

Una estrategia de conservación a escala regional para el jaguar (*Panthera onca*) en el distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

A regional conservation strategy for jaguar (*Panthera onca*) in the Sierra Nevada de Santa Marta biogeographical district, Colombia

Ramón Granados-Peña^{1,4}, Andrés Arias-Alzate^{2,3},
Diego Zárrate-Charry^{4,6}, José F. González-Maya^{2,4,5*}

Resumen

La conservación de la biodiversidad requiere de herramientas a diferentes escalas y a una resolución apropiada para la toma de decisiones. Las especies clave han sido una herramienta útil por la resolución que puede proveer la representación geográfica de sus requerimientos ecológicos y su articulación en el manejo de paisajes. Los grandes carnívoros como el jaguar (*Panthera onca*) en el Neotrópico representan una de las principales especies clave, no obstante se encuentra fuertemente amenazada y aún carece de políticas y mecanismos de control efectivos. **Objetivo:** Dada la necesidad de contar con herramientas a escalas apropiadas de manejo, este trabajo propone una nueva estrategia metodológica para identificar zonas prioritarias para la conservación del jaguar en el distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta (DB-SNSM). **Metodología:** Se evaluó la distribución potencial por medio de un análisis multicriterio, para a partir de métricas de paisaje (forma y contagio) seleccionar los parches más idóneos para el jaguar. A partir de esto se realizó un análisis de distancias sobre registros de la especie y se seleccionaron los núcleos de conservación prioritarios dentro del DB-SNSM. **Resultados:** Se encontraron áreas de hábitat medio en procesos de regeneración y recuperación y óptimo donde se están las mayores extensiones de bosque en buen estado de conservación (12.348 km²). Se identificaron dos unidades prioritarias para la conservación del jaguar (UPC-J) en el DB-SNSM: UPC-J Piedras-Mendihuaca-Guachaca con un área de 473 km² y UPC-J Tapias-Ranchería con un área de 1.810 km². **Discusión:** Este trabajo representa una aproximación preliminar para la región el cual permitirá no solo identificar zonas donde implementar estrategias concretas de conservación al corto y mediano plazo para el jaguar y los ecosistemas donde habita, sino también servirá como base para la planificación del territorio a nivel regional.

Palabras clave: Análisis de distancia, Hábitat potencial, Jaguar, Multicriterio, Paisaje, Unidades prioritarias de conservación.

Abstract

Biodiversity conservation requires tools at appropriate scales and resolution for decision making. Keystone species had been an appropriate tool given the resolution of their ecological requirements and relevance for landscapes management. Large carnivores such as jaguars (*Panthera onca*) in the

¹ Universidad del Magdalena y Fundación para la Participación, Capacitación y la Investigación Social (FUPARCIS), Santa Marta, Colombia.

² Instituto de Ecología e Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.

³ Grupo de Mastozoología Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

⁴ The Sierra to Sea Institute/ProCAT Colombia, Bogotá, Colombia.

⁵ Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste AC, Villahermosa, Tabasco, México.

⁶ Oregon State University, Department of Forest, Ecosystem and Society, Corvallis, Oregon, USA.

* Autor para correspondencia: jfgonzalezmay@gmail.com

Fecha recepción: Noviembre 21, 2013

Fecha aprobación: Febrero 14, 2014

Editor asociado: Jiménez AM

Neotropics represent a major keystone species, however it is strongly threatened and still lacks effective policies and mechanisms of control. **Objective:** Given the need for management tools at appropriate scale, this paper proposes a new strategy for the conservation of the jaguar in the biogeographical district of Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). **Methodology:** We evaluated the species' potential distribution through a multi-criteria analysis, and selected the most suitable habitat patches for jaguar based on landscape metrics (shape and contagion). From this patches we used a distance analyses based on records of the species and selected priority habitat conservation nodes for the District. **Results:** We found average habitat areas in regeneration processes and optimal recovery and large areas in optimal condition (12,348 km²) for jaguar. Two J-PCU were identified for the District: J-PCU Piedras-Mendihuaca Guachaca with an area of 473 km² and J-PCU Tapias-Rancheria with an area of 1.810 km². **Discussion:** This work represents a preliminary approach for the region which will allow not only implementing specific conservation strategies in the short and medium term for jaguar and the ecosystems they inhabit, but also serve as a basis for planning at regional level.

