
CORREDORES ECOLÓGICOS COMO ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS DE LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO, VENEZUELA

Alejandra Betancourt Rial y Eulogio Chacón-Moreno

RESUMEN

La deforestación está generando una transformación del paisaje que conlleva a la degradación de ecosistemas y fragmentación de los mismos, con la consecuente pérdida de la biodiversidad. En Venezuela, los bosques semi-caducifolios están en peligro crítico y en amenaza debido a su grado de intervención, incluyendo especies tanto animales como vegetales que habitan dichos bosques. En este trabajo se presenta una propuesta de conservación de los ecosistemas boscosos, principalmente los bosques semi-caducifolios de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas, estableciendo corredores ecológicos tentativos para el rescate de los flujos de biodiversidad. La

elaboración de estos corredores se realizó mediante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales y el uso de sistemas de información geográfica. Con esta metodología se definieron seis sistemas ecológicos o ecosistemas y cuatro sistemas intervenidos, generando así un mapa de ecosistemas. Por medio de este mapa se determinó la disposición espacial de los fragmentos de bosque en la zona y se definieron criterios ecológicos para el diseño de corredores. Utilizando estos criterios se propusieron 66 enlaces entre los parches de bosque original. Con esta estrategia estamos un paso más adelante hacia la restauración del bosque en la reserva.

Introducción

La degradación de ecosistemas, desaparición de hábitat y fragmentación de los mismos, son las principales causas de la pérdida de la biodiversidad global (Whitcomb *et al.*, 1981; Terborgh, 1989; Chaves y Arango, 1998; Etter, 1998), principalmente el proceso de deforestación. Para el año 2000 el 22% de la superficie terrestre del planeta estaba ocupada por área forestal; a partir de ese año y hasta el 2010, 7% de esta superficie había desaparecido por completo (FAO, 2010). Dentro de los ecosistemas boscosos, uno de los sistemas más amenazados a nivel mundial son los bosques tropicales. Éstos se caracterizan por albergar el 65% de la riqueza mundial de especies animales (especialmente aves e invertebrados) y

vegetales (WCFSD, 1999), al tiempo que contribuyen a la regulación de procesos hidrológicos y climáticos a escala global (Pacheco, 2011). Según la FAO (2010), los bosques en Venezuela ocupaban en 2010 un 50,49% (46.275.000ha) de la superficie del territorio (91.644.500ha), lo que colocaba a este país entre los 45 países del mundo donde más del 50% de su territorio estaba ocupado por superficie forestal.

Mundialmente se realizan esfuerzos para evitar la desaparición de hábitats. Sin embargo, la tasa de deforestación es muy alta y la tasa de regeneración de los ecosistemas boscosos muy baja, aceptándose como regla generalizada que el riesgo mayor y más serio para la conservación de la biodiversidad lo constituye la fragmentación y la deforestación (Achard *et al.*, 2002).

La fragmentación del paisaje es la última etapa de un proceso de alteración del hábitat en el que la disminución de la superficie, el aumento del efecto borde y la subdivisión se hacen mayores, hasta llegar al punto en el que el paisaje pierde su funcionalidad, al quedar los elementos aislados unos de otros (Martínez *et al.*, 2009). Según Cayuela *et al.* (2006) la pérdida de conectividad de un bosque puede ser revertida por medio de la restauración; sin embargo, si se generaliza la pérdida de la calidad del bosque, entonces el proceso será irreversible. Por ello es de extrema urgencia la adopción de sistemas efectivos de conservación de la biodiversidad en las zonas necesitadas.

En Venezuela son pocas las áreas donde se protegen o manejan los ecosistemas

boscosos, especialmente los presentes en la ecorregión de los Llanos. Las reservas forestales (RF) constituyen parte del sistema de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), las cuales están constituidas por macizos boscosos que por su ubicación, composición florística o por ser las únicas disponibles en un área determinada, constituyen elementos indispensables para el mantenimiento de la industria maderera nacional. En Venezuela las diez RF existentes abarcan una superficie de 11.327.416ha, que equivale al 12,36% del territorio nacional. Sin embargo, en aquellas RF donde se han implementado planes de manejo, el resultado en términos de tasa de deforestación en relación a la reposición, es crítica. Una de estas áreas la constituye la Reserva Forestal

PALABRAS CLAVE / Bosques Semi-Caducifolios / Conectividad / Fragmentación / Mapa de Ecosistemas / Sistemas de Información Geográfica /

Recibido: 08/02/2014. Modificado: 23/02/2015. Aceptado: 02/03/2015.

Alejandra Betancourt Rial. Licenciada en Biología, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela. Investigadora, ULA, Venezuela.

Eulogio Chacón-Moreno. Licenciado en Biología, ULA, Venezuela. Doctor en Ecología, Wageningen University, Holanda. Profesor, ULA,

Venezuela. Dirección: Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Facultad de Ciencias, Núcleo La Hechicera, Av. Alberto Carnevalli, Mérida

(5101), Venezuela. e-mail: eulogio@ula.ve

ECOLOGICAL CORRIDORS AS A STRATEGY FOR FOREST ECOSYSTEMS CONSERVATION IN THE CAPARO FOREST RESERVE, VENEZUELA

Alejandra Betancourt Rial and Eulogio Chacón-Moreno

SUMMARY

Deforestation is causing a transformation of the landscape leading to ecosystem degradation and fragmentation, with the consequent loss of biodiversity. In Venezuela, the semi-caducifolious forests are critically endangered and threatened due to its intervention, including plant and animal species that inhabit these forests. A conservation proposal for forest ecosystems is presented in this paper, mainly focused on the semi-caducifolious forests of the Caparo Forest Reserve, Barinas State, establishing preliminary ecological corridors to rescue biodiversity flow. The development of these corridors is performed

by analyzing and processing satellite images, with the use of geographic information systems. This methodology allowed the determination of six ecological systems or ecosystems, and four human intervention systems in the area, thus generating a map of ecosystems. Through this map, the spatial arrangement of forest fragments was determined in the area, and ecological criteria for designing corridors were defined. Using ecological criteria, 66 links between patches of the original forest were proposed. With this strategy we are one step further towards the restoration of the forest in the reserve.

