

Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica

Elvis Arias¹, Oscar Chacón², Bernal Herrera³, Gustavo Induni⁴, Heiner Acevedo⁵, Mario Coto⁶, James R. Barborak⁷

La presente propuesta debe necesariamente integrarse con otros instrumentos y procesos de planificación del uso de la tierra, con el fin de proponer un manejo integrado del territorio que satisfaga múltiples necesidades de la población. Esto también implica un fortalecimiento de las estructuras institucionales relacionadas y un mayor trabajo intersectorial entre las instancias encargadas de la gestión de la biodiversidad en el país. Es necesario además realizar una revisión detallada de los corredores biológicos existentes con el fin de priorizar y canalizar esfuerzos y recursos nacionales en función de las nuevas propuestas y prioridades establecidas.

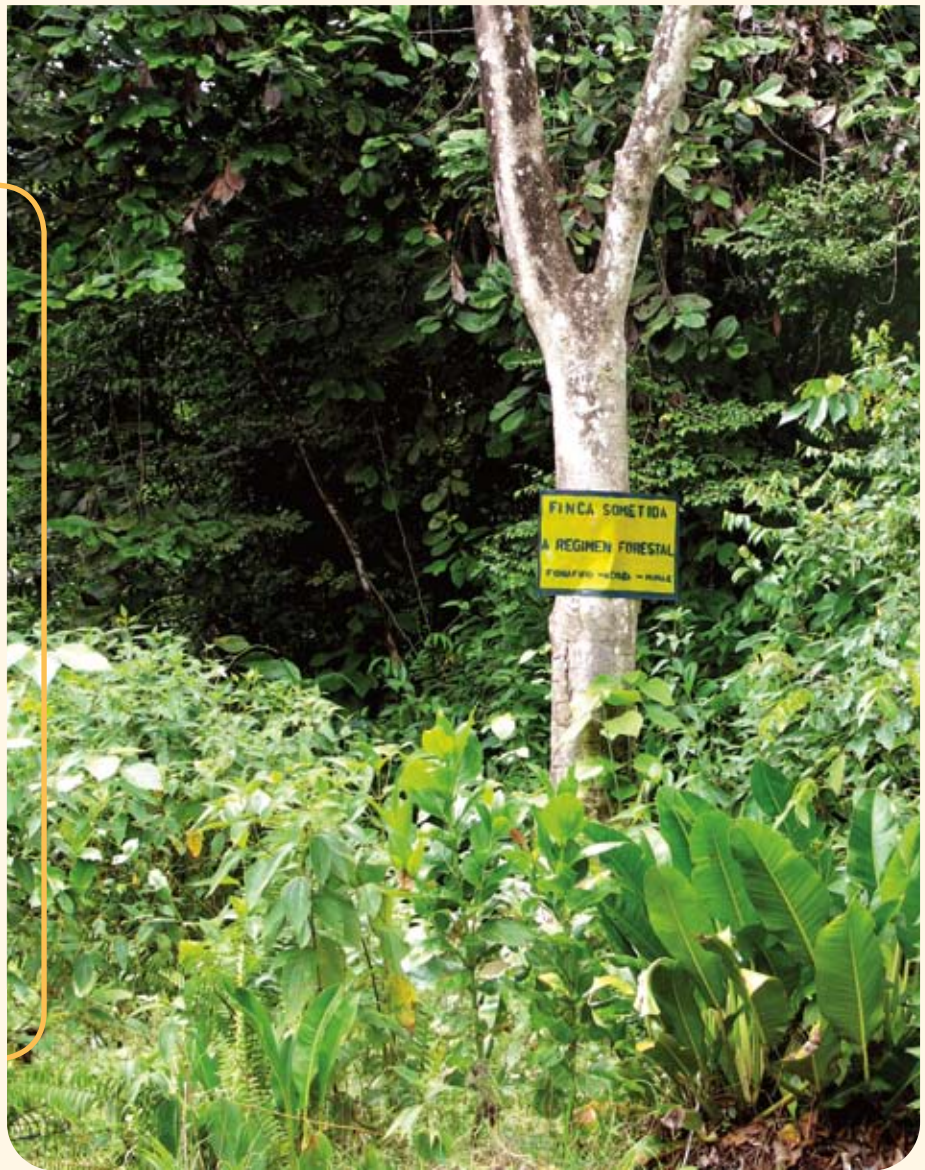


Foto: Sergio Pucci.

