Este es el caso de Cerros del Aguacate, en donde el índice disminuyó de 0,21 a 0,19 (9,5 %), Fuente de Vida-La Amistad de 1,59 a 1,46 (8,1 %), San Juan-La Selva de 0,17 a 0,16 (5,8%), Talamanca-Caribe de 1,55 a 1,53 (1,3 %) y Arenal-Tenorio de 0,96 a 0,88 (8,3 %). Esta disminución refleja la reducción en el grado de fragmentación, lo cual indica una mejora en la conectividad en los CB.

Con respecto al CB Colorado-Tortuguero, este es el único que presenta un aumento en el valor del índice de fragmentación y conectividad, al pasar de 2,67 en el 2005 a 3,09 en el 2017. Este aumento de 15,7 % indica un acrecentamiento de la fragmentación en este CB.

**Figura 5.** Corredores biológicos: índice de fragmentación y conectividad según ecuación adaptada de Morera y Sandoval



Fuente: elaboración propia.

### Tasa y cambio de la cobertura natural

Durante el período de 2005 al 2017, se registró un cambio en la cobertura natural en los seis corredores biológicos evaluados, al variar entre un 0,2 % y un 4,3 %. El CB Montes del Aguacate presentó el valor más bajo de cambio con un 0,2 %, seguido por el CB Colorado-Tortuguero con un 0,4 %. Por otro lado, los CB San Juan-La Selva y Fuente de Vida-La Amistad reflejaron un cambio del 1 % y 1,5 %, respectivamente. Por último, los CB Arenal-Tenorio y Talamanca presentaron los valores más altos de cambio de la cobertura natural con un 2,3 % y 4,3 %, respectivamente (Cuadro 2).

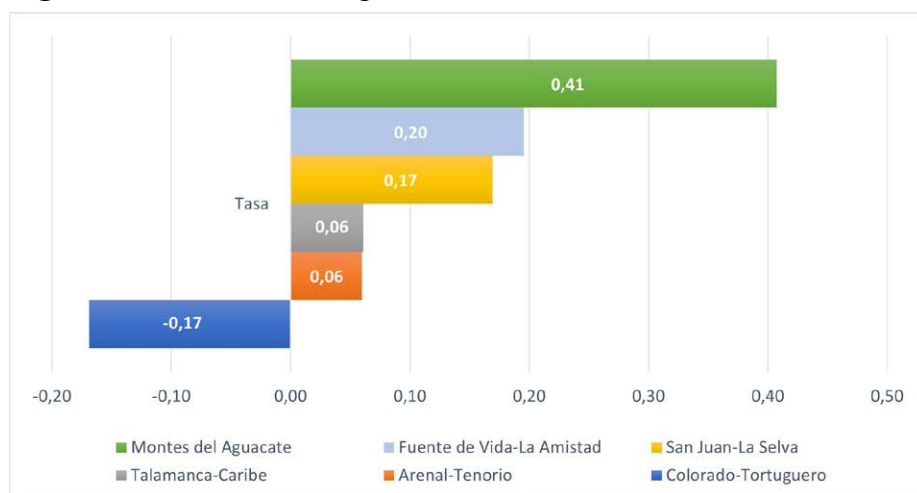
**Cuadro 2.** Cambio de la cobertura natural, 2005-2017

| Corredor biológico<br>2005-2017 | % de no cambio | % de cambio | % de cobertura natural |
|---------------------------------|----------------|-------------|------------------------|
| Aguacate                        | 99,6           | 0,2         | 45,2                   |
| Arenal-Tenorio                  | 96,3           | 2,3         | 61,8                   |
| Fuente de Vida-La Amistad       | 96,8           | 1,5         | 48,2                   |
| San Juan- La Selva              | 98,3           | 1,0         | 55,0                   |
| Talamanca-Caribe                | 94,6           | 4,3         | 79,0                   |
| Colorado-Tortuguero             | 99,1           | 0,4         | 46,4                   |

Fuente: elaboración propia.

