

ÁREAS COMPLEMENTARIAS COMO GRANDES CONECTORES DE LA BIODIVERSIDAD

Ficha metodológica

El área de estudio corresponde a las ecorregiones reconocidas en el mapa de regiones bióticas terrestres del Instituto Humboldt (ref), el cual define 67 ecorregiones para el país. Con el fin de cuantificar el área total que cuenta actualmente con protección a nivel nacional, utilizamos la base de datos del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), y del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC). Esta base de datos incluye las Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales Protectoras, Parques Nacionales Regionales, Distritos de Manejo Integrado, Distritos de Conservación de Suelos, y Reservas Naturales de la Sociedad Civil. Para cada ecorregión, estimamos el área que se necesitaría manejar dentro de las estrategias complementarias de conservación para alcanzar las metas establecidas en el CBD en relación con la meta del 17% y el 30 %. El área que debe ser protegida para cada ecorregión fue calculada como:

$$\text{Área que falta por proteger} = (A * P/100) - (A * T/100)$$

Donde A es el área total de la ecorregión en km², P es el porcentaje del área que cuenta con algún tipo de

protección y T es el target de representatividad (17 % o 30 %).

Cuantificación de la conectividad

Para la cuantificación del área conectada entre áreas protegidas por ecorregión, utilizamos el índice ProtConn. ProtConn es el resultado de la combinación, a través del análisis de redes, del tamaño, cobertura y la disposición espacial de las áreas protegidas considerando distancias de dispersión (Saura et al., 2017). Esta métrica se basa en el índice de probabilidad de conectividad (PC) y el índice de Área conexas equivalente (ECA) previamente descrito por Saura y Pascual-Hortal (2007) y Saura y Rubio (2010). ProtConn se define como:

$$\text{ProtConn} = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n+t} \sum_{j=1}^{n+t} a_i a_j p_{ij}}}{A_L}$$

Donde n corresponde a la cantidad de AP dentro de cada ecorregión, t es el número de AP dentro de un área buffer transfronteriza fuera de la unidad de análisis (50 km a nivel regional), a_i y a_j corresponden al tamaño de las AP i y j, A_L es el área total de cada ecorregión, y p_{ij} es la probabilidad máxima del producto de todas las rutas que conectan los nodos i y j. El área para

las AP transfronterizas fuera de la ecorregión corresponde a 0. Todos los indicadores de conectividad se calcularon considerando tres distancias medias de dispersión: 1 km, 10 km y 50 km. Estas distancias se refieren a la distancia media recorrida por un dispersor desde su hogar actual a uno nuevo. Con el fin de tomar en cuenta el grado de resistencia que la heterogeneidad del paisaje ejerce sobre el movimiento de las especies entre APs, utilizamos la capa de huella humana de 300 m de resolución espacial desarrollada por Correa et al. (2020). Este mapa incorpora de una forma espacialmente explícita el impacto acumulado del hombre sobre el paisaje por medio de dos dimensiones espaciales: la intensidad del uso del suelo y el tiempo de intervención antrópica sobre los ecosistemas. La capa de huella humana fue seleccionada debido a que funciona como un buen indicador genérico de la heterogeneidad del paisaje (Correa et al. 2017), y además permite cuantificar la resistencia de la matriz para la movilidad de una amplia gama de especies, condición necesaria para realizar una evaluación nacional e incluso regional (Castillo et al. 2020). Todos los indicadores de protección y conectividad se calcularon utilizando el paquete R Makurhini (Godinez y Correa, 2020), diseñado específicamente para optimizar las medidas de conectividad del paisaje.

