

Conectividad estructural entre áreas prioritarias de conservación del Corredor Biológico Premontano Chirripó-Savegre, Costa Rica

Adrián Arias Navarro¹ , Erick Madrigal Villanueva¹  & Enzo Vargas Salazar² 

1. Universidad Nacional, Sede Regional Brunca, San José, Costa Rica; adrian.arias.navarro@una.cr, erick.madrigal.villanueva@una.cr
2. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Área de Conservación Amistad Pacífico-Parque Nacional Chirripó, San Gerardo de Rivas, San José, Costa Rica; enzo.vargas@sinac.go.cr

Recibido 16-X-2021 • Corregido 25-X-2021 • Aceptado 26-X-2021

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14iS1.3872>

ABSTRACT. “Structural connectivity between priority conservation areas of the Chirripó-Savegre Premontane Biological Corridor, Costa Rica”. **Introduction:** Structural forest connectivity in biological corridors defines degree to which landscape facilitates, or prevents, movement between resource patches. However, there is insufficient information on this subject for the Chirripó-Savegre area. **Objective:** To evaluate structural connectivity of the possible link route between priority conservation areas of the Chirripó-Savegre Premontane Biological Corridor, Costa Rica. **Methods:** We defined the protected wild areas to be connected; identified priority connection nodes or nuclei (forest patches); defined the obstacles (roads, villages and soils devoid of vegetation), estimated distance to water bodies protected by law; and modeled the connectivity route. **Results:** The structural connectivity route runs between the contour lines on 1,600 and 2,100 meters above sea level, with six intervention points (wildlife crossings, reforestation or natural regeneration). **Conclusion:** A structural connectivity route can be developed in the Chirripó-Savegre corridor.

Keywords: Connection, community management, voids, protected areas, protection.

RESUMEN. Introducción: La conectividad forestal estructural en corredores biológicos define el grado en que el paisaje facilita o dificulta el movimiento entre parches de recursos. Sin embargo, no existe información suficiente sobre este tema para el corredor Chirripó-Savegre. **Objetivo:** Evaluar la conectividad estructural de la posible ruta de enlace entre áreas prioritarias de conservación del Corredor Biológico Premontano Chirripó-Savegre, Costa Rica. **Métodos:** Definimos las áreas silvestres protegidas a conectar; identificamos nodos o núcleos de conexión prioritarios (parches de bosque); definimos los obstáculos (caminos, pueblos y suelos desprovistos de vegetación), distancia estimada a los cuerpos de agua protegidos por la ley; y modelamos la ruta de conectividad. **Resultados:** La ruta de conectividad estructural discurre entre las curvas de nivel sobre los 1.600 y 2.100 msnm, con seis puntos de intervención (pasos de fauna, reforestación o regeneración natural). **Conclusión:** Se puede desarrollar una ruta de conectividad estructural en el corredor Chirripó-Savegre.

Palabras clave: Conexión, gestión comunitaria, vacíos, áreas protegidas, protección.

Costa Rica tiene un Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) el cual crea, administra y establece las áreas silvestres protegidas con sus diferentes categorías de manejo, las cuales por sí solas no promueven una conectividad estructural entre ecosistemas, lo que podría generar aislamiento de las especies. Con el objetivo de promover el movimiento de las especies entre las áreas silvestres protegidas, surge el Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica, mediante el Decreto Ejecutivo N° 33106 y reformado por el Decreto Ejecutivo N° 40043 (2016), con el fin de promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en Costa Rica, desde una perspectiva de conectividad ecosistémica funcional y estructural (Decreto Ejecutivo N°40043, 2016).



Mediante la creación del Corredor Biológico Premontano Chirripó Savegre se busca alcanzar la conectividad biológica entre el Parque Nacional Chirripó, el Centro Biológico Las Quebradas, la Reserva Forestal Los Santos y la Reserva Forestal Río Macho, también pretende propiciar la movilidad de la flora y fauna silvestre en peligro de extinción a través de las microcuencas del área, fomentar la investigación y el conocimiento de los recursos del área y apoyar/impulsar el desarrollo sostenible de la zona, uniendo esfuerzos entre las organizaciones, instituciones locales, las empresas y la sociedad civil. Incentivar la participación comunal en el desarrollo del Corredor Biológico e implementar la educación ambiental para el desarrollo de la cultura ecológica (Hernández, 2021) podrán garantizar la conservación de la biodiversidad.