La tasa de cambio de la cobertura natural entre los años 2005 y 2017, evidenció un aumento en la superficie de cobertura natural en la mayoría de los CB evaluados (Figura 6). Los CB de Arenal-Tenorio y Talamanca-Caribe presentaron una tasa de cambio positiva y del mismo valor (0,06), lo cual indica un aumento en la superficie de cobertura natural en estos. Por otro lado, el CB de San Juan-La Selva presentó una tasa de cambio de 0,17, lo cual significa un aumento en la superficie de la cobertura natural. Asimismo, los CB de Fuente de Vida-La Amistad y Montes del Aguacate también presentaron una tasa de cambio positiva, siendo Montes del Aguacate el que registró el mayor aumento (0,41) en relación con la superficie total de cada CB. En el caso de Colorado-Tortuguero, la tasa de cambio es negativa (-0,17), pero durante el periodo de estudio se produjo una disminución en la superficie de la cobertura natural en este CB.

**Figura 6.** Corredores biológicos: tasa de cambio de la cobertura natural



Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

La estructura del paisaje y los procesos de fragmentación asociados con el área y el número de fragmentos en los CB Montes del Aguacate, Arenal-Tenorio, Talamanca, San Juan-La Selva y Fuente de Vida-La Amistad reflejan un aumento de la cobertura natural al incrementar la superficie y reducir el número de parches entre el 2005 y el 2017. Esta tendencia se

asocia a la recuperación de la cobertura natural que ha evidenciado Costa Rica en las últimas décadas al pasar del 42 % en el año 1997 a un 52,3 % en el 2013 ([Canet, 2015](#)). Conjuntamente, un factor a considerar en el proceso de recuperación en la cobertura vegetal es el Programa de Pago por Servicios Ambientales, el cual, entre el 2011 y el 2015, asignó un 52 % de sus recursos para incentivar la recuperación y restauración de bosques en estas áreas; sin embargo, no se consideraron factores críticos para la restauración de cobertura natural como el tamaño y la distancia entre parches naturales ([Morera, Sandoval y Alfaro, 2021](#)). En el caso del CB Colorado-Tortuguero se presenta una disminución en la superficie de la cobertura natural, asociada a alteraciones causadas por el ser humano que provocan una disminución de la superficie natural y aumento de la fragmentación ([Vargas, 2008](#)). De esta forma, lo anterior refleja la relevancia de estos índices para monitorear los procesos de fragmentación en cada CB fundamentado en el incremento o disminución del área y número de fragmentos de la cobertura natural.

Por otro lado, el análisis de los indicadores como la desviación estándar y el tamaño medio de la cobertura natural de los CB abordados durante el periodo 2005-2017 reflejan una tendencia hacia parches de mayor tamaño en la superficie forestal y una reducción en el número de fragmentos en la mayoría de los CB, al incrementar su tamaño medio y desviación estándar. De acuerdo con [Szek \(2012\)](#), el aumento en la desviación estándar y el tamaño medio refleja un mayor tamaño de los fragmentos, este comportamiento se asocia al aumento de la superficie de los parches y la reducción del número de fragmentos.

El incremento del tamaño de los fragmentos está vinculado con un acrecentamiento inevitable de la relación perímetro/superficie y el aumento del tamaño de los parches implica una disminución en la fragmentación en algunos casos, mientras en otros no es suficiente para contrarrestar la fragmentación si la distribución espacial sigue siendo muy dispersa o distante ([Santos y Tellería, 2006](#)). Los datos obtenidos en relación con el tamaño de los parches constituyen un índice biométrico que permite monitorear el aumento y disminución del tamaño de los fragmentos en los CB, caracterizando las condiciones del paisaje y la evaluación en la dinámica de los procesos de fragmentación ([Luque, Pérez, Rodríguez y Rodríguez, 2019](#)), como componente fundamental de la consolidación de los CB desde el enfoque del paisaje.

En relación con las ecuaciones de fragmentación/conectividades aplicadas para cada uno de los CB, se encontró una disminución en la fragmentación y un aumento en la conectividad entre los años 2005 y 2017, asociado al incremento de la cobertura natural. Esta tendencia se reflejó en cinco de los CB analizados, mientras que en el caso del CB Colorado-Tortuguero se presentó un incremento en el grado de fragmentación y una disminución en la conectividad. La disminución en la cobertura natural de este corredor durante el periodo 2005-2017 se explica por su localización en una de las regiones que enfrentan los niveles más preocupantes de pérdida de cobertura natural (Villate, Canet, Chassot y Monge, 2009). Este proceso es contrario al principio básico de un CB, asociado a potenciar la conectividad ecológica mediante una red estructurada en fragmentos de cobertura natural que favorezca el flujo ecológico (Colorado, Vásquez y Mazo, 2017).