Keywords: Distance analyses, Jaguar, Landscape, Multicriteria, Potential habitat, Priority conservation units.

Introducción

Las áreas naturales protegidas cubren aproximadamente 11,5% de la superficie terrestre del mundo e históricamente han representado una de las mejores herramientas en la estructuración y toma de decisiones en conservación (Rodrigues *et al.* 2004). Sin embargo, las tendencias de conservación a finales del siglo XX no fueron orientadas apropiadamente para maximizar la conservación de la biodiversidad en sus diferentes aspectos y dimensiones, desconociendo de esta forma en gran medida los principales y complejos factores que soportan los diferentes ecosistemas, derivando en la mayoría de casos en esfuerzos insuficientes e ineficientes en la conservación de especies claves como los grandes carnívoros (Hunter 1991, Hunter 2005, Sanderson *et al.* 2002) que están considerados entre las principales especies clave, sobre todo por sus requerimientos ecológicos (Cardillo *et al.* 2004). Dentro de estos, para el Neotrópico el jaguar (*Panthera onca*) representa una de las especies clave y carismáticas y se encuentra fuertemente amenazada por los conflictos con las comunidades humanas, la pérdida y

transformación de sus hábitats naturales y la disminución por cacería ilegal de sus presas (González-Maya *et al.* 2013d, Michalski *et al.* 2006). La mayoría de estas amenazas han venido aumentando como resultado de la falta de herramientas de ordenamiento y planificación que incluyan los hábitats o la distribución de estas especies dentro de las políticas regionales. En los últimos años el aumento de reportes de conflictos entre pobladores locales y estas especies se ha hecho común en áreas de borde de relictos de bosque y zonas transformadas a unidades productivas (González-Maya *et al.* 2013a).

A pesar de que recientemente se han desarrollado diferentes investigaciones sobre el estado de conservación del jaguar en América (Conde *et al.* 2010, de Azevedo y Murray 2007, Polisar *et al.* 2003, Quigley y Crawshaw Jr 1992, Rabinowitz y Zeller 2010, Soisalo y Cavalcanti 2006, Zeller *et al.* 2011), en Colombia estas aproximaciones por lo general han sido escasas y aisladas, aunque esfuerzos recientes han permitido dilucidar importantes aspectos de los felinos y avanzar en la implementación de alternativas para su conservación a múltiples escalas (Arias-Alzate *et al.* 2011, Arias-Alzate *et al.* 2013, González-Maya *et al.* 2013b, González-Maya *et al.* 2013c, Zárrate-Charry *et al.* 2010). La toma de decisiones de ordenamiento territorial y las medidas de conservación generalmente se toman a escalas de paisaje y a resoluciones finas (Wilson *et al.* 2011), siendo necesario definir espacialmente prioridades de conservación que logren disminuir de alguna forma las amenazas que afectan especies o ecosistemas (Boitani *et al.* 2011). Para el caso de las especies animales, la falta de información geográfica a una escala regional o local ha impedido avanzar en procesos de conservación que puedan usar sus atributos al momento de construir acciones efectivas en el territorio (Margules y Pressey 2010) llevando a que en países como Colombia se usen otros atributos de filtro grueso (Andrade Pérez y Corzo Mora 2010) pero estos no necesariamente representan los atributos ni los requerimientos de las especies (Hall *et al.* 1997).

A pesar de contar con información y estrategias de investigación y conservación de especies para algunas regiones del país, es necesario afinar estas metodologías de forma que se traduzcan en acciones reales de conservación (Ceballos *et al.* 2005, Daily *et al.* 2003). Para el Caribe existen aproximaciones

regionales y áreas prioritarias definidas a nivel regional (González-Maya *et al.* 2013b), sin embargo, aún es necesario definir acciones puntuales para cada una de estas zonas prioritarias.

El distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) ha sido previamente identificado como una de las zonas prioritarias de conservación no sólo para carnívoros o jaguar sino para la mayoría de grupos taxonómicos en el Caribe colombiano (González-Maya *et al.* 2013b, Le Saout *et al.* 2013). La SNSM sufre actualmente de fuertes presiones de degradación y pérdida de hábitats por la expansión de la frontera agrícola-ganadera, los conflictos relacionados con el hombre por la depredación de los animales domésticos y la cacería, por ello es necesaria la definición de acciones prioritarias de forma que puedan revertirse estos procesos de degradación para recuperar los hábitats de especies como el jaguar y proteger para el resto de la biodiversidad de la región (López-Londoño *et al.* 2008). Dada la necesidad de contar con herramientas a escalas apropiadas de manejo, este trabajo pretende proponer una estrategia para la conservación del jaguar *Panthera onca* en el distrito biogeográfico de la SNSM, de forma que permita ser aplicado como herramienta en procesos de gestión y manejo del territorio.

Metodología

Área de estudio. El distrito biogeográfico de la SNSM es un macizo montañoso ubicado al norte de Colombia, en jurisdicción de los departamentos de La Guajira, el Magdalena, y Cesar. La SNSM debido a su variación altitudinal, así como su ubicación en la latitud 11° norte, contiene muestras de todas las formaciones vegetales que corresponde a los diferentes pisos climáticos que se pueden encontrar en la América tropical (Rodríguez-Navarro 2006). Asimismo, es hogar de una gran cantidad de especies, encontrándose alrededor de 1.046 especies de vertebrados y más de 3.000 especies de plantas superiores; debido a su aislamiento de las cordilleras de Colombia, presenta un endemismo del 5%, incrementando la concentración de especies endémicas por encima de los 1.000 metros de altura (Pro-Sierra 2000, Tribin *et al.* 1999), ubicando a la región en una de las zonas de mayor importancia en términos de biodiversidad en

el país y en el mundo (López-Londoño *et al.* 2008).

En términos ambientales, este distrito alberga cinco áreas protegidas del orden nacional, Parque Nacional Natural (PNN) Sierra Nevada de Santa Marta y PNN Tayrona, Vía Parque Isla de Salamanca, Santuario de Fauna y Flora (SFF) Ciénaga Grande de Santa Marta y SFF Los Flamencos. Cuenta de igual manera con diversas figuras de protección nacional e internacional como Reserva de la Biósfera y Patrimonio Natural de la Humanidad (López-Londoño *et al.* 2008), aun así las medidas de control generadas por estos entes son insuficientes en relación con la magnitud de las presiones.

Métodos. Se realizó un análisis espacial inferencial para identificar las áreas prioritarias de conservación del jaguar (UPC-J), con el fin de definir áreas donde posibles acciones de conservación puedan ser llevadas a cabo, siendo estas de vital importancia para asegurar la permanencia de la especie en la región. Se siguió un procedimiento de selección de zonas prioritarias para el manejo de paisajes, de acuerdo con los requerimientos y amenazas de la especie de interés; para esto se identificaron las áreas con mayor probabilidad de uso por el jaguar por medio de un modelo multicriterio basado en variables de tipo de cobertura vegetal, elevación, pendiente, distancia a carreteras y poblados (Beier *et al.* 2007, Benítez *et al.* 2013, Clark *et al.* 1993). Las variables de cobertura se derivaron del GlobCover (ESA y UCLovain 2009), elevación y pendiente del Hydro 1K South America (US Geological Survey 2012) y distancia a carreteras, poblados y fuentes de agua de Vector Map (National Imagery and Mapping Agency 2009) siguiendo la clasificación de importancia propuesta por González-Maya *et al.* (2012) y Benítez *et al.* (2013).

Para la construcción del modelo se generó una cuadrícula de píxeles homogéneos de 300 x 300 m sobre el distrito y se reclasificaron todas las variables a esta resolución, logrando un modelo de hábitat potencial a una escala apropiada para ser usado en planificación regional. Se generó así un modelo multicriterio de hábitat potencial por sobreposición de capas asignando valores de importancia y pesos a cada variable a partir de propuestas anteriores (Benítez 2010, González-Maya *et al.* 2010) de forma que fueran congruentes a escala del paisaje (Beier *et al.* 2007, Menke y Hayes. 2002). Se asignaron pesos a cada componente de la siguiente manera:

tipo de cobertura (0,65), elevación y pendiente (0,15), distancia a centros poblados (0,10) y distancia a carreteras (0,10) (Majka *et al.* 2007). El valor de cada variable fue clasificado según la probabilidad de presencia de la especie, tomando como base el conocimiento de expertos según la parametrización propuesta antes para la especie (Benítez 2010, González-Maya *et al.* 2010). Para la variable tipo de cobertura se clasificaron las coberturas naturales e intervenidas y se les asignó un valor de acuerdo con la literatura (Seymour 1989) y registros de la especie, mientras que la elevación, pendiente y distancia a poblados y carreteras fue clasificada según lo propuesto por González-Maya *et al.* (2012) y Benítez *et al.* (2013).