¹ Coordinador, Proyecto GRUAS II. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica. earias@racsa.co.cr

² Manejo de Información. Proyecto GRUAS II. SINAC. ochachon@inbio.ac.cr, hacevedo@inbio.ac.cr

³ Director Programa de Ciencias, TNC. San José, Costa Rica. bherrera@tnc.org

⁴ Gerencia de Áreas Protegidas, Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica. Gustavo.induni@sinac.co.cr

⁵ Sistemas de Información Geográfica, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Heredia, Costa Rica. hacevedo@inbio.ac.cr

⁶ Coordinador, Programa Nacional Corredores Biológicos, Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica. mario.coto@sinac.co.cr

⁷ Especialista Regional Áreas Protegidas y Corredores Biológicos, México y Centroamérica, Conservación Internacional. jbarborak@conservation.org

Resumen

El proceso de fragmentación puede resultar en una pérdida del hábitat, una reducción del área de los parches remanentes y un creciente aislamiento de los mismos, con la consecuente pérdida de especies a escala local y regional, y la aparición de cambios en los ensamblajes de fauna y en los procesos ecológicos. La fragmentación también puede impedir la dispersión hacia hábitats más apropiados como respuesta al cambio climático. Dados los procesos de pérdida de hábitat y fragmentación que ha experimentado Costa Rica en las últimas décadas, y aprovechando la disponibilidad de nueva información y avances en el conocimiento biológico sobre el país, el presente trabajo presenta los resultados de una iniciativa interinstitucional para preparar una propuesta actualizada de redes de conectividad estructural para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica.

Palabras claves: Áreas silvestres protegidas; corredor biológico; fragmentación del bosque; biodiversidad; conservación de la naturaleza; paisaje; ecología; uso de la tierra.

Summary

Connectivity networks as a basis for biodiversity conservation planning: a proposal for Costa Rica. Fragmentation can result in habitat loss, reduction in size and increasing isolation of remaining habitat patches, with consequent loss of species at local and regional scales, as well as changes in faunal assemblages and ecological processes. Fragmentation can also impede the ability of species to shift to more appropriate habitats in response to climate change. For more than 30 years, Costa Rica has strived to conserve its biodiversity through the design and implementation of proposals to maximize ecological connectivity among protected areas. In response to continuing loss and fragmentation of habitat over the past several decades, and utilizing new information and biological knowledge, this paper presents an updated proposal for improved structural connectivity for the National System of Protected Areas of Costa Rica.

Keywords: Wild protected areas; biological corridors; forest fragmentation; biodiversity; nature conservation; landscape; ecology; land use.

Introducción

La pérdida de bosques tropicales es la primera causa de disminución de la biodiversidad en el mundo. Ante esta situación, desde hace varias décadas, países como Costa Rica han diseñado sistemas de áreas protegidas con el objetivo de conservar el mayor remanente posible de biodiversidad (SINAC 2006). Aparentemente, esta estrategia ha funcionado, pues entre 1960 y 1997, no se encontraron evidencias de pérdida de cobertura en las áreas protegidas del país, al menos en las categorías de manejo I y II de la UICN (Sánchez-Azofeifa et ál. 2003). Sin embargo, en sitios alejados de las áreas protegidas (>1 km), se encontraron tasas de deforestación significativas para el mismo periodo

de estudio. Esto implica que el país ha sufrido un incremento en el aislamiento de sus áreas protegidas y, por lo tanto, de los remanentes de hábitat en los paisajes no protegidos.

El proceso de fragmentación puede resultar en una pérdida del hábitat, una reducción de su tamaño y un creciente aislamiento del mismo (Bennett 1998); en consecuencia, aumenta la pérdida de especies a escala local y regional y los cambios en los ensamblajes de fauna y en los procesos ecológicos (p.e. relaciones predador-presa, competencia, dispersión de propágulos (Bennett 1998). También se dificulta la migración y dispersión hacia hábitats más apropiados, como respuesta al cambio climático (Kappelle et ál. 1999).