Por tanto, la disminución de la cobertura natural en este CB refleja una pérdida en la conectividad ecológica en un periodo de 12 años y constituye un parámetro negativo de acuerdo con los objetivos de los ODS, particularmente con la restauración de los ecosistemas, destacando de acuerdo con la ONU el periodo del 2021-2030 se ha declarado la década para la restauración ecológica (Ministerio de Agricultura-Corporación Nacional Forestal- Ministerio del Medio Ambiente, 2021). La aplicación de estas ecuaciones demuestra que son válidas para determinar el grado de fragmentación/conectividad en la cobertura natural en un CB, lo cual permite mejorar el manejo y monitoreo de los ecosistemas naturales y contribuir a la sostenibilidad de estos (Vargas *et al.*, 2017).

En correspondencia al cambio de la cobertura natural y la tasa de cambio, los resultados muestran una tendencia hacia el aumento de la superficie de cobertura natural en cinco de los seis CB durante el periodo de estudio, lo cual indica una recuperación progresiva de la cobertura natural. El corredor Montes del Aguacate fue el que registró el mayor aumento en la superficie de cobertura natural en relación con la superficie de cada CB. A pesar de los cambios en la cobertura natural debido a la actividad humana, se evidencia un aumento generalizado en la superficie natural, lo cual se asocia a varios factores como cambios en la estructura productiva, la migración de la población rural hacia los centros urbanos y políticas de conservación implementadas por el Estado (Sierra, Cambroner y Vega, 2016).

Sin embargo, el CB Tortuguero presentó una tasa de cambio negativa, lo cual indica una disminución en la superficie de cobertura natural. Incluso, esto evidencia que conforme disminuye la superficie ocurre la pérdida de la conectividad y la fragmentación (Morera y Sandoval, 2013). El uso de este tipo de métricas refleja su aplicabilidad para determinar los cambios en la cobertura natural en un CB, lo cual aporta al monitoreo de los cambios progresivos y la evaluación de las tendencias espacio-temporales de los procesos de recuperación o degradación ambiental provocadas por las actividades humanas (Escandón, Benjamín, Nieto y Ordoñez, 2018). De acuerdo con Ceceña *et al.* (2021), este tipo de estudios constituyen un referente para identificar y dar seguimiento de la fragmentación/conectividad de la vegetación, así como cuantificar las coberturas que han presentado mayor porcentaje de recuperación en el tiempo. Esto demuestra la necesidad y la importancia de replicar de forma periódica este tipo de investigaciones, como lo plantea Lipský (s. f.) en relación con las dimensiones temporales de los procesos de paisaje al indicar un periodo no menor de cinco años entre escenarios.

En este contexto, los CB plantean tanto oportunidades como desafíos que deben ser abordados desde un enfoque multidimensional. Destacándose como espacios para la conectividad, la conservación, la flexibilidad en la gestión y la adaptación a las realidades socioeconómicas. Sin embargo, su éxito depende de la sensibilización, compromiso de los actores locales y características físico-geográficas de cada CB (Patel, 2021). En este sentido, es crucial promover estrategias que integren tanto el apoyo institucional como la participación ciudadana, lo cual asegura que los beneficios de la conservación sean visibles (procesos de monitoreo) y sostenibles a largo plazo (Agrawal y Gibson, 1999), especialmente porque son espacios de conservación voluntarios. Lo anterior es relevante en un contexto donde la presión sobre los recursos naturales sigue en aumento y donde la efectividad de los CB, como mecanismos para restaurar y conectar ecosistemas, depende de un esfuerzo continuo y coordinado entre actores públicos, privados y sociales.