Ahora bien, el Corredor Biológico Premontano Chirripó Savegre no cuenta con una ruta establecida de enlace, principalmente por carecer de un Plan de Gestión, pero que se debe definir bajo el concepto de la conectividad estructural, así se establecería el sector que se debe anticipar como ruta oficial entre áreas prioritarias de conservación. Por tal motivo, el objetivo es evaluar la conectividad estructural de la posible ruta de enlace entre áreas prioritarias de conservación del Corredor Biológico Premontano Chirripó-Savegre, que podría indicar si están relacionados con la conectividad funcional y el comportamiento de los organismos ante la estructura física (Alonso-F, Finegan et al., 2017)

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio: El Corredor Biológico Premontano Chirripó Savegre, con un territorio de 32 944 hectáreas, se ubica en las faldas del Cerro Chirripó, Cerro de la Muerte y zonas altas del distrito de Páramo y Río Nuevo de Pérez Zeledón. Forma parte del Área de Conservación La Amistad-Pacífico (ACLA-P), inicia al norte con el Parque Nacional Chirripó (su zona de amortiguamiento) y al este limita con el corredor biológico Alexander Skutch, al oeste limita con la Reserva Forestal los Santos y hacia el sur con el corredor biológico Paso de la Danta.

Participantes: La investigación tuvo como participantes a estudiantes asistentes de la Universidad Nacional de carreras a fin como administración, secretariado y turismo. También participaron funcionarios del Parque Nacional Chirripó y responsable del proyecto. También se contó con la cooperación y alianza de los responsables del proyecto de paisajes productivos del programa de naciones unidas que se desarrolla en la zona de estudio y de los grupos comunales con quienes ellos trabajan en el tema de viveros forestales.

Método: La propuesta de conectividad estructural del Corredor Biológico Premontano Chirripó Savegre radicó en cinco fases: la primera consistió en la definición de las áreas silvestres protegidas a conectar, segundo identificar los nodos o núcleos prioritarios de conexión (parches de bosque), tercero definición de las áreas o sitios de dificultad de desplazamiento de las especies (camino, poblados y suelos desprovistos de vegetación), cuarto distancia a cuerpos de agua protegidos por Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 72, 1996) y quinto modelamiento de la ruta de conectividad integrada por los núcleos prioritarios para la conservación, a través de las rutas de menor dificultad al desplazamiento.

Procedimiento y periodo: Para determinar la ruta de conectividad utiliza como periodo hábil el año 2020 con las capas oficiales que posee en Instituto Geográfico Nacional (ING) y se obtiene bajo el siguiente procedimiento:



Definición de las áreas silvestres protegidas a conectar: Se identificó el Parque Nacional Chirripó y la Reserva Forestal Los Santos como las áreas prioritarias a conectar, las cuales están protegidas por ley, en propiedad del estado y bajo categoría de manejo.

Identificación de nodos o núcleos prioritarios de conexión (parches de bosque): Para la definición de los nodos o núcleos de conexión se recurrió al software libre de información geográfica Quantum GIS Zanzíbar 3.8.2 (QGIS Development Team, 2019) y la capa en formato *shape* de uso forestal disponibles en el ING y su Sistema Nacional de Información Territorial.

La capa en formato *shape* de uso forestal se dividieron en parche de bosque bajo el criterio que las áreas menos alteradas son las que no imponen dificultad de movimiento de las especies (Arias et al., 2008, Nuñez et al., 2013). Por ello se utiliza una métrica estructural de los fragmentos de bosque identificando aquellos por escala de mayor a menor tamaño como prioridad de conexión, es así que los bosques se dividieron en las siguientes categorías y escala de valores propuesta por el Programa Nacional de Corredores Biológicos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación en su herramienta de efectividad de manejo de los Corredores Biológicos (2017), (Ver TABLA 1) donde “1” representa las áreas menos alteradas o fragmentadas:

TABLA 1

Categorías de bosque por tamaño en hectáreas.

Tamaño de parche de bosque (ha)	Categoría
Mayor a 100	1
Mayor a 40 y menores a 100	2
Mayor a 20 y menores a 40	3
Mayor a 10 y menores a 20	4
Mayor a 4 y menores a 2	5

Fuente: Programa Nacional de Corredores Biológicos (SINAC).

No se consideran los ecosistemas boscosos menores a 2ha ya que no están definidos como bosque según la Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 72, 1996).

Definición de las áreas o sitios de dificultad de desplazamiento de las especies (caminos, poblados y suelos desprovistos de vegetación): Fueron determinados por los tipos de cobertura natural y por las actividades humanas que existen o se desarrollan sobre el territorio del Corredor Biológico. Es así que, las áreas menos alteradas son las que imponen menos dificultad de movimiento y las más alteradas tendrán un puntaje mayor por la posible dificultad de movimiento (Puebla et al., 2020).