Una estrategia mundialmente aplicada es el diseño de rutas de conectividad que reduzcan el impacto de los cambios mencionados anteriormente (Bennett 1998, Bennett y Mulongoy 2006). La conectividad se relaciona con el acceso de las diferentes especies a todos los hábitats y recursos necesarios para completar sus ciclos de vida, así como con la capacidad de movimiento en caso de cambios abruptos en factores ecológicos (Primack et ál. 1998, Kappelle et ál. 1999). Además del área dinámica mínima, la composición y estructura de los elementos de la biodiversidad y los regímenes ambientales y de disturbio natural, la conectividad es otro atributo clave para el mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas (Poiani et ál. 2000, Parrish et ál. 2003).

Es poco probable que el mantenimiento de la biodiversidad se consiga únicamente a través de áreas protegidas -especialmente en aquellos casos que, como en Costa Rica, la mayoría de las áreas protegidas son relativamente pequeñas y rodeadas de ‘límites duros’ y ambientes alterados como campos agrícolas, pastizales, zonas urbanas y turísticas (Finegan et ál. *en prensa*). Más bien, la probabilidad de mantener la biodiversidad se maximiza en el tanto se cuente con una red de hábitats intercomunicados que mantenga la conectividad de los procesos ecológicos y las poblaciones de especies (Noss 2003, Bennett y Mulongoy 2006).

En este sentido, parece claro que para el mantenimiento de los procesos ecológicos y poblaciones de especies, la planificación sistemática y estratégica es indispensable. Esto es especialmente relevante, sobre todo, en paisajes vulnerables al impacto humano o donde la integridad ecológica no se encuentre en los rangos de variación aceptable (Bennett 1998, Parrish et ál. 2003, Finegan y Bouroncle 2007). Mantener y restaurar la conectividad ecológica como atributo clave en la funcionalidad de los ecosistemas debe, por lo tanto, ser una meta de los esfuerzos de planificación de sistemas de áreas protegidas y de estrategias nacionales de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los bienes y servicios asociados.

En el estudio de los procesos ecológicos y de dispersión de las especies es posible aplicar los modelos de conectividad como una herramienta para la planificación y gestión de los recursos naturales. Estos modelos producen escenarios gráficos sobre la permeabilidad del paisaje en función de la distancia máxima de dispersión ecológica vs. la resistencia ejercida por el uso del suelo; así se logra la accesibilidad de un fragmento de hábitat

o de cualquier punto del territorio (Gustafson y Gardner 1996, With y Crist 1997, Hctor et ál. 1999).

Cuando el modelaje de conectividad se fundamenta en el grado de fricción o dificultad para la “conexión” entre áreas silvestres protegidas o áreas núcleo, es posible obtener las “redes de conectividad”. Esto funciona como un insumo importante para la planificación urbanística y territorial (*sensu* ordenamiento territorial), para la definición de corredores biológicos y zonas de amortiguamiento, para la creación de corredores funcionales mixtos (agricultura, ganadería, forestería, zonas urbanas y cobertura natural), entre otros.

Mantener y restaurar la conectividad ecológica como atributo clave en la funcionalidad de los ecosistemas debe ser una meta de los esfuerzos de planificación de sistemas de áreas protegidas y de estrategias nacionales de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los bienes y servicios asociados.

Desde hace 25 años, se ha venido dando una serie de iniciativas para lograr una mayor diversidad altitudinal y conectividad entre áreas protegidas de Costa Rica, particularmente en Guanacaste y la Cordillera Volcánica Central. También se han implementado iniciativas pioneras regionales de conservación, como el proyecto Paseo Pantera (Barborak et ál. 1994). El Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa

Rica (SINAC), en el marco del proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM 2002), ha venido diseñando e implementando propuestas de conectividad entre corredores biológicos desde hace ya unos diez años (García 1996, Rojas y Chavarría 2005). No obstante, se hace necesaria una revisión de las estrategias de conservación a escala de paisaje y regional en Costa Rica, debido a los cambios sufridos en la configuración del paisaje (Sánchez-Azofeifa et ál. 2003), a la amenaza del cambio climático y su impacto en la biodiversidad (Gitay et ál. 2002), y en complemento con la revisión de la representatividad de los ecosistemas dentro del sistema nacional de áreas protegidas (SINAC 2007, Arias et ál. 2008).

El presente trabajo presenta una propuesta de redes de conectividad estructural para la conservación de la biodiversidad y como complemento a la propuesta de conservación delineada por Arias et ál. (2008, en este mismo número de la RRNA) y SINAC (2007). Es importante aclarar aquí que las rutas de conectividad no son corredores biológicos propiamente dichos, sino más bien propuestas de enlace entre áreas protegidas, las cuales, luego deberán ser utilizadas en el diseño de los respectivos corredores biológicos.