## Conclusiones

La aplicación de los índices biométricos en los casos de estudio ha demostrado ser una herramienta esencial para evaluar la gestión y conservación de la cobertura natural, con lo cual se brinda información clave

sobre la estructura, dinámica y conectividad del paisaje. Además, permite comparar diferentes áreas (CB) para analizar su capacidad de recuperación y conservación de la biodiversidad en paisajes impactados por actividades humanas. Esto genera información fundamental para la toma de decisiones en aspectos relacionados con la conservación y la protección de los ecosistemas naturales, así como para promover el uso sostenible de los recursos, tal como se pretende con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 15, que destaca la necesidad de proteger, restaurar y promover el uso equilibrado de los ecosistemas y de detener la pérdida de biodiversidad.

Para complementar esta perspectiva, la propuesta metodológica basada en índices biométricos, fórmulas de fragmentación/conectividad y tasa de cambio ha demostrado su eficacia en los estudios de caso, al proporcionar datos valiosos sobre las coberturas naturales en diferentes escalas de tiempo. Estos resultados no solo son esenciales para la gestión ambiental y la planificación del uso del suelo, sino que también permiten evaluar la efectividad de las políticas de conservación y restauración implementadas por los comités locales de cada CB. Al ser una metodología adaptable a diversos contextos geográficos y ecológicos, se convierte en una herramienta versátil y valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito de la sostenibilidad.

Además, se resalta la importancia de realizar estudios de forma periódica para monitorear la fragmentación y conectividad de la vegetación, así como para cuantificar aquellas coberturas naturales que han mostrado una mayor recuperación a lo largo del tiempo. Esto subraya la necesidad de replicar este tipo de estudios en intervalos regulares, preferiblemente no menores a cinco años, con el objetivo de comprender mejor las dinámicas temporales del paisaje y así poder tomar decisiones más informadas que contribuyan a la conservación efectiva de los ecosistemas naturales.

El estudio de las métricas del paisaje en la evaluación de la estructura del paisaje en los CB ha demostrado ser fundamental para comprender la dinámica y su conectividad, así como para la toma de decisiones informadas sobre la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

Sin embargo, para mantener índices de fragmentación bajo y porcentajes de cambio controlados en la cobertura natural, es imprescindible fortalecer la sensibilización y capacitación de los actores sociales involucrados a partir de información actualizada. Esta debe incluir a propietarios de tierras

privadas, comunidades locales y autoridades (instituciones) comprometidos con los procesos de conservación. Además, es vital que los comités de CB realicen gestiones efectivas que fomenten la colaboración entre diferentes sectores y promuevan políticas locales que respalden estos esfuerzos. A través de un enfoque integral y participativo con el fin de asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas y la biodiversidad, con lo cual se contribuye a los objetivos de conservación y a la restauración de los ecosistemas en el territorio.

### Referencias bibliográficas

- Aguilera, B. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 30(2), 9-29. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC1010220009A/30701>
- Alonso, F., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S. y Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 143-156. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>
- Agrawal, A. y Gibson, C. C. (1999). Enchantment and disenchantment: The role of community in natural resource conservation [Encantamiento y desencanto: El rol de la comunidad en la conservación de los recursos naturales]. *World Development*, 27(4), 629-649. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00161-2](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00161-2)
- Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. En *Estudios del cambio Climático en América Latina* (pp. 1-86). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39855-cambio-climatico-sus-efectos-la-biodiversidad-america-latina>
- Calvo, A. (2009). Determinación de Índices de Fragmentación y Modelamiento de la Conectividad en los Corredores Biológicos de Costa Rica [Tesis de ingeniería forestal]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Canet, G., Herrera, B. y Finegan, B. (2012). Efectividad de los corredores biológicos: El caso de Costa Rica. *Revista Parques*, 2, 1-10. [https://www.researchgate.net/profile/Bernal-Herrera-Fernandez/publication/309549197\\_Efectividad\\_de\\_manejo\\_en\\_corredores\\_biologicos\\_el\\_caso\\_de\\_Costa\\_Rica/links/5816694708ae90acb240f861/Efectividad-de-manejo-en-corredores-biologicos-el-caso-de-Costa-Rica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bernal-Herrera-Fernandez/publication/309549197_Efectividad_de_manejo_en_corredores_biologicos_el_caso_de_Costa_Rica/links/5816694708ae90acb240f861/Efectividad-de-manejo-en-corredores-biologicos-el-caso-de-Costa-Rica.pdf)