CORREDORES ECOLÓGICOS COMO ESTRATÉGIA PARA A CONSERVAÇÃO DOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS DA RESERVA FLORESTAL CAPARO, VENEZUELA

Alejandra Betancourt Rial e Eulogio Chacón-Moreno

RESUMO

O desmatamento está gerando uma transformação da paisagem levando à degradação dos ecossistemas e à fragmentação do mesmo, com a consequente perda da biodiversidade. Na Venezuela, florestas semi-decíduas estão criticamente em perigo e ameaçada devido ao seu grau de intervenção, incluindo ambas as espécies de plantas e animais que habitam estas florestas. Este trabalho apresenta uma proposta para a conservação da floresta, principalmente florestas semi-decíduas de ecossistemas da Reserva Florestal Caparo, estado Barinas, estabelecimento de corredores ecológicos tentativas de resgate flui biodiversidade. O desen-

volvimento destes corredores é realizado por meio da análise e processamento de imagens de satélite e o uso de sistemas de informação geográfica (SIG). Esta metodologia foram definidos seis sistemas ecológicos ou ecossistemas e quatro sistemas operados, gerando um mapa de ecossistemas. Com este mapa do arranjo espacial dos fragmentos florestais foi determinada na área e os critérios ecológicos para a concepção de corredores foram definidos. Usando estes critérios 66 ligações entre manchas de floresta original é proposto. Com esta estratégia, estamos um passo em frente rumo à restauração da reserva florestal.

de Caparo (RFC), ubicada en el estado Barinas. Esta ABRAE ha perdido más de la mitad de su superficie boscosa y desde su establecimiento, pocas han sido las áreas reforestadas, estando sus ecosistemas altamente fragmentados (Arias, 2004).

A nivel mundial han surgido numerosos planes que procuran restaurar y conservar ecosistemas fragmentados y degradados, basados en metodologías científicas y sociales, para generar un desarrollo sustentable de los mismos. Una de tales metodologías es la de los corredores ecológicos, los cuales funcionan como enlaces encargados de mantener el flujo de especies en ecosistemas fragmentados. La idea surgió como técnica a partir de los principios que expone la teoría de la biogeografía de islas, propuesta por MacArthur y Wilson, y

la ecología del paisaje (Bennett, 2003), disciplina que agrupa la geografía y la biología, y aporta una visión funcional y estructural del ambiente, tomando en cuenta a los grupos humanos como agentes transformadores de su dinámica físico-ecológica. Implementar la conservación a escala del paisaje con el uso de corredores ecológicos permitirá no solo abordar el tema de la diversidad biológica, sino también la existencia del hombre como factor por el cual las estrategias para la conservación deben ajustarse, de manera que sea posible optimizar la calidad de vida de la población que habita las zonas a conservar (Altizer *et al.*, 2003; Boletta *et al.*, 2006).

En este trabajo se evalúa el uso de corredores ecológicos en zonas tentativas de la RFC, utilizando como base espacial la distribución de todos los

ecosistemas naturales y antrópicos del área (mapa de ecosistemas). Para ello se describe y analiza el patrón de disposición espacial de los fragmentos de ecosistemas de bosques en la reserva.

Área de Estudio

La Reserva Forestal de Caparo (RFP) está ubicada en el municipio Andrés Eloy Blanco y Pedraza, al sur-oeste del estado Barinas, en la ecorregión de Los Llanos venezolanos (Figura 1). Tiene una superficie de 175.184,44ha (IFLA, 2008). Esta reserva fue establecida el 02/02/1961 y dividida en tres unidades de manejo. La unidad 1 fue objeto de la creación de un convenio, en 1970, con la Universidad de Los Andes y manejada por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de esta

universidad, transformándose en Unidad Experimental (Escobari, 1989).

Según el sistema de clasificación climática de Koppen el clima del área de estudio es Aw: tropical de sabana húmeda con una estación de sequía (Pozzobon, 1995). Las precipitaciones varían entre 1606 y 1750mm anuales. Presenta una época de sequía que va de diciembre a marzo o abril, y una época húmeda de mayo a noviembre. La estacionalidad del clima determina un exceso de agua en los suelos en la época de lluvias, con inundaciones parciales en la zona y deficiencia de agua durante la sequía. Se presenta una temperatura media anual de 24,6°C (Ibarra, 1995).

La RFC está dentro de la cuenca del río Apure, sobre una llanura aluvial de desborde, con material sedimentario proveniente de los Andes;

posee una altitud entre 120 y 150msnm, con una leve inclinación del terreno hacia el este. La dinámica fluvial ha generado las típicas unidades geomorfológicas en los Llanos: diques, bancos, bajos y esteros (Pernía, 1993).

La flora de la RFC es bastante diversa; en 1972 se determinó que existían 45 especies/ha en la unidad experimental y en 1995 se reveló que existían 27,54% de las familias vegetales reportadas en el mundo (Pozzobon, 1995). Las formaciones boscosas más abundantes en la reserva las constituyen los bosques semi-caducifolios, pluviestacionales y ribereños (Rodríguez *et al.*, 2010).