Metodología

El modelo usado para el diseño de la red de conectividad ecológica estructural inicial utilizó tres componentes (Hctor et ál. 1999, Céspedes 2006):

1. Identificación de áreas protegidas a conectar y núcleos de hábitat prioritarios para la conservación que no están protegidos dentro del sistema nacional de áreas protegidas.
2. Establecimiento de niveles de dificultad al desplazamiento de las especies silvestres en toda el área intermedia entre las áreas protegidas identificadas como objetivo.

3. Modelación de la red de conectividad integrada por los núcleos prioritarios para la conservación, a través de las rutas de menor dificultad al desplazamiento.

La información espacial utilizada en el análisis se tomó de diferentes fuentes, las cuales se detallan en SINAC (2007).

Identificación de áreas núcleo

Como áreas núcleo se consideran los remanentes de hábitat que se interconectarán en el diseño de las rutas de conectividad. Para efectos de este trabajo, se seleccionaron las áreas silvestres protegidas (ASP) con objetivos de manejo equivalentes a las categorías I y II de UICN. Estos sitios, en su mayoría reservas biológicas y parques nacionales, son áreas que por su categoría internacional y legislación nacional ya son, o serán, propiedad estatal para ser protegidas con fines de conservación de la biodiversidad a perpetuidad.

Niveles de dificultad para la conectividad

La dificultad para conectividad biológica está determinada por los tipos de cobertura y por las actividades que existan o se desarrollen sobre la superficie de la tierra. La dificultad más alta la imponen aquellas áreas donde la cobertura existente o las actividades que se desarrollan se alejan más de la condición natural y viceversa. Así por ejemplo, las áreas con concentraciones de población y/o con zonas de alto tránsito son las que imponen las dificultades más altas; mientras que las áreas de cobertura natural inalterada sin presencia de centros de población serán las que menos dificultades impongan. Los valores de dificultad fueron determinados con base en el análisis de cuatro factores: cobertura del suelo, red fluvial, densidad de poblados y red de carreteras.

Cobertura del suelo.- La cobertura del suelo impone diferentes nive-

les de dificultad al movimiento de especies, lo cual se asocia directamente con el tipo de cobertura. La valoración del grado de dificultad al movimiento se asignó de acuerdo con el criterio de expertos consultados. El mapa de cobertura de la tierra del país se dividió en varios tipos para efectos del presente trabajo. Las áreas no alteradas son las que imponen menos dificultad de movimiento y las más alteradas imponen la mayor dificultad. Para el estudio se usó la siguiente escala de valores, donde 1 representa el nivel de dificultad más bajo.

1. Parches de cobertura natural mayores de 1000 hectáreas
2. Parches de cobertura natural menores de 1000 hectáreas
3. Charrales, tacotales, plantación forestal y cultivos permanentes
4. Pastos y pastos con árboles
5. Piña, caña, banano, arroz y melón
6. Terreno descubierto y áreas urbanas

Red fluvial.- Como complemento a la cobertura de la tierra, se determinó que en términos generales las zonas que se ubican cerca de los sistemas naturales de drenaje (ríos, quebradas, arroyos, acequias o cualquier otro) facilitan o favorecen la conectividad y que la dificultad aumenta con la distancia, ya que buena parte de las especies que necesitan desplazarse requieren del agua en alguna parte de su ciclo de vida, o bien la utilizan como agente de transporte o dispersor. Para el estudio se usó la siguiente escala de valores de dificultad al desplazamiento, asignados según el criterio experto; 1 representa el nivel de dificultad más bajo.

1. Distancia de 0 - 50 m a ríos principales
2. Distancia de 51 - 100 m a ríos principales
3. Distancia de 101 - 200 m a ríos principales
4. Distancia de >200 m a ríos principales

Densidad de poblados.- Para el caso de las poblaciones humanas, se usa la densidad de poblados en un radio definido (5 km en este caso) como indicador de dificultad a la conectividad. Con base en el mapa de poblados se dividió la densidad poblacional en cinco categorías, a las cuales se le otorga una valoración mayor conforme aumenta la densidad de poblados dentro de un ámbito espacial de 5 km. Para el estudio se usó la siguiente escala de valores de dificultad al desplazamiento de especies según densidad de poblados y criterio de expertos; 1 representa el nivel de dificultad más bajo.