- Canet, G. (2015). Recuperación de la cobertura forestal en Costa Rica, logro de la sociedad costarricense. *Ambientico*, 253 (3), 17-22. [https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/26433/253\\_17-22.pdf](https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/26433/253_17-22.pdf)
- Ceceña, M., Eaton, R., Solís, A., Delgadillo, J., Luna, L. y Ortega, A. (2021). Evaluación de cambios en la cobertura vegetal en Isla Guadalupe mediante índices de vegetación. *Madera y Bosques*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluaci%C3%B3n-de-cambios-en-la-cobertura-vegetal-en-de-Cece%C3%B1a-S%C3%A1nchez-Eaton-Gonz%C3%A1lez/1e6b66051f77773c78f7680f08b61612e3964a44>
- Colorado, G., Vásquez, J. y Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta biol. Colomb.*, 22(3), 379-393. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013>
- Criado-Hernández, J. y Marín-Cabrera, M. (2013). Conservación de la biodiversidad y desarrollo humano en bosques montanos de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 21(1), 253-263. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1356](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1356)
- Decreto ejecutivo 33106, de 30 de mayo de 2006. Creación del Programa Nacional de Corredores Biológicos: una Estrategia de Conservación de la Biodiversidad. *Diario Oficial La Gaceta* N.º 103, Decreto N.º 33106-MINAE. San José, Costa Rica.
- Decreto ejecutivo N.º 40043, de 27 de enero de 2017. Regulación del Programa Nacional de Corredores Biológicos: artículo 14 declaratorio de interés público. *Diario Oficial La Gaceta* N.º 19, Decreto N.º 40043-MINAE. San José, Costa Rica.
- Escandón Calderón, J., Ordóñez Díaz, J. A., Nieto de Pascual Pola, M. C. y Ordóñez Díaz, M. D. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 27-53. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/135>
- Ersoy, E., Jorgensen, A. y Warren, P. (2018). Identifying multispecies connectivity corridors and the spatial pattern of the landscape. *Urban Forestry & Urban Greening*, 308-322. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.001>

- FAO (1996), Forest Resources Assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes, no. 130, FAO, Roma, Italia.
- Feoli-Boraschi, S. (2012). Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 6(17), 1-5. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/385>
- García, F. y Abad Soria, J. (2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia). *Observatorio Medioambiental*, 17, 253-298. [https://doi.org/10.5209/rev\\_OBMD.2014.v17.47194](https://doi.org/10.5209/rev_OBMD.2014.v17.47194)
- Gustafson, E. (1998). Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, 1, 143-156. [https://www.researchgate.net/publication/225457570\\_Quantifying\\_Landscape\\_Spatial\\_Pattern\\_What\\_Is\\_the\\_State\\_of\\_the\\_Art](https://www.researchgate.net/publication/225457570_Quantifying_Landscape_Spatial_Pattern_What_Is_the_State_of_the_Art)
- Gustafson, E. (2019). How has the state-of-the-art for quantification of landscape pattern advanced in the twenty-first century? *Landscape Ecol.*, 34, 2065-2072. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0709-x>
- Gurrutxaga, M. (2003). Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la CAPV. 1-33.
- IMN. (s. f.). Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. <https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC/Medio%20Ambiente/Meteorolog%EDa%20y%20Cambio%20Clim%E0tico/Regiones%20y%20Subregiones%20Clim%Elticas%20CR.pdf>
- Irastorza, V. (2006). Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial. Aplicación a la comunidad del madrid. Tesis. Pp. 1-289. [https://oa.upm.es/468/1/PEDRO\\_IRASTORZA\\_VACA.pdf](https://oa.upm.es/468/1/PEDRO_IRASTORZA_VACA.pdf)
- Ibáñez, J. J. (12 de febrero del 2009). Ecología del Paisaje y las Métricas para su Cuantificación. [Blog post]. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/02/12/112749>.
- Leff, E. (2002). Límites y desafíos de la dominación hegemónica. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101018013046/10leff.pdf>