Identificación de corredores potenciales

Para identificar corredores potenciales entre ecorregiones, utilizamos Linkage Mapper, una herramienta SIG diseñada para desarrollar análisis de conectividad (McRae & Kavanagh 2012). Linkage Mapper produce una superficie de distancia costo

normalizada por trayectos de menor costo (least-cost paths en inglés) entre áreas núcleo (en nuestro caso APs). De esta manera, es posible priorizar polígonos basados en el valor medio de los corredores. Los trayectos normalizados de menor costo (NLCCAB) se definen como:

$$\text{NLCCAB} = \text{CWDA} + \text{CWDB} - \text{LCPAB}$$

Ecuación (1)

Donde CWDA + CWDB corresponde al costo sumando la distancia costo desde dos núcleos A y B, y LCPAB corresponde a los valores del trayecto de menor costo. Las celdas con los menores valores tienen mayor potencial de funcionar como corredores. Para nuestro análisis, asumimos que los organismos se pueden mover más fácilmente entre áreas que tienen las áreas naturales más intactas de acuerdo con la capa de huella humana (Correa et al. 2020). Con el fin de eliminar la inclusión de corredores irreales que podían ser muy gruesos, limitamos la distancia geográfica máxima entre dos núcleos a 200 km, siguiendo el protocolo descrito por Belote et al. (2016). Adicionalmente, limitamos el ancho de los corredores a un máximo de 50 km

Identificación y selección de estrategias complementarias de conservación

Una vez estimada el área extra que sería necesaria para proteger todas las especies y ecorregiones analizadas, identificamos las áreas prioritarias que pueden ser incluidas como estrategias complementarias de conservación. Para ello, desarrollamos un análisis de priorización espacial que toma en cuenta diferentes tipos de objetivos de conservación y los targets de área definidos en las secciones anteriores. Con el fin de definir unidades de

planeación, las cuales consisten en los sitios potenciales donde se pueden seleccionar las áreas de conservación, el país fue dividido en celdas de 1 km². Para cada unidad de planeación se calculó el número de especies contenido dentro de ellas, así como el costo potencial de establecer áreas para conservación o restauración. Para este análisis, tomamos en cuenta dos objetivos: 1) Maximizar la cantidad de especies protegidas por ecorregión y 2) Proteger corredores que incrementan la conectividad entre áreas protegidas. La priorización de áreas se basó en analizar los potenciales trade-offs espaciales que existen entre los diferentes objetivos. Para ello, utilizamos un análisis de costo beneficio que permite la identificación de áreas con el potencial más alto de ser seleccionadas hasta que un presupuesto específico es alcanzado (Wang et al. 2016). Para este análisis, los beneficios consisten en los objetivos que se quieren maximizar, mientras el costo es representado como el costo de incluir áreas para conservación o restauración. La función de optimización es descrita como:

$$\sum_{i=1}^I (\Phi c_i x_i + (1 - \Phi) w_i x_i) / Costo_i$$

Ecuación (2)

Donde el parámetro Φ representa pesos que van desde 0 a 1 y permiten la evaluación de trade-offs entre objetivos al definir su importancia relativa en cada solución (i.e. Φ representa el peso entre biodiversidad y corredores), c_i representa el valor de corredores y w_i representa el valor de biodiversidad en la unidad de planeación i . El costo de una unidad de planeación se definió basado en la

aproximación descrita por Burbano (2020), en donde se asume que aquellas áreas con una mayor calidad de la tierra tienden a ser más costosas que aquellas con calidad baja (Newburn et al. 2005). Dentro de esta relación, se asume que la renta de la tierra constituye un proxy sobre la calidad de la tierra. Entre mayor es la renta de la tierra, esta tiende a ser más productiva y por lo tanto el costo de ser adquirida para actividades de conservación o restauración es mayor (Naidoo & Adamowicz 2006; Naidoo & Ricketts 2006). Más detalles sobre la construcción de la capa de renta pueden ser consultados en Burbano et al. (2020).

Una vez definidos los costos (renta de la tierra) y los beneficios (cantidad de especies y potencial como corredores) para cada unidad de planeación, calculamos el costo beneficio (1) con el fin de encontrar una solución óptima para un grupo dado de pesos (Figura 1c). Las unidades de planeación fueron ordenadas de mayor a menor de acuerdo a los valores de costo beneficio. Las unidades fueron seleccionadas como estrategias complementarias de conservación de acuerdo con su costo beneficio hasta que se cumplió un target específico (17% o 30% de protección por ecorregión).