1. Densidad de poblados de 0 - 0,168
2. Densidad de poblados de 0,168 - 0,336
3. Densidad de poblados de 0,336 - 0,504
4. Densidad de poblados de 0,504 - 0,672
5. Densidad de poblados de 0,672 - 0,840

Red vial.- Finalmente, se usó la información de carreteras como una variable que impone diferentes niveles de dificultad a la conectividad, según la cercanía a las mismas. Las carreteras no solo significan un obstáculo para el tránsito de especies de un lugar a otro, sino además perturbación por ruidos y otras formas de contaminación que hacen que su efecto vaya más allá del área propiamente dedicada al tránsito vehicular; tales efectos nocivos disminuyen de forma paulatina conforme se está más lejos de la misma. Para este estudio solo se utilizó la información correspondiente a las carreteras principales debido a que al momento de realización del estudio, era la información espacial más confiable. Los niveles de dificultad identificados se asocian a rangos de distancia (en metros) tal como se muestra en la escala de valores siguiente, definida según criterio

de expertos; 1 representa el nivel de dificultad más bajo.

4. Distancia a carreteras de 0 a 200 m
3. Distancia a carreteras de 201 a 500 m
2. Distancia a carreteras de 501 a 1000 m
1. Distancia a carreteras de más de 1001 m

Mapa de dificultad de movimiento o de fricción.- A partir de esos análisis se generó un mapa de dificultad de movimiento, o de fricción. En el mismo se identifican los niveles de dificultad en cada espacio del territorio continental del país, y es la base para determinar la ruta más adecuada para establecer conectividad entre dos núcleos definidos. El grado de fricción de un punto dado en el espacio corresponde a la sumatoria de los valores otorgados a cada uno de los indicadores de dificultad anteriormente descritos.

Generación de las rutas de conectividad

Para la modelación de las rutas de conectividad se utilizó el software ArcView 3.3 y las extensiones *Cost Distance* y su función *Cost Path* (Céspedes 2006). El modelo generó una superficie de costos, utilizando un punto de origen y los valores de dificultad al movimiento o fricción para cada unidad de área de la matriz. Así, el trazado de las rutas de conectividad se fundamenta sobre una regla general que establece que cualquier línea necesariamente debe conectar dos áreas protegidas las cuales, a su vez, representan las áreas núcleo de dispersión de la biodiversidad. Para ello, se identificaron, primero, las líneas de conectividad altitudinal y segundo, las líneas de conectividad longitudinal. Las rutas de conectividad son trazadas con la ayuda de un modelo diseñado por Céspedes (2006), el cual se centra en los puntos de conectividad de salida y de llegada.

Líneas de conectividad altitudinal.

Las ASP de conservación absoluta ubicadas en las partes altas de las cordilleras se establecieron como los puntos de salida, y el resto de ASP de cualquier categoría de manejo ubicadas en las partes bajas (llanuras, costas, valles, etc.) se establecieron como los puntos de llegada.

La dificultad para conectividad biológica está determinada por los tipos de cobertura y por las actividades que existan o se desarrollen sobre la superficie de la tierra. La dificultad más alta la imponen aquellas áreas donde la cobertura existente o las actividades que se desarrollan se alejan más de la condición natural y viceversa.

Líneas de conectividad longitudinal.

Entre diferentes ASP de un mismo sector o una misma región geográfica, se estableció que el área núcleo de salida fuese un ASP de conservación permanente y las áreas protegidas de otra categoría de manejo ubicadas alrededor fuesen los puntos de llegada.

Priorización de las rutas

Una vez identificadas las rutas de conectividad, éstas fueron priorizadas con base en la coincidencia con fragmentos identificados como propuesta para el llenado de vacíos de conservación (ver Arias et ál. 2008, en este mismo número de la RRNA). La escala de valores usada en la priorización de rutas fue la siguiente; 2 es el valor más alto.

0. La ruta no toca vacíos ni una iniciativa local.

1. La ruta se interseca con algún parche o vacío, o bien coincide con una propuesta local de corredor biológico que se está implementando en el campo.
2. La ruta coincide con un vacío y una propuesta local.