Caminos: Para los caminos se establece su peso de acuerdo a su categoría establecida en el Atlas Digital de Costa Rica 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014) y además se realiza un buffer de acuerdo a la definición del Consejo Nacional de Caminos de Costa Rica donde la de mayor buffer representa mayor tránsito por ende a mayor cercanía a las mismas impone mayor dificultad de desplazamiento de las especies por la perturbación por el ruido y otras formas de contaminación vehicular, por tanto, se clasifica de la siguiente forma (Ver TABLA 2):



TABLA 2

Categorías de caminos y su buffer en metros

Caminos	Categoría	Buffer (metros)
Interamericana Sur	3	50
Calle Nacional	2	25
Calle Municipalidades	1	15

Poblados: Para determinar la resistencia a la conectividad ejercida por los poblados se utilizó el Atlas de Costa Rica 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014), creando un buffer de mayor a menor distancia con respecto a la densidad de población así calificada o categorizada en el Atlas, donde los poblados de mayor densidad de población se le otorga la mayor categoría y radio 5km así recomendado por (Arias et al., 2008), quedando de la siguiente forma (Ver TABLA 3):

TABLA 3

Categorías de poblados y su buffer en metros

Poblado	Categoría	Buffer (metros)
P1= menor densidad de población	1	1 000
P2	2	2 000
P3	3	3 000
P4= Mayor densidad de población	4	5 000

Suelos desprovistos de vegetación: Esta categoría está dada por el Atlas 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014) y se expresa por ausencia de cobertura boscosa, no se establece categorías para este rubro ya que en el sector no se encuentran cultivos bien identificados o extensiones de estos que sean representativos, es cambiante también el uso del suelo con respecto a cada año. Aquí se deben hacer trabajos de reforestación o de sistemas productivos que mejoren la conectividad estructural de la ruta identificada.

Distancia a cuerpos de agua protegidos por Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 72, 1996): Los cuerpos de agua se utilizaron para analizar los vacíos de conservación o suelos desprovistos de vegetación, acá se pretende estimar la existencia de cuerpos de agua (ríos o quebradas) que estén dentro de los sitios desprovistos de vegetación y que se podrían utilizar para conectar los parches de bosque o nodos prioritarios de conexión, bajo el nivel de protección que deberían de tener por Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 72, 1996) definidas las áreas de protección en sus artículos N° 33 y 34, así promover acciones de recuperación o regeneración natural en los márgenes de la quebrada o ríos que podrían conectar los nodos prioritarios de conexión como prioridad bajo el marco legal que las ampara.

Procedimiento para el modelamiento de la ruta de conectividad: La modelación de la ruta de conectividad estructural se dio mediante la utilización del sistema de información geográfica QuantumGIS Zanzibar 3.8.2 (QGIS Development Team, 2019) bajo criterio y consulta de expertos, dando prioridad de conexión a los parches de bosque de categoría 1, 2 y 3 realizando una selección de los mismos con la operación de QGIS Zanzibar 3.8.2 “seleccionar por expresión”. Una vez realizada esta selección se procede a utilizar el algoritmo “diferencias” con los parches de bosque de categoría 1, 2 y 3, poblados y caminos, extrayendo los objetos espaciales de la capa de entrada (bosque categoría 1,2 y 3) que caen fuera, o traslapan parcialmente en la capa de superposición



(poblados y caminos) y solo se conservan las partes fuera de los objetos espaciales de la capa de superposición.

Una vez obtenida esta capa de “diferencias” se calculó con la herramienta de geometría “centroides de polígono” el centro de los fragmentos obtenidos de bosque para realizar el cálculo de distancia entre fragmentos con la herramienta de análisis “Análisis de vecinos más próximos” para unir los nodos de conexión más cercanos que promueven una mayor conectividad estructural (Puebla et al., 2020). En las partes desprovistas de cobertura de vegetación se dio prioridad de conexión por medio de los cuerpos de agua protegidos por Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 72, 1996) utilizando la capa de ríos del Atlas 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014) y que además puede conectar con brazos que faciliten la movilización de especies (Colorado et al., 2017).

Tamaño y Criterios de elección de la muestra: Todo el Corredor Biológico para generar el análisis potencial de la ruta de conectividad a definir, las coberturas naturales, los ríos y carreteras viales.

RESULTADOS

Se obtuvo una ruta de conectividad longitudinal debido a que una misma región altitudinal (Puebla et al., 2020), que va desde los 1 500 a los 2 100 metros sobre el nivel del mar enlazando las Áreas Silvestres protegidas; Parque Nacional Chirripó con Reserva Forestal Los Santos, según el estudio de elevación con las capas de Relieve del Atlas Costa Rica 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014).