Metodología

Para la determinación de corredores ecológicos se usó como base el mapa de ecosistemas de la Reserva Forestal de Caparo (sistemas ecológicos e intervenidos), el cual fue elaborado con la ayuda de dos imágenes satelitales SPOT 5 de diciembre 2007 (K652/J335) y enero 2008 (K653/J335) (Figura 2). En este mapa se representan las 11 unidades espaciales ubicadas dentro de la reserva, constituyéndose por ecosistemas terrestres, acuáticos y sistemas intervenidos (Tabla I). El enfoque conceptual y metodológico para la elaboración del mapa de ecosistemas es descrito en Chacón-Moreno *et al.* (2011, 2013).

Con base en el mapa de ecosistemas de la RFC y los demás estudios de la situación actual de la reserva, se determina si en esta es factible la creación de corredores y se precisa el número de fragmentos de bosque que existen en el área, localizándose la matriz y el tipo de ecosistema boscoso a conectar. Se utiliza el sistema de clasificación de Hobbs (1993), para determinar el grado de fragmentación del hábitat: a) intacto, cuando el hábitat natural representa más del 90% del paisaje; b) variado, cuando el hábitat natural cubre entre el 60 y el 90% del paisaje; c) fragmentado, cuando el hábitat natural

remanente está entre el 60 y 10%; y d) relictual, donde el hábitat natural remanente ha quedado reducido a tan solo un 10% del área original en un paisaje determinado.

Criterios para la elaboración de corredores

Con base en el estudio de la bibliografía, se definieron los

principales criterios para la elaboración de los corredores ecológicos. Los mismos fueron resumidos en una Tabla de atributos (Tabla II) y fueron usados para generar diferentes capas de mapas preliminares, hasta llegar al mapa final de corredores. La Tabla de atributos muestra el orden de prioridad para cada criterio que se debe seguir en la selección de

las zonas a enlazar. El primer principio lo constituye el tamaño del parche de bosque a conectar, el cual debe ser >2ha, el segundo se refiere a la conectividad o distancia entre los parches <1000m, el tercero es la inclusión de parches más pequeños que funcionen para crear el corredor, el cuarto es evitar las carreteras en las zonas donde se

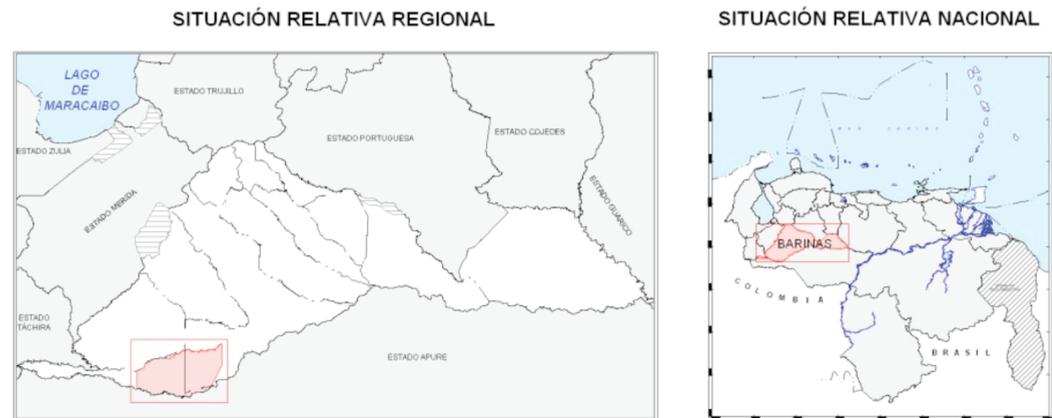


Figura 1. Ubicación de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas, Venezuela en el contexto nacional y regional.

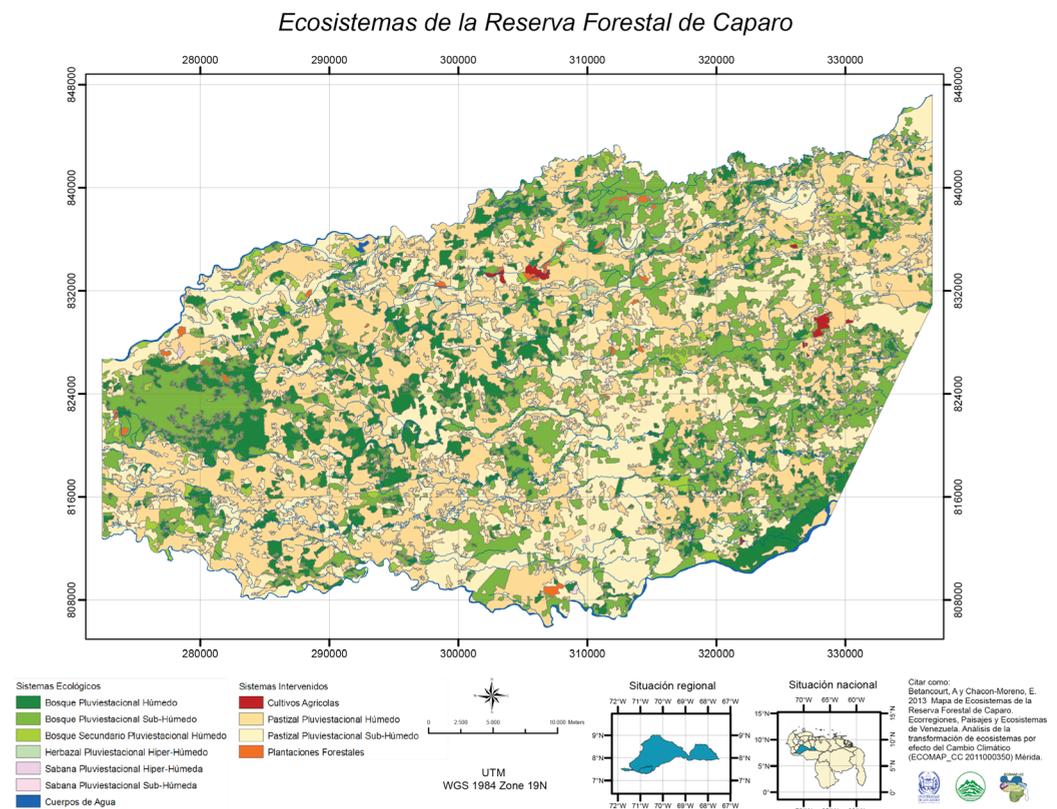


Figura 2. Mapa de sistemas ecológicos e intervenidos de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas, Venezuela. La escala es proporcional a su representación. Escala original 1:50.000.