Resultados

En total se identificaron 128 rutas de conectividad a lo largo del país (Fig. 1). En muchos de los casos, las mismas coinciden con propuestas de corredores biológicos en proceso de implementación (Rojas y Chavarría 2005, SINAC 2007). Para los casos en los que no se dio coincidencia será necesario revisar con más detalle cada uno y evaluarlos de manera individual, si la intención es formalizar un corredor biológico.

Es importante señalar que, por lo criterios utilizados para la generación del mapa de fricción, en algunas regiones de alta densidad poblacional -como el Valle Intermontano Central (parte central en la Fig. 1) - el modelo de conectividad generó líneas sobre zonas poco viables, por la alta intensidad del uso del suelo. Por lo tanto, las rutas de conectividad en esta y otras regiones similares de uso intensivo del suelo deberán de circunscribirse a los bosques de galería de los sistemas fluviales, ya que son de las pocas áreas que aún poseen cobertura natural -particularmente en cañones abruptos cuya topografía ha ayudado a conservar la cobertura vegetal, aun en zonas muy perturbadas. Las regiones donde se identifican propuestas de conectividad poco viables para un rango amplio de especies se dan en aquellos sistemas ecológicos que, por su grado de fragmentación y tamaño de los fragmentos, están en peligro de extinción (SINAC 2007).

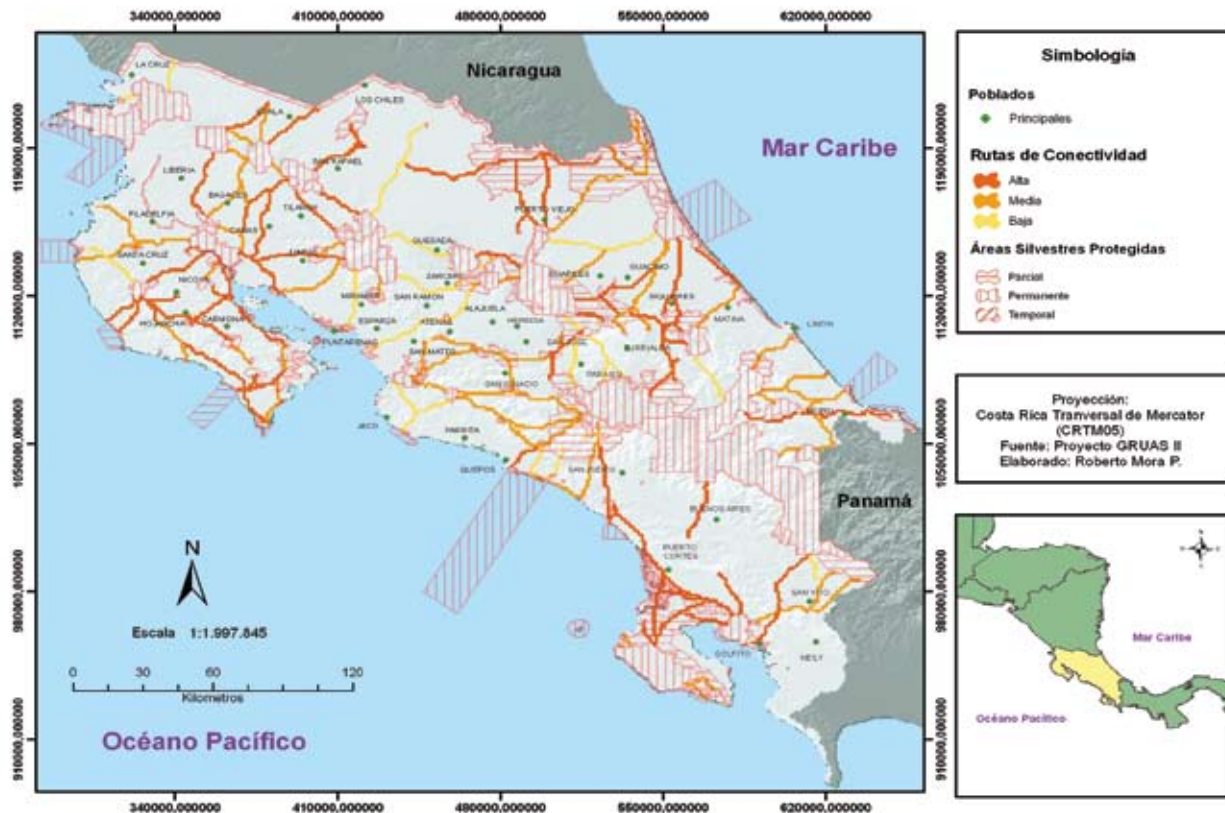


Figura 1. Mapa de rutas de conectividad propuestas para Costa Rica (Tomado y adaptado de SINAC 2007)