Clasificación en estrategias complementarias de conservación y contribución a conectividad

Las áreas complementarias identificadas fueron clasificadas en diferentes estrategias de manejo que pueden variar en su grado de rigurosidad (Donald et al. 2019, Jonas et al. 2014) de acuerdo con los valores de la capa de huella humana. Estas estrategias consistieron en: 1) protección estricta si el área se encuentra en una zona natural (< 15) o

con baja huella humana (> 15 y <40); 2) zonas de manejo mixto para áreas en zonas con valores medios de huella humana (> 40 y < 60); 3) áreas de restauración (> 60 en la capa de huella humana. Con el fin de estimar la viabilidad de mantener áreas naturales dentro de cada unidad de planeación a nivel nacional, utilizamos la capa de huella humana proyectada al año 2030. Finalmente, determinamos la contribución de las áreas complementarias por ecoregion al incremento de la conectividad. Para ello, calculamos las diferencias en los valores de ProtConn cuando las áreas prioritarias encontradas fueron incluidas y excluidas de la red de áreas protegidas.

Vulnerabilidad de los corredores al cambio climático

Un riesgo asociado al cambio climático, es que las medidas de adaptación y mitigación sean más lentas que los cambios promovidos por dicho fenómeno. Una manera de estudiar los riesgos y la resiliencia al cambio climático es el cálculo de la velocidad del cambio climático (VoCC). El VoCC es la estimación de la dirección y velocidad en la que una especie debería moverse para mantener sus condiciones climáticas actuales bajo el cambio climático. Por lo tanto, se desarrollaron los análisis de velocidad de cambio climático siguiendo el protocolo de Hamman et al. (2015), disponible para el lenguaje R en el material suplementario del artículo científico

(<https://onlinelibrary.wiley.com/action/downloadSupplement?doi=10.1111%2Fgcb.12736&file=gcb12736-sup-0003-AppendixS3.doc>). Este protocolo de VoCC consiste en dividir la tasa de cambio climático (tiempo inicial- tiempo final) por la tasa de variabilidad climática espacial (cambio de la temperatura-o-variable ambiental),

para obtener una velocidad a la que las especies deben migrar sobre la superficie de la tierra para mantener condiciones climáticas constantes. El protocolo de VoCC fue aplicado usando datos de temperatura máxima anual disponibles en worldclim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>), con proyecciones hacia el año 2030, en el escenario 8.5 (Altas emisiones) usando cuatro modelos de circulación (cnrm-cm5, inm-cm4, miroc-miroc5, mpi-esm). Los modelos de circulación fueron obtenidos del programa de investigación en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por sus siglas en inglés, http://ccafs-climate.org/data_spatial_downscaling/). Los resultados de los cuatro MCG fueron ensamblados, para así mantener solo los raster del RCP 8.5. El raster en formato de Sistemas de Información Geográfica se encuentra disponible en línea (<https://ee-biomodelos-gee4geo.projects.earthengine.app/view/natgeo>).

Finalmente, se sobrepuso el mapa de corredores con el mapa de VoCC para identificar los corredores que podrían ser considerados corredores y refugios climáticos. Los mapas fueron obtenidos usando rutinas de modelamiento la herramienta de modelamiento “biomodelos-sdm” y rutinas para evaluación de conectividad (https://github.com/PEM-Humboldt/Prioritization_connectivity_Colombia) y priorización de áreas de conservación desarrolladas en el marco del proyecto soportado por National Geographic Society “Developing an integrated species distribution modelling system to identify complementary conservation areas in Colombia” (NGS-86896T-21).

USOS Y USUARIOS RECOMENDADOS

La información puede ser usada para la toma de decisiones a nivel nacional, regional y local relacionadas con políticas y estrategias complementarias de conservación y restauración de ecosistemas terrestres de Colombia.

USUARIOS

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio del Interior, Departamento Administrativo de la Presidencia, Programa Visión Amazonía, ONGs y Cooperación
Cítese como:

Internacional, Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, Gobernaciones, Municipios, RAPEs, entre otros.

Cítese como: Suárez-Castro, A. F., Correa Ayram, C., Noguera-Urbano, E.A. & Gómez-Valencia, B. (2020). Áreas complementarias como grandes conectores de la biodiversidad. En: Moreno, L. A., & Andrade, G. I. (Eds.). Biodiversidad 2021. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.