Con la práctica de nodos prioritarios de conexión se obtienen 15 nodos de categoría 1, 5 nodos de categoría 2 y 5 nodos de categoría 3 como se muestra en la siguiente tabla (Ver TABLA 4):

TABLA 4

Nodos prioritarios de conexión por categoría y hectáreas

Cantidad de nodos prioritarios de conexión	Categorías	Cantidad de hectáreas
15	1	16 022
5	2	302,14
5	3	123,50

Con los nodos prioritarios de conexión se calcula la distancia entre los centros, para dar prioridad de conexión a los más cercanos y así podrían minimizar el efecto borde de la ruta de conectividad propuesta. Para esto se utiliza la herramienta de análisis de QGIS “Análisis de vecinos más próximos” obteniendo una distancia media observada de 786 metros entre los parches de bosque de categoría 1 y entre las categorías 1, 2 y 3 existe una distancia de 755 metros entre los nodos de conexión, esto nos indica el nivel de aislamiento que se puede presentar entre los fragmentos (Ver TABLA 5).

Resumido de la siguiente forma:



TABLA 5

Categoría de nodos de conexión y distancia

Nodos de conexión	Distancia entre nodos en metros
Categoría 1	786
Categorías 1, 2 y 3 unidos	755

Se obtiene una capa de diferencia entre las calles y la cobertura forestal de nodos prioritarios los cuales terminan de corroborar la dirección de la ruta de conectividad propuesta por los nodos prioritarios de conexión, donde se obtiene un mapa que muestra el sector donde menos densidad de caminos existe (Fig. 1).

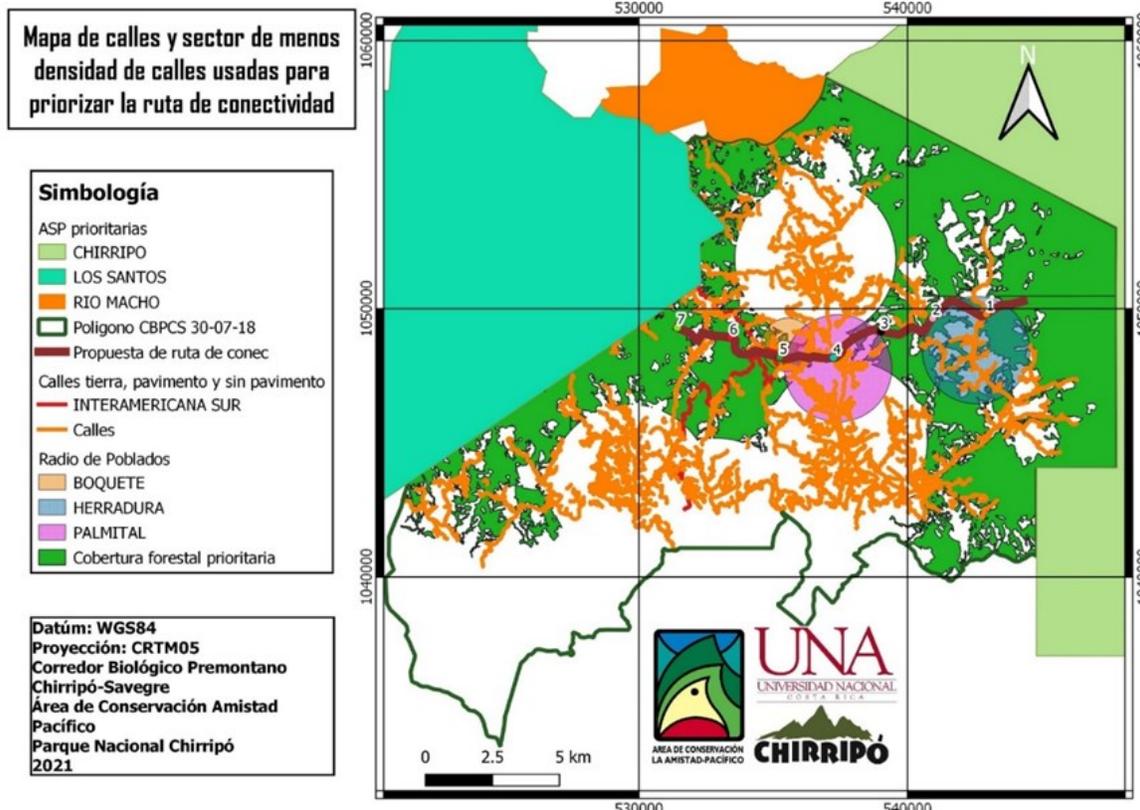
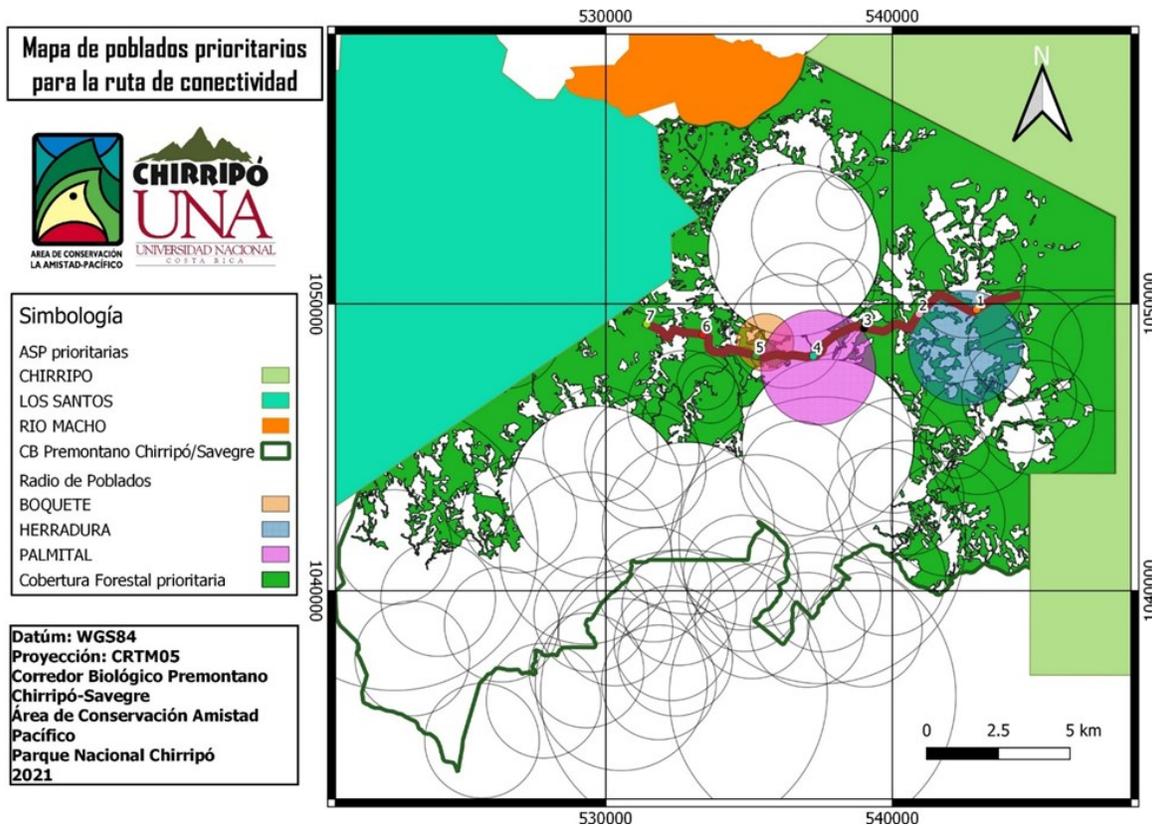