establezca el enlace y evitar la cercanía con estas, siendo esa distancia de separación >200m. El quinto consiste en incluir bosques secundarios o en regeneración en los corredores en la medida posible y finalmente el sexto principio es evitar sistemas naturales no boscosos, en las zonas a plan-tear el enlace.

Planteamiento de corredores ecológicos

Se utilizaron diversos sistemas de información geográfica (ArcGIS, ILWIS, ERDAS) para realizar el análisis espacial de superposición y combinación de criterios y determinar las áreas factibles para la implementación de los enlaces. Finalmente al mapa procesado se le adicionan las formas de los corredores, generando un mapa donde se encuentran representados.

A partir de los criterios seleccionados anteriormente, se comenzó por generar un mapa con solo los fragmentos de bosque extrayéndolos del mapa de ecosistemas, los cuales se clasificaron por tamaño. El siguiente paso fue la elaboración de zonas de amortiguamiento (*buffers*) según los criterios planteados para todos los parches en la matriz generada, observando qué fragmentos se unen mediante estos, resultando en intersecciones. Finalmente estas imágenes se filtraron, descartando o eliminando todas aquellas confluencias que según los criterios particulares seleccionados resultaran deficientes, procurando dejar la mayor cantidad de superficie resultante de la intersección, e intentando eliminar los efectos de cuello de botella, en donde las especies pueden quedar aisladas en espacios pequeños creando mayor superficie de contacto con zonas no boscosas, generando a su vez un descenso en el número de miembros de una especie, provocando escasa variabilidad genética.

Resultados

Al realizar el análisis de fragmentación de la RFC, la

misma es clasificada como un hábitat fragmentado según la clasificación de Hobbs (1993), por mantener aún el 32,87% de los bosques que constituyen el ecosistema natural de la zona (sumatoria de los bosques pluviestacionales sub-húmedos y húmedos).

Planteamiento de corredores ecológicos

Con base en la matriz de criterios (Tabla II) se genera el mapa de los Corredores Ecológicos planteados para la RFC, elaborado a escala 1:50.000 (Figura 3); siendo el resultado de la superposición de las capas espaciales relacionadas con cada criterio. Los bosques resultantes para la

TABLA I
TIPO Y ÁREA CUBIERTA POR CADA SISTEMA ECOLÓGICO E INTERVENIDO EN LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO, ESTADO BARINAS, VENEZUELA

Sistema	Tipo de sistema	Área (ha)
Bosque pluviestacional húmedo	Natural	21.563,4
Bosque pluviestacional sub-húmedo	Natural	36.019,5
Bosque secundario pluviestacional húmedo	Intervenido	4.522,7
Herbazal pluviestacional hiper-húmedo	Natural	270,3
Sabanas pluviestacionales	Natural	162,5
Plantaciones forestales	Intervenido	617,6
Cultivos agrícolas	Intervenido	384,9
Pastizal pluviestacional húmedo	Intervenido	60.673,4
Pastizal pluviestacional sub-húmedo	Intervenido	50.224,7

TABLA II
MATRIZ DE CRITERIOS PARA EL PLANTEAMIENTO DE CORREDORES ECOLÓGICOS EN LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO

Orden de prioridad	Criterio
1	Tamaño del parche de bosque a conectar
2	Conectividad o distancia de los parches de bosque a conectar
3	Inclusión de parches más pequeños para crear el corredor
4	Evitar las carreteras y su cercanía con las mismas
5	Incluir bosques secundarios o en regeneración
6	Evitar sistemas naturales no boscosos