Del total de las rutas identificadas, 49 tienen un valor de importancia “alto” ya que la ruta pasa por vacíos de conservación y coincide con propuestas locales actualmente en proceso de implementación; 33 rutas tienen una valoración de importancia “media” porque pasan por vacíos de conservación, pero no existe una propuesta en proceso de implementación; otras 30 rutas tienen una importancia “media” porque coinciden con alguna propuesta o iniciativa local que promueve la conectividad, pero no pasan por vacíos de conservación; finalmente, hay 16 rutas de importancia “baja” porque ni pasan por vacíos ni existen iniciativas de conectividad en proceso de implementación (Fig. 1).

La efectividad en la conservación de la biodiversidad de los corredores biológicos es un tema en debate entre


los investigadores (Finegan et ál. *en prensa*). Estos autores -basados en un análisis de información publicada - argumentan que existe suficiente evidencia para suponer que las poblaciones de especies, comunidades y procesos ecológicos tienen mayor probabilidad de perdurar en paisajes interconectados que en fragmentos aislados y dispersos. Tal argumento apoya el enfoque utilizado en la presente propuesta, la cual parte de la estructura del paisaje para establecer las rutas de conectividad; i.e. tamaño de los hábitats, distancia entre ellos y presencia de redes alternativas por las que las especies pueden eventualmente desplazarse (Beier y Noss 1998, Bennett 1998). Actualmente no es posible diseñar una red de conectividad funcional para especies prioritarias y a una escala nacional, que se base en las respuestas de las

especies a la estructura física del paisaje (Bennett 1998), debido a la poca información disponible. Si se decidiera utilizar un grupo particular de especies para dicho análisis, nunca podríamos estar seguros de que esas especies representen los requerimientos del mayor porcentaje de biodiversidad (MacNally et ál. 2002). Habrá que revisar y actualizar los resultados conforme aumenta y mejora el conocimiento sobre la biodiversidad.

Ante la presente propuesta de rutas de conectividad es imperativo, entonces, realizar una revisión detallada de los corredores biológicos existentes, a la luz de los resultados obtenidos y con el fin de priorizar y canalizar esfuerzos y recursos nacionales -p.e. pagos por servicios ambientales - en función de las nuevas propuestas y prioridades establecidas. Para el

restablecimiento de la conectividad en varias de las regiones del país, la restauración ecológica jugará un papel fundamental. Se hace entonces necesario identificar, a nivel regional, los sectores dentro de las rutas de conectividad que requieren de un proceso de restauración de la conectividad ecológica.

La presente propuesta, articulada con la propuesta de vacíos en la representatividad de los ecosistemas terrestres (Arias et ál. 2008, en este mismo número de la RRNA), debe necesariamente integrarse con otros instrumentos y procesos de planificación del uso de la tierra (Bennett y Mulongoy 2006), con el

fin de proponer un manejo integrado del territorio que satisfaga múltiples necesidades de la población. Esto también implica un fortalecimiento de las estructuras institucionales relacionadas y un mayor trabajo intersectorial entre las instancias encargadas de la gestión de la biodiversidad en el país. 

Agradecimientos

Este esfuerzo fue posible gracias al Proyecto GRUAS II, liderado por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Costa Rica y apoyado, técnica y financieramente, por The Nature Conservancy (TNC), Conservación Internacional (CI), Fondo de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), Proyecto COBODES y el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Un especial agradecimiento a aquellas personas involucradas en la dirección de este proyecto: Marco Vinicio Araya, Zdenka Piskulich, Jorge Mario Rodríguez, José Cubero, Manuel Ramírez, Luis Murillo, Alejandro Álvarez, Luis Rojas, Randall García e Irene Suárez. Un especial agradecimiento a Margarita Céspedes y Bryan Finegan (CATIE) por el apoyo metodológico brindado. Agradecemos también a dos revisores anónimos por sus valiosos aportes al documento. Finalmente, queremos agradecer a todas aquellas personas que participaron en los diferentes talleres de consulta ya que, sin duda, sus aportes fueron claves para la concretización de esta propuesta.