Fig. 1 Mapa de calles y sector de menos densidad de calles usadas para priorizar la ruta de conectividad

Una vez determinada la densidad de poblados se obtienen 4 categorías a las cuales se le da prioridad de conexión en la ruta de conectividad a poblados de categoría 1 y categoría 2, se discriminan los de categoría 4 (cabecera de distrito con densidad de población alta según el atlas 2014) y los de categoría 3. Quedando dentro de la ruta el poblado de Boquete con categoría 1 y Palmital de categoría 2 (Fig. 2)



Para priorizar la ruta de conectividad estructural en el sector más desprovista de vegetación se utilizan los ríos como cobertura natural y se determina que en el sector de Palmital se encuentran dos afluentes que interconectan los nodos de la cobertura forestal prioritarios, siendo la quebrada Hilario con la quebrada Ernesto las que se determinan como posibles conectores de la ruta y además es el sector donde mayor reforestación o regeneración natural se debe realizar (Fig. 3).

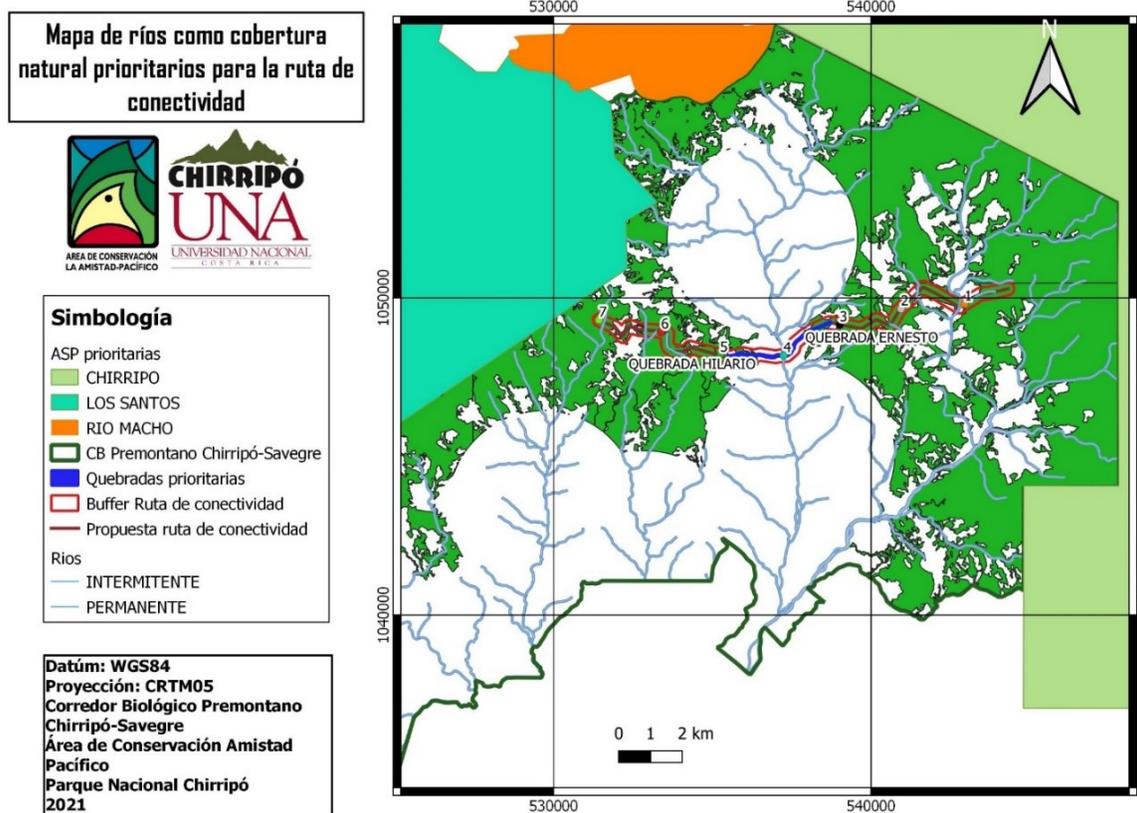


Fig. 3 Mapa de ríos como cobertura natural para la ruta de conectividad.

La ruta de conectividad estructural tiene una distribución longitudinal entre las curvas de nivel con sus alturas entre los 1 600m.s.n.m a 2 100m.s.n.m en su mayoría (Fig. 4).

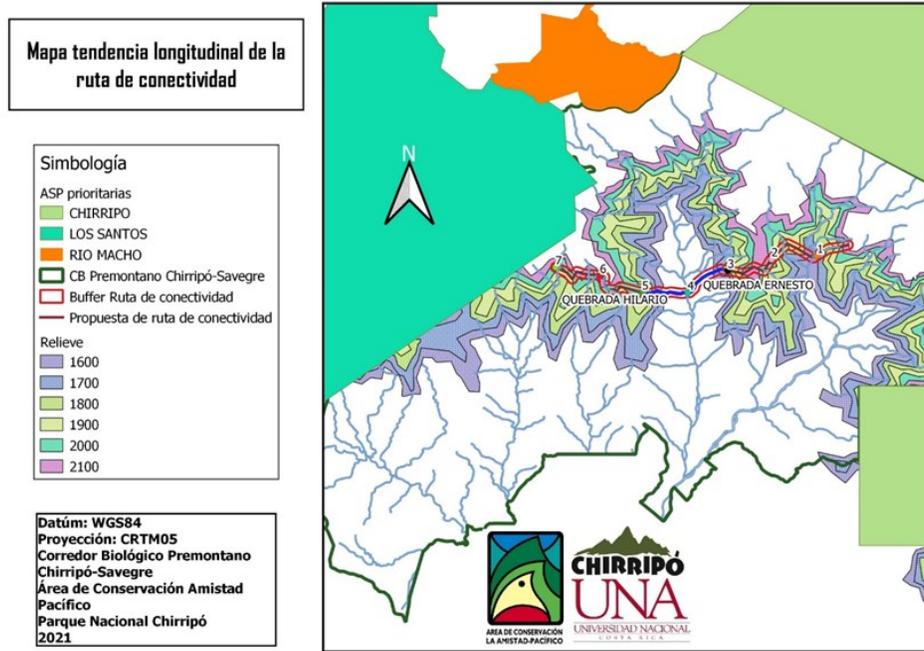


Fig. 4 Mapa tendencia longitudinal de la ruta de conectividad.