Propuesta de Corredores Ecológicos en la Reserva Forestal de Caparo

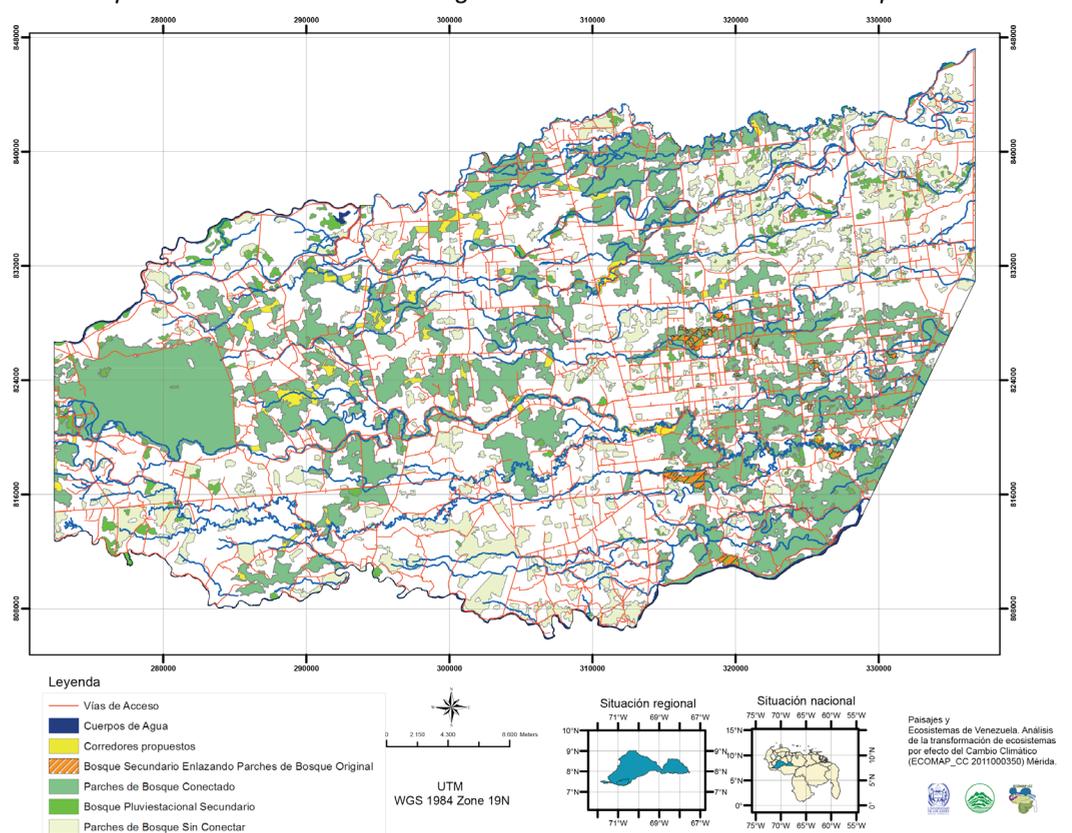


Figura 3. Mapa de propuesta de corredores ecológicos de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas, Venezuela. escala es proporcional a su representación. Escala original 1:50.000.

conexión lo constituyeron los ecosistemas forestales propios de la zona; los bosques pluviales húmedos y sub-húmedos, encontrándose 571 fragmentos que ocupan 57.582,9ha dentro de la RFC. Para cada principio se obtuvieron resultados preliminares, los cuales constituyeron en mapas individuales para cada criterio que luego fueron superpuestos, generando las conexiones entre bosque que formarían los corredores ecológicos.

Los parches se catalogaron en cinco clases mayores a 2ha como resultado de la clasificación por tamaño que realiza el software (*natural break jenks*) del sistema de información geográfica, determinando 495 lotes aptos para la conexión y siendo el parche más grande de bosque un polígono de 8335,5ha, perteneciente a la ULA, conocida como Unidad Experimental. Luego se crearon las áreas de amortiguamiento formando las zonas de conectividad de las manchas de bosque. Posteriormente, con un mapa obtenido de la Unidad de Cartografía y Telemática del Instituto Forestal Latinoamericano se pudo realizar un análisis a la vialidad principal y de acceso a la RFC. Se encontró que existen ~200 fragmentos de vías interrumpiendo o atravesando por completo los fragmentos, lo cual para efectos de este trabajo no se consideran como parches separados. Con este resultado se editaron las intersecciones o corredores preliminares, a una distancia $\geq 200m$ de las carreteras.

Luego de la edición y superposición de todos los resultados preliminares producto de la edición e integración de criterios, se generó el mapa final de corredores. Estos enlaces resultaron ser continuos y lineales con un total de 66 áreas, ocupando 2027,92ha dentro de la zona en estudio, con tamaños que van desde ~0,57ha hasta 199,26ha. Del total de 66 enlaces, ~30 atraviesan una carretera, dos fueron editados para evitar concurrencias con sistemas naturales y 22 de estos enlaces coincidieron con redes

hidrográficas. En total se vinculan 98 parches de bosque de los 571 presentes. Los corredores que conectaban parches de bosque natural a través de bosques en regeneración fueron cuatro; de igual manera, existen 19 parches de bosque secundario que permiten la conexión de más de 20 fragmentos de los 98 enlazados.

Se puede observar en el mapa de corredores, que la distribución de los parches de bosques permiten la conectividad en toda la RFC, uniendo áreas del este, como es la unidad experimental y principal núcleo de bosques, con las zonas alejadas al oeste de la RFC. Así también se observan corredores entre las zonas norte y sur.

DISCUSIÓN

Justificación y factibilidad de corredores ecológicos en la RFC

Para poder evaluar la factibilidad de corredores en la RFC se consideró la información bibliográfica sobre corredores ecológicos y su implementación para la zona en estudio, así como el hecho de que la RFC tiene un grado intermedio de fragmentación, sin llegar ser un área de solo relictos de bosques, con lo cual se pueden generar proyectos para el rescate de los ecosistemas. Según el SINAC (2009) los factores que se desean revertir con una matriz de conectividad son: pérdida de cobertura natural, fragmentación de hábitat, pérdida de biodiversidad, contaminación ambiental, presión sobre los recursos naturales (cacería, tala ilegal, incendios forestales, entre otros), prácticas agrícolas inadecuadas para el ambiente, falta de un ordenamiento territorial, pérdida del recurso hídrico, y falta de involucramiento de la población local. En la RFC los factores más importantes y suficientemente significativos para la implementación de corredores es la reducción de la cobertura natural y la fragmentación del hábitat, lo que conlleva a la pérdida de la biodiversidad y de los recursos naturales.

De igual manera, Canet (2007) describe algunos criterios que deben estar presentes para poder diseñar corredores ecológicos, los cuales son: presencia de áreas silvestres protegidas como núcleos de conservación, presencia de un parche con un porcentaje favorable de cobertura natural apta para restablecer la conectividad, presencia de cuencas hidrográficas (nacientes, ríos, lagos, humedales, entre otros), presencia de sitios de importancia para la conservación como los patrones migratorios de especies, y amplio gradiente altitudinal que permita la adaptabilidad de la flora y fauna silvestre ante el cambio climático. En el presente trabajo se abarcan los cuatro primeros y más importantes de tales principios y, por otro lado, la RFC posee ecosistemas amenazados en Venezuela y es considerada una zona 'hot spot' en deforestación (Pacheco, 2011).