- López, M., Tejador, A. y Linares, M. (2020). Indicadores de paisaje: evolución y pautas para su incorporación en la gestión del territorio. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, LII(206), 719-738. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.204.01>
- Lipský, Z. (s. f.). Methods of monitoring and assessment of changes in land use and landscape structure. Charles University Prague, Faculty of Science, Department of Physical Geography and Geoecology. [https://www.researchgate.net/profile/Zdenek-Lipsky/publication/266089575\\_METHODS\\_OF\\_MONITORING\\_AND\\_ASSESSMENT\\_OF\\_CHANGES\\_IN\\_LAND\\_USE\\_AND\\_LANDSCAPE\\_STRUCTURE/links/5563181c08ae9963a11b73de/METHODS-OF-MONITORING-AND-ASSESSMENT-OF-CHANGES-IN-LAND-USE-AND-LAN](https://www.researchgate.net/profile/Zdenek-Lipsky/publication/266089575_METHODS_OF_MONITORING_AND_ASSESSMENT_OF_CHANGES_IN_LAND_USE_AND_LANDSCAPE_STRUCTURE/links/5563181c08ae9963a11b73de/METHODS-OF-MONITORING-AND-ASSESSMENT-OF-CHANGES-IN-LAND-USE-AND-LAN)
- Luque, M., Pérez, J., Rodríguez, Y. y Jiménez-Rodríguez, C. (2019). Análisis del proceso de fragmentación de bosques: metodologías orientadas en el uso de sistemas de información geográfica y métricas del paisaje. Revista Ciencias Agropecuarias, 5(1), 32-42. DOI: <https://doi.org/10.36436/24223484.193>
- Meza, N. (2021). Portafolio de productos y servicios turísticos en cuatro corredores Biológicos de Costa Rica. PNUD. Costa Rica. <https://www.undp.org/es/costa-rica/publicaciones/resumen-portafolio-de-productos-y-servicios-turisticos-en-cuatro-corredores-biologicos-de-costa-rica>
- Ministerio de Agricultura-Corporación Nacional Forestal-Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Santiago. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/Plan-Nacional-de-Restauracion-de-Paisajes-2021-2030.pdf>
- Morera, C. y Sandoval, L. (2013). Los procesos de fragmentación y la conectividad forestal en Costa Rica: Dos casos de estudios. Geografía, Paisaje y Conservación. ECG - UNA.
- Morera, C., Sandoval, L. y Alfaro, L. (2021). Ecological corridors in Costa Rica: An evaluation applying landscape structure, fragmentation-connectivity process, and climate adaptation. Conservation Science and Practice. <https://doi.org/10.1111/csp2.475>

- Morera, C. y Sandoval, L. (2018). Fragmentación y conectividad de la cobertura natural a nivel cantonal en Costa Rica durante los años 2000 y 2015. *Revista Geográfica de América Central*, 61e(4), 91-108.
- Naciones Unidas. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf)
- Rico, G. y Latam, M. (2017). Corredores biológicos para atenuar los impactos de la deforestación. *Semana*. <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/corredores-biologicos-sirven-para-atenuar-los-impactos-de-la-deforestacion/38736/>
- Reyes, H., Morera, C. y Reyes, O. (2017). Geografía ambiental: métodos y técnicas desde América Latina. EUN. Heredia. Costa Rica.
- Romero, M., Morera, C., Alfaro, L., Marín, R. y Barrantes, O. (2009). Degradación del paisaje natural en territorios urbanos, medido a través de métricas del paisaje. Universidad Nacional. [http://www.una.ac.cr/observatorio\\_ambiental/index.php?option=com\\_booklibrary&task=view&id=27&catid=47&Itemid=37](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=27&catid=47&Itemid=37)
- Sánchez, J. (2019). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL, Libros de la CEPAL, N° 158 (LC/PUB.2019/18-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/8/S1900378\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/8/S1900378_es.pdf)
- Sánchez, L. (2002). II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. UNESCO. UY. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000163153>
- Sandoval, I. y Castillo, M. (2011). Áreas protegidas de Costa Rica: Fragmentación, Tamaño y Forma. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 6 (1-2), 1-10. file:///C:/Users/50688/Downloads/reasprotegidasdeCostaRicaFragmentacintamaoyforma.pdf
- SINAC. (2017). Herramienta para medir la efectividad de la gestión de Corredores Biológicos. Programa Nacional de Corredores Biológicos. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Costa Rica. [https://enbcr.go.cr/sites/default/files/mg2\\_sinac\\_2018\\_herramienta\\_para\\_medir\\_la\\_efectividad\\_de\\_gestion\\_de\\_corredores\\_biologicos.pdf](https://enbcr.go.cr/sites/default/files/mg2_sinac_2018_herramienta_para_medir_la_efectividad_de_gestion_de_corredores_biologicos.pdf)