Literatura citada

- Arias, E; Chacón, O; Induni, G; Herrera, B; Acevedo, H; Corrales, L; Barborak, JR; Coto, M; Cubero, J; Paaby, P. 2008. Identificación de vacíos en la representatividad de ecosistemas terrestres en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Costa Rica. Recursos naturales y Ambiente no. 54:21-27.
- Barborak, JR; Carr III, AF; Harris, LD. 1994. Recomendaciones para la consolidación territorial y conectividad de las áreas protegidas de Costa Rica. In Vega, A. (Ed.). Corredores conservacionistas en la Región Centroamericana; Conferencia Regional auspiciada por el Proyecto Paseo Pantera. Memoria. (1994, Florida). Tropical Research and Development, Inc.
- Beier, P; Noss, R. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12(6): 1241-1252.
- Bennett, AF. 1998. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, CH, IUCN. 254 p.
- Bennett, G; Molungoy, KJ. 2006. Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. Montreal, CA, Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Technical Series No. 23. 100 p.
- CBM (Corredor Biológico Mesoamericano, CR). 2002. El Corredor Biológico Mesoamericano en Costa Rica. Managua, NI, Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. Serie técnica no. 03. 87 p.
- Céspedes, M. 2006. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de la Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Área de Conservación Osa, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 144 p.
- Finegan, B; Céspedes, M; Sesnie, SE. *En prensa*. Programa de monitoreo ecológico de las áreas protegidas y corredores biológicos de Costa Rica; etapa 1: 2007-2011. Documento Técnico de Referencia - El monitoreo ecológico como componente integral del manejo de áreas protegidas y corredores biológicos en los trópicos: conceptos y práctica. Turrialba, CR, CATIE.
- _____; Bouroncle, C. 2007. Patrones de fragmentación de los bosques de tierras bajas, su impacto en las comunidades y especies vegetales y propuestas para su mitigación. *En*: Harvey, CA; Sáenz, JC. (Eds.). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Santo Domingo, CR, INBio. p. 139-178.
- García, R. 1996. Propuesta técnica de ordenamiento territorial con fines de conservación de biodiversidad: proyecto GRUAS. San José, CR, Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano. 114 p.
- Gitay, H; Suárez, A; Watson, RT; Dokken, DJ. (Eds.). 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. 85 p. Consultado 05 abril 2008. http://www.ipcc.ch/pub/tpbiodiv_s.pdf
- Gustafson, EJ; Gardner, RH. 1996. The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. *Ecology* 77: 94-107.
- Hector, T; Carr, MH; Zwick, PD. 1999. Identifying a linked reserve system using a regional landscape approach: The Florida ecological network. *Conservation Biology* 14(4): 984-1000.
- Kappelle, M; Vuuren, MMI, van; Baas, P. 1999. Effects of climate change on biodiversity: A review and identification of key research issues. *Biodiversity and Conservation* 8: 1383-1397.
- MacNally, R; Bennett, AF; Brown, GW; Lumsden, LF; Yen, A; Hinkley, S; Lillywhite, P; Ward, D. 2002. How well do ecosystem-based planning units represent different components of biodiversity? *Ecological Applications* 12:900-912.
- Noss, RF. 2003. A checklist for wild lands network designs. *Conservation Biology* 17(5): 1270-1275.
- Parrish, JD; Braun, DP; Unnasch, RS. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience* 53(9): 851-860.
- Poiani, KA; Richter, BD; Anderson, MG; Richter, HE. 2000. Biodiversity conservation at multiple spatial scales: Functional sites, landscapes and networks. *Bioscience* 50(2): 133-146.
- Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. 1998. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas. México DF, MX, Fondo de Cultura Económica. 797 p.
- Rojas, L; Chavarría, M. 2005. Corredores biológicos de Costa Rica. San José, CR, Corredor Biológico Mesoamericano sección CR. s.p.
- Sánchez-Azofeifa, GA; Quesada-Mateo, C; Gonzáles-Quesada, P; Dayanandan, S; Bawa, KS. 2003 Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation* 109: 123-135.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2006. El sistema de áreas silvestres protegidas de Costa Rica: informe nacional. II. Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas [Panamá, 24-28 de abril de 2006]. 96 p. (Mimeografiado).
- _____. 2007. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 1: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. San José, CR. 100 p.
- With, KA; Crist, TO. 1995. Critical thresholds in species' response to landscape structure. *Ecology* 76: 2446-2459.