Matriz de criterios y determinación de cada principio

Si bien es cierto que las iniciativas de corredores tienen más de 25 años siendo implementadas en el mundo, no existe un conjunto claro de definiciones y criterios para este fin (Montalvo, 2004). La variación de los aspectos tomados en cuenta para su diseño y manejo hacen difícil la definición de un conjunto de lineamientos que orienten su establecimiento e implementación. Cada criterio utilizado para la ejecución de esta herramienta varía según las condiciones específicas de cada lugar (Bennett, 2003; Montalvo, 2004).

Para contemplar los corredores en el caso de los ecosistemas forestales, la problemática de la fragmentación de las comunidades se detecta de forma relativamente directa en función del tamaño de las manchas de bosques, de la distribución espacial y del estado de conservación de las mismas (Gurrutxaga, 2005). Estos son los únicos criterios en consideración que se repiten en los

diferentes ensayos con corredores estudiados.

Para este trabajo todos los criterios seleccionados fueron el conjunto de los principios más importantes y repetitivos, exportados de cada matriz reportada en la bibliografía analizada.

Con respecto al tamaño mínimo de las manchas de bosque a conectar, se tomó en consideración el criterio de Veluk (2010), el cual indica que el área mínima para un parche debe ser de 2ha, teniendo una prioridad nula a conectar con respecto a parches de mayor tamaño.

Para determinar la distancia entre los parches a enlazar, primero se debió estudiar con qué tipo de conectividad se trabajaría en la Reserva. Esto es debido a que existe una conectividad funcional fundamentada en la capacidad propia de dispersión y resiliencia de cada especie y comunidad, y una conectividad estructural basada en la disposición y arreglo de los ecosistemas en general. En el presente trabajo solo se considera la conectividad desde el último punto de vista descrito, debido a que la continuidad física del hábitat forestal garantizará la conectividad para las especies forestales menos móviles y más sensibles a los efectos de la fragmentación; una vez garantizada la posibilidad de dispersión de éstas se asume que también quedará asegurada para el resto de especies con mayor movilidad (Saura, 2009). Es importante señalar que la conectividad funcional (Holland y Bennett, 2009; Rubio y Saura, 2012; Rubio *et al.*, 2015) en la RFC es relativamente alta debido al gran número de pequeños fragmentos y las cortas distancias entre parches, además de tener más del 30% de su cobertura natural.

Este enfoque resulta efectivo como herramienta de planificación territorial para casos de zonas complejas y más aun en un área protegida (Peterken, 2000). Cumple con la intención de proteger a un ecosistema de bosque semicaducifolio, no haciendo referencia ni considerando la res puesta o percepción de una

especie concreta frente a las características del ambiente, ni sus variables capacidades de dispersión más allá de su propio hábitat.

Basándose en un punto de vista físico de la conectividad, existen distintos determinantes para la selección específica de una medida entre parches de bosques a conectar, muy dependiente de los ecosistemas a proteger. Según Veluk (2010), el parche debe tener una distancia de separación de su vecino de hasta 1000m para ser considerado a conectar. Bajo esta premisa se seleccionaron los 1000m de máxima distancia, para la conectividad entre parches en la RFC.

El criterio de integrar parches más pequeños para crear el corredor y bosques en sucesión dentro de las zonas a enlazar es debido a la finalidad que tiene este trabajo para la conservación de los bosques semi-caducifolios dentro de la Reserva, por tanto la intención fue conectar la mayor cantidad de parches posibles, procurando usar fragmentos pequeños para la creación de un corredor cuando fuera posible. Al conectar los fragmentos y aumentar la conectividad estructural, aunada a la ya conectividad funcional de la RFC, se fortalecería la conservación y se disminuiría la pérdida de biodiversidad.

De igual manera se cuenta con los bosques secundarios. A pesar de que su inclusión en un ecosistema establecido y primario no está bien estudiado (Díaz y Cabido, 1997), éstos son los nuevos bosques (ecosistemas noveles) que emergen en un paisaje impactado por la actividad humana (Hoobs *et al.*, 2006), las únicas nuevas fuentes de biodiversidad, las cuales pueden proveer de material genético de importancia y requieren mayor restricción de uso (Chazdon, 2008). Por esto los bosques en regeneración pueden restablecer muchas funciones ecosistémicas y poseer en un futuro componentes de la biodiversidad original, y por tanto estos sistemas deben ser protegidos en conjunto con los

parches a los que se enlacen o se encuentren aunados.

Con respecto al criterio de evitar las vías de acceso en la Reserva, se toman en consideración los efectos directos de las carreteras, tales como la mortalidad de especies en ellas, pérdida y fragmentación de hábitat y conectividad reducida, además de los impactos documentados a mayormente altos depredadores. Las carreteras crean ruido y vibraciones que interfieren con la habilidad de algunos reptiles, aves, y mamíferos de comunicarse, detectar presas o evitar predadores; además, por los vehículos que se transitan en las carreteras se pueden dispersar plantas exóticas (Beier *et al.*, 2008).

Numerosas vías presentes en la zona se encontraban atravesando y/o aislando por completo numerosos parches de bosque, condición de intersección que generó un problema para la propuesta de los corredores, los cuales tropezaron con las vías no pudiéndose cumplir con este principio en todas las ocasiones. Sin embargo, las carreteras recorridas durante el trabajo de campo resultaron ser todas de tierra y de difícil acceso, algunas de estas cerradas, donde la mayoría de los vehículos que las transitan son motos y la anchura de la vía suele ser menor de los 4m asumidos en este trabajo.