Se reconocen seis puntos de regeneración o reforestación para procurar la conectividad estructural entre los parches de bosque prioritarios a conectar (Fig. 5)

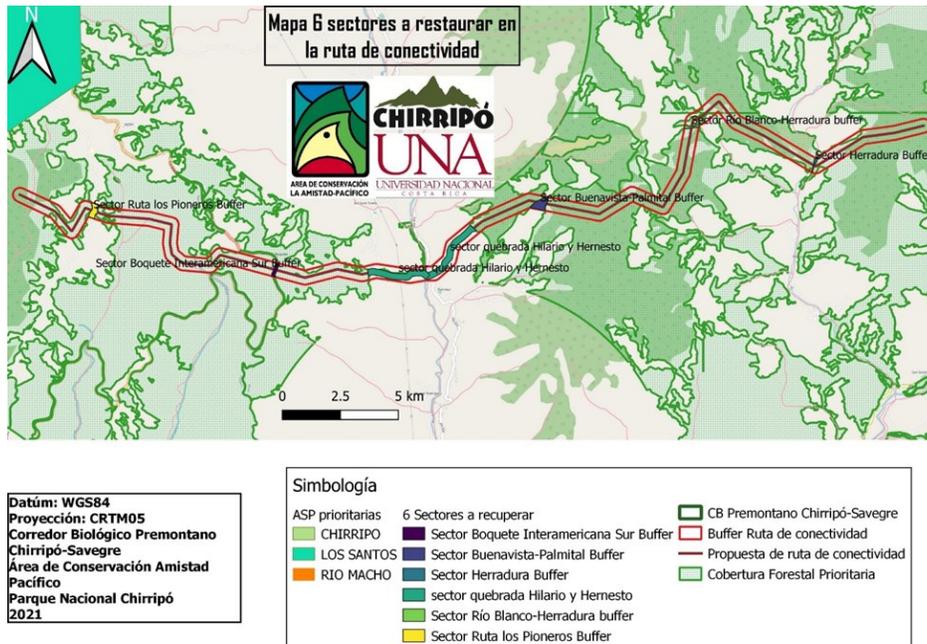


Fig. 5 Sectores a restaurar en la ruta de conectividad.

DISCUSIÓN

El análisis estructural es una práctica que hoy en día está siendo utilizada para la gestión del territorio de los corredores biológicos, la cual los planes de gestión utilizan para la planificación de acciones de conservación y desarrollo sostenible por medio de sus comités locales. Un ejemplo reciente es el del Corredor Biológico Alexander Skutch y su comité local que desarrolla proyectos de conservación y desarrollo sostenible siempre procurando la recuperación de la conectividad estructural identificada bajo su plan de gestión, misma que conecta el Parque Nacional Chirripó y Refugio de Aves Alexander Skutch siguiendo como columna vertebral el río Peñas Blancas.

El Corredor Biológico Premontano Chirripó Savegre toma como referencia los estudios de las rutas de conectividad que están implementando los corredores biológicos y así priorizar sus planes de trabajo en procurar la conectividad estructural como respuesta al cambio climático promoviendo que las especies se puedan desplazar a los hábitats que considere más apropiados para su supervivencia (Arias et al., 2008, Galpern, 2012; Chacón, 2016).

La esencia del presente trabajo radica en como la ruta de conectividad responde a las necesidades de desplazamiento de las especies desde la Reserva Forestal Los Santos hasta el Parque Nacional Chirripó bajo una ruta de conectividad longitudinal que contiene cuatro aspectos importantes a gestionar dentro de la misma; (1) un bosque con mayor cobertura natural que mantiene su cercanía a las áreas silvestres protegidas, (2) disminuye su cobertura conforme se acerca a los sitios de mayor perturbación como lo son las carreteras, densidad de población y áreas cubiertas por pastos en su mayoría. (3) Áreas de protección que pueden conectar parches de bosque que se encuentran desprovistas de vegetación y además incumplen con la legislación ambiental y (4) una ruta de conectividad estructural identificada por medio de sistemas de información geográfica y validación de campo que identifica los sitios prioritarios a reforestar, ruta que es similar a la dinámica que reporta otros estudios (Calvo-Obando, 2009; Gómez-Chavarría, 2014; Chacón, 2016).

En las rutas de menor resistencia identificadas existe dos barreras importantes que se deben trabajar las cuales corresponden a la red de camino, con su ausencia de pasos de fauna, una segunda que corresponde a la ausencia de cobertura forestal en las áreas más cercanas entre parches de bosque, las cuales se podrían solucionar si se aplicara la legislación vigente promoviendo la reforestación en zonas que por ley deben estar provistas de vegetación boscosa como lo son las áreas de protección de quebradas y Ríos.