- SINAC. (2018). Plan Estratégico 2018-2025 del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica (Informe Final). Programa Nacional de Corredores Biológicos. San José-Costa Rica. [https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac\\_2018\\_planestrategico\\_programa\\_nacional\\_de\\_corredores\\_biologicos\\_costa\\_rica.pdf](https://enbcr.go.cr/sites/default/files/sinac_2018_planestrategico_programa_nacional_de_corredores_biologicos_costa_rica.pdf)
- SINAC. (2023). Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)
- Sierra, R., Cambroner, A. y Vega, E. (2016). Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica. 1987-2013. [https://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/rsie-rraacambronerovega\\_patrones\\_y\\_factores\\_cus.pdf](https://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/rsie-rraacambronerovega_patrones_y_factores_cus.pdf)
- Szek, M. (2012). Fragmentación del paisaje en áreas protegidas [Tesis]. Universidad de Barcelona. [https://www.tdx.cat/bitstream/10803/97353/1/01.SZEK\\_1de2.pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/10803/97353/1/01.SZEK_1de2.pdf)
- Santos, T. y Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas, 2, 3-12. [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006\\_Ecosistemas\\_2\\_3.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006_Ecosistemas_2_3.pdf)
- Subirós, J., Linde, D., Pascual, A. y Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 48. [https://www.researchgate.net/publication/39107731\\_Conceptos\\_y\\_metodos\\_fundamentales\\_en\\_ecologia\\_del\\_paisaje\\_landscape\\_ecology\\_Una\\_interpretacion\\_desde\\_la\\_geografia](https://www.researchgate.net/publication/39107731_Conceptos_y_metodos_fundamentales_en_ecologia_del_paisaje_landscape_ecology_Una_interpretacion_desde_la_geografia)
- Schlönvoigt, M. (2019). La importancia de los corredores biológicos como estrategia de conservación de la biodiversidad y adaptación al cambio climático. Ambientico, 272(1), 13-18. [https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/29818/272\\_13-18.pdf](https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/29818/272_13-18.pdf)
- Patel, R. (2021). Paper plans and possibility: A critical analysis of landscape conservation policy in the Mesoamerican Biological Corridor [Planes en papel y posibilidad: Un análisis crítico de la política de conservación del paisaje en el Corredor Biológico Mesoamericano]. Environmental Development, 37, 100600. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100600>

- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta Ecológica*, (68), 71-84.  
<https://www.redalyc.org/pdf/539/53906808.pdf>
- Vargas, G. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. *Revista Reflexiones*, 87(2), 9-38. ISSN: 1021-1209.
- Vargas, B., Corral, J., Aguirre, O., López, J., Santos, H., Zamudio, F., Treviño, E., Martínez, M. y Aguirre, C. (2017). SiBiFor: Sistema Biométrico Forestal para el manejo de los bosques de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 23(3), 437-455.  
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.06.040>
- Velásquez, F. (2017). Caracterización de la Estructura del Paisaje y su Estado de Conservación en las Cuencas de Cabecera de Medellín. [Trabajo de Grado, Especialización en Sistemas de Información Geográfica]. Facultad de Ingenierías, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingenierías, Medellín. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/e4d9d5a8-3aba-4310-98cc-b28b85af422b/content>
- Villate, R., Canet, L., Chassot, O. y Monge, G. (2009). El Corredor Biológico San Juan-La Selva: una estrategia exitosa de conservación. San José, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10161/A3897e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Worboys, G., Francis, W. y Lockwood, M. (2010). Connectivity conservation management: a global guide (with particular reference to mountain connectivity conservation). Earthsca.