Para los sistemas ecológicos naturales no forestales, al no mostrarse intervenidos ni haber sido generados por la acción humana, ser poco representativos en la zona y debido a que algunos de ellos, como las sabanas, presentan grados de amenaza según Rodríguez *et al.* (2010), la mejor opción constituyó mantener los enlaces fuera de los ecosistemas considerados. Por estas razones este criterio está presente en la matriz. Las oportunidades para que estas zonas naturales coincidan con los corredores resultaron ser mínimas y por tanto resulta mejor mantenerlos y no continuar con los procesos de intervención antrópica en la zona.

De los 66 corredores propuestos hay tres con la

intención de que estén compuestos por especies ribereñas y, a pesar de que rompen con todos los criterios de la Tabla de criterios, se plantean para enlazar de una manera mucho más segura los fragmentos de bosque en la reserva. Crear más corredores para generar más enlaces, es antagónico con los criterios planteados en la Tabla II usada en este trabajo.

Debido a la manera en que resultaron conectarse los parches de bosque, estos podrían llegar a acoplarse no solo dentro de la misma RFC, sino que permiten plantear una matriz de conectividad funcional entre los relictos de bosques de los llanos occidentales, entre la Reserva Forestal de Ticoporo y el Parque Nacional San Camilo, ubicadas en el oeste del país. Este plan consideraría la opción de generar más corredores ecológicos en Venezuela. Sin embargo, es necesaria la revisión del estado actual de ambas zonas colindantes, debido a reportes que indican que los bosques en éstas han desaparecido por completo, especialmente en Ticoporo (Chacón-Moreno, 2011).

La utilización del mapa de ecosistemas (Figura 2) como base para la generación de los corredores ecológicos fue fundamental, ya que permitió la discriminación de los diferentes tipos de bosques y otros ecosistemas, así como la visualización del proceso de fragmentación del bosque en relación con los sistemas de reemplazo.

Consideraciones Finales

La Reserva Forestal de Caparo es una zona que requiere de una respuesta muy rápida de los entes protectores para poder salvar el tan fragmentado bosque presente en ella. Se han realizado numerosos estudios sobre la gravedad que presenta esta reserva, pero si bien algunos se han enfocado en detener el problema, ninguno lo ha logrado con éxito. Las posibilidades de supervivencia para las áreas boscosas, no solo de esta zona, sino en todo el país,

están representadas en su desarrollo sostenido y en la disposición de los sujetos gubernamentales de frenar las invasiones incontroladas, auspiciadas por estos mismos sectores políticos. Cuando el espacio está realmente conservado, constituye la parte más importante de los modelos de conectividad, y en estos se conservan ecosistemas, poblaciones, especies y procesos ecológicos que requieren principalmente de conectividad física o estructural para su mantenimiento a lo largo del tiempo. El futuro de un ecosistema natural depende de las personas que lo habitan o comparten el paisaje con ese ecosistema, por tanto es necesario llevar a cabo un proyecto de conservación que resuelva todas las amenazas que están presentes en una reserva forestal. No solo se debe mejorar la conectividad del bosque, sino considerar también aquellas represiones que están afectando a los habitantes, buscando alternativas para mantener niveles aceptables de la diversidad biológica y poblaciones viables en las zonas, en armonía con los habitantes de los alrededores. Para que el establecimiento de corredores y el plan de conservación sean eficientes, la comunidad que habita la zona debe conocer la importancia del mantenimiento del bosque que colinda con ellos. Con esta estrategia estamos un paso más adelante hacia la restauración del bosque en la RFC.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE) de la Universidad de Los Andes y financiado a través del proyecto Ecorregiones, Paisajes y Ecosistemas de Venezuela. Análisis de la Transformación de Ecosistemas por Efecto del Cambio Climático (FONACIT 2011000350). Los autores agradecen a la Fundación Instituto de Ingeniería, que aportó las imágenes de satélite SPOT; a INDEFOR ULA e IFLA por su colaboración en el suministro de información

sobre la Reserva Forestal de Caparo y la logística durante el trabajo de campo; y a Julia Smith por el asesoramiento técnico en el procesamiento de la información espacial.