El estudio de conectividad con su validación de campo, en sus giras refleja la realidad que muestran las capas del ATLAS 2014 (Ortiz-Malavasi, 2014), donde existen campos desprovistos de vegetación, escaseándose la cobertura cuando se acerca a los poblados y zonas de desarrollo agrícola, para lo cual se plantean dos posibles acciones para mejorar lo descrito, lo cual consiste en generar diálogo con los dueños de las propiedades y reforestar los sectores críticos, bajo el proyecto de reforestación con sus viveros de Paisajes productivos y además llevar de la mano la aplicación de la legislación bajo denuncias al Sistema Nacional de Áreas de conservación para devolver las áreas de protección ya descritas en caso de no existir colaboración voluntaria de los dueños de los inmuebles.

La ruta de conectividad debe seguir siendo monitoreada y evaluar su dinámica, para así determinar si está siendo afectada positiva o negativamente en su cobertura natural, como así, si la misma podría modificar su ruta para una mejor y mayor conectividad.



AGRADECIMIENTOS

A los integrantes del comité del corredor biológico premontano Chirripó - Savegre y dueños de finca, donde fueron colocadas las cámaras trampa por su disposición y apoyo en la ejecución de la investigación. También agradecer a la administración y funcionarios del Parque Nacional Chirripó, por su disposición y colaboración para lograr los objetivos planteados en el proyecto.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la preparación de este documento; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: Todos los autores: Diseño del estudio, recolección y análisis de datos, preparación y aprobación final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Alonso-F, A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 143-156. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>
- Arias, E., Chacón, O., Herrera, B., Induni, G., Acevedo, H., Coto, M., & Barborak, J. R. (2008). Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, 54, 37-43.
- Bennett, A. (2004). *Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. Gland, Suiza. IUCN. 276 p.
- Calvo-Obando, A. (2009). *Determinación de índices de fragmentación y modelamiento de la conectividad en los corredores biológicos de Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5678>
- Chacón, I. (2016). Rutas de conectividad entre las áreas protegidas del área de conservación arenal-tempisque bajo diferentes escenarios de cambio climático. [Tesis de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Costa Rica]. <http://163.178.205.27:8080/xmlui/handle/123456789/244>
- Colorado, G.J., Vásquez, J. L., Mazo, I. N. (2017). Modelo de Conectividad Ecológica de Fragmentos de Bosque Andino en Santa Elena. Medellín, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 379-393. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013>
- Decreto 40043 -MINAE. (2016). *Regulación del Programa Nacional de Corredores Biológicos*. <https://bit.ly/3BXNDdJ>
- Ortiz-Malvasi, E. (2014). *Atlas de Costa Rica 2014*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/6749>
- Galpern, P. (2012). *Modelling landscape connectivity for highly-mobile terrestrial animals: a continuous and scalable approach*. [Tesis de Doctorado, University of Manitoba]. <https://bit.ly/3GWkFyC>
- Gómez-Chavarría, O. (2014). *Ancho óptimo de las rutas de conectividad biológica, en el subcorredor barbilla-destierro, zona central-caribe de Costa Rica*. [Tesis Licenciatura, Instituto tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3936>



- Hernández, R. (2021). *Estrategia pedagógica en educación ambiental rural para generar una cultura ecológica a partir de proyectos ambientales escolares en estudiantes de bachillerato de la Institución Educativa el Tobal del municipio de Carcasí Santander*. [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9206>
- Instituto Geográfico Nacional (2020). Mapas Topográficos Edición IGNCR. Escala 1:50.000. San José, Costa Rica. <https://www.snitcr.go.cr>
- Ley Forestal N° 7575, La Gaceta, 72, 16 de abril de 1996, 1-36 http://agronegocios.catie.ac.cr/images/pdf/Ley_Forestal_Costa_Rica.pdf
- Nuñez, T. A., Lawler, J. J., McRae, B. H., Pierce, D. J., Krosby, M., Kavanagh, D. M., Singleton, P. H., & Tewksbury, J. J. (2013). Connectivity planning to address climate change. *Conservation Biology*, 27(2), 407-416.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación Programa Nacional de Corredores Biológicos. (2017). *Herramienta para medir la efectividad de la gestión de los Corredores Biológicos*. SINAC.
- Puebla, A. R., Rodríguez, Y., & Álvarez-Amargos, P. M. (2020). Propuesta de rutas de conectividad para la conservación de la biodiversidad en Sierra Maestra, Cuba. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 51-67. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.3>
- QGIS Development Team, (2019). *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. <https://qgis.org>