REFERENCIAS

- Achard F, Hugh E, Hans S, Mayaux P, Gallego J, Richards T, Malingreau J (2002) Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forest. *Science* 297: 999-1002.
- Altizer S, Harvell D, Friedle E (2003) Rapid evolutionary dynamics and disease threats to biodiversity. *Trends Ecol. Evol.* 18: 589-596.
- Arias E (2004) *Simulación de la Dinámica de Bosques Explotados y no Explotados de la Reserva Forestal de Caparo*. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 76 pp.
- Beier P, Majka D, Newell S, Garding E (2008) *Best Management Practices for Wildlife Corridors*. Northern Arizona University. Flagstaff, AR, EEUU. 14 pp.
- Bennett AF (2003) *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN Forest Conservation Programme. Gland, Suiza. 60 pp.
- Boletta P, Ravelo A, Plachuelo A, Grilli M (2006) Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *For. Ecol. Manag.* 228: 108-114.
- Canet L (2007) *Herramientas para el Diseño, Gestión y Monitoreo de Corredores Biológicos en Costa Rica*. Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 207 pp.
- Cayuela L, Golicher D, Rey J, Gonzalez M, Ramirez M (2006) Fragmentation, disturbance and tree diversity conservation in tropical montane forest. *J. Appl. Ecol.* 43: 1172-1181.
- Chacón-Moreno E (2011) *Prioridades de Conservación en los Llanos Occidentales de Venezuela*. Informe Técnico para TNC. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas. Mérida, Venezuela. 26 pp.
- Chacón-Moreno E, Madi Y, Gil L, Briceño E, Picón G, Delgado L, Flores F, Pietrangeli M, Yerena E, Naveda J, Ramos S, García J, Ulloa A (2011) *Ecorregiones, Paisajes y Ecosistemas de Venezuela, Análisis de la Transformación de Ecosistemas por Efecto del Cambio Climático*. Proyecto FONACIT 2011000350. Venezuela. 59 pp.
- Chacón-Moreno E, Ulloa A, Tovar W, Márquez TC, Sulbarán-Romero E, Rodríguez-Morales M (2013) Sistema de clasificación ecológico y mapas de ecosistemas: enfoque conceptual-metodológico para Venezuela. *Ecotrópicos* 26: 1-27.
- Chaves M, Arango N (1998) *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad, Colombia 1997*. 3 Vol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. PNUMA. Bogotá, Colombia.
- Chazdon R (2008) Beyond deforestation: Restoring. *Science* 320: 1458-1459.
- Díaz S, Cabido M (1997) Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *J. Veg. Sci.* 8: 121-133.
- Escobari J (1989) *Estudio sobre la Presencia de Animales Silvestres en la Reserva Forestal de Caparo*. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 90 pp.
- Etter A (1998) Mapa general de ecosistemas de Colombia 1:1.500.000. En Chaves M, Arango N (1998) *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad, Colombia 1997*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. PNUMA. Bogotá, Colombia.
- FAO (2010) *Global Forest Resources Assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 378 pp.
- Gurrutxaga M (2005) *Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi*. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Gobierno Vasco. España. 145 pp.
- Hobbs R (1993) Can revegetation assist in the conservation of biodiversity in agricultural areas? *Pacific Conserv. Biol.* 1: 389-391.
- Hobbs R, Arico S, Aronson J, Baron J, Bridgewater P, Cramer V, Epstein P, Ewel J, Klink C, Lugo A, Norton D, Ojima D, Richardson D, Valladares F, Vila M, Zamora R, Zobel M (2006) Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecol. Biogeogr.* 15: 1-7.
- Holland GJ, Bennett AF (2009) Differing responses to landscape change: Implications for small mammal assemblages in forest fragments. *Biodiv. Conserv.* 18: 2997-3016.
- Ibarra J (1995) *Sustentabilidad del Uso Ganadero en Zonas de Bosque Húmedo Tropical: Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos de los Suelos. Un Caso de Estudio en la Reserva Forestal de Caparo, Edo Barinas*. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 160 pp.
- IFLA (2008) *Diagnóstico Físico, Natural, Socioeconómico de la Reserva Forestal de Caparo*. Unidad de Cartografía y Telemática. Instituto Forestal Latinoamericano. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Mérida, Venezuela. 28 pp.
- Martínez C, Mugica M, Castell C, Vicente J (2009) *Conectividad Ecológica y Áreas Protegidas. Herramientas y Casos Prácticos*. Serie Monográfica EUROPARC 2. Fungobe. Madrid, España. 85 pp.
- Montalvo T (2004) *Experiencias sobre Corredores Biológicos y de Conservación en América Latina. Un Acercamiento a la Aplicación del Enfoque Ecosistémico*. Foro Electrónico. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Gland, Suiza. pp. 12-15.
- Pacheco C (2011) *Análisis de la Deforestación en Venezuela: Bases para el Establecimiento de una Estrategia REDD+*. Tesis. Universidad de Alcalá de Henares. España. 177 pp.
- Pernía J (1993) *Caracterización de la Vegetación de la Reserva Forestal de Caparo a través del Procesamiento Digital de Imágenes TM de Landsat*. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 100 pp.
- Peterken G (2000) Rebuilding networks of forest habitats in lowland England. *Landsc. Res.* 25: 291-303.
- Pozzobon E (1995) *Estudio de la Dinámica de las Deforestaciones en la Reserva Forestal de Caparo Mediante Imágenes SPOT*. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 44 pp.
- Rodríguez J, Suarez F, Hernández D (2010) *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres Venezolanos*. ProVita - Fundación Polar. Caracas, Venezuela. pp. 150-156.
- Rubio L, Saura S (2012) Assessing the importance of individual habitat patches as irreplaceable connecting elements: An analysis of simulated and real landscape data. *Ecol. Complex.* 11: 28-37.
- Rubio L, Bodin Ö, Brotons L, Saura S (2015) Connectivity conservation priorities for individual patches evaluated in the present landscape: how durable and effective are they in the long term? *Ecography* 38: 1-10.
- Saura S (2009) Measuring connectivity in landscape networks: towards meaningful metrics and operational decision support tools. En Catchpole R, Smithers R, Baarda P, Eycott A (Eds.) *Ecological Networks: Science and Practice*. IALE. Edimburgo, RU. pp. 1-10.
- SINAC (2009) *Plan Estratégico del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica para el Quinquenio 2009-2014*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Costa Rica. 40 pp.
- Terborgh J (1989) *Where Have All the Birds Gone?* Princeton University Press. Princeton, NJ, EEUU. 224 pp.
- Veluk F (2010) *Restauración del Paisaje y Planificación Participativa como Herramienta para la Transformación del Territorio y Medios de Vida en el Altiplano del Departamento de San Marcos, Guatemala*. Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 112 pp.
- WCFS (1999) *Our Forests our Future*. Report. World Commission on Forests and Sustainable Development. Cambridge University Press. Cambridge, RU. 228 pp.
- Whitcomb RF, Robbins CS, Lynch JF, Whitcomb HBL, Klimkiewicz MK, Bystrak D (1981) Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest. En Burgess R, Sharpe D (eds.) *Forest Island Dynamics in Man Dominated Landscapes*. Springer. Nueva York, EEUU. pp. 125-205.