El procedimiento de sobre posición asigna un valor entre 1 y 3 a la unión de las capas de las variables antes explicadas, clasificado ordinalmente como pobre, medio y óptimo, con base en los pesos asignados a cada uno de los píxeles. Esta clasificación se usó como una aproximación de la calidad del hábitat y por ende como indicador potencial del tipo de parche, según su tamaño y configuración (contagio o distancia a otro parche similar) y la probabilidad de supervivencia de la especie.

Una vez obtenido el modelo se determinaron los parches de hábitat potencial como aquella conglomeración de píxeles clasificados por encima de 80% de presencia potencial (ie hábitat óptimo) y se evaluaron sus características en términos de tamaño y forma para su evaluación en términos de hábitat para la especie (Girvetz y Greco 2007, Majka *et al.* 2007, Schaller y Crawshaw 1980). Basados en la estimación menos conservadora de parche viable para la ocupación de un individuo de jaguar (Schaller y Crawshaw 1980), se utilizó un umbral de 26 km² como valor mínimo, para clasificar cada parche de acuerdo con su probabilidad de presencia, asimismo se definió la importancia de cada parche según la función de su forma geométrica y contagio (proximidad con otros parches), siendo seleccionados los parches con área mayor al umbral, forma circular (índice de forma >0,80) y una cercanía menor a 3 km a un parche similar.

Con el fin de delimitar las unidades prioritarias de conservación de jaguar (UPC-J) y validarlas se utilizaron registros de la especie según trabajos previos (Benítez *et al.* 2013, González-Maya *et al.* 2013b, Zárrate-Charry *et al.* 2010), esto se llevó a cabo por

medio de una función de densidad de núcleo, seleccionando las áreas con al menos cuatro registros de la especie, en una radio mínimo de 6 km, siguiendo lo planteado en estudios anteriores (Rabinowitz y Zeller 2010, Sanderson *et al.* 2002, Wikramanayake *et al.* 1998).

Una vez seleccionadas las unidades, se consideró la zona núcleo identificada y a partir del gradiente lineal en términos del aumento en la composición de parches adyacentes próximos y se clasificaron las unidades en zona núcleo (aquella identificada a partir de los registros), seguido por una zona de transición, la cual corresponde a una zona media dedicada a actividades de conservación y por último una zona de amortiguación, como la parte más externa de la unidad la cual tiene como propósito servir como una primera barrera biológica (Nepal y Weber 1994, Wells y Brandon 1993). La definición de las zonas mencionadas siguió un ordenamiento lineal a partir de que se alejaba del núcleo con registros, cambiando a medida que la densidad de parches óptimos disminuía.

Resultados

En términos generales se pudo identificar varias zonas de importancia para la especie según el modelo multicriterio de hábitat potencial, quedando las áreas óptimas reducidas por la influencia de la variable elevación y la cobertura, siendo las áreas transformadas para producción agropecuaria un criterio de gran influencia (Figura 1). A su vez, se identificó una proporción significativa (20%) de áreas clasificadas como hábitat óptimo, y en menor proporción medio (5%), siendo definidos por áreas de bosque y en procesos de regeneración y recuperación (posible vegetación secundaria) respectivamente. Es de recalcar que las actuales áreas protegidas del Distrito incluyen una proporción significativa de hábitat óptimo, sobre todo en los PNN Tayrona y Sierra Nevada de Santa Marta, mientras que las otras tres áreas incluyen en su mayoría áreas con hábitat medio o pobre (Figura 1), siendo estas zonas dominadas por ecosistemas acuáticos que soportan otro tipo de especies. La calidad de hábitat óptimo se encuentra en la zona correspondiente a las cuencas de los ríos Tapia, Ranchería y Cesar, donde se están las mayores extensiones de bosques naturales en un buen estado de conservación y donde se han dado pocos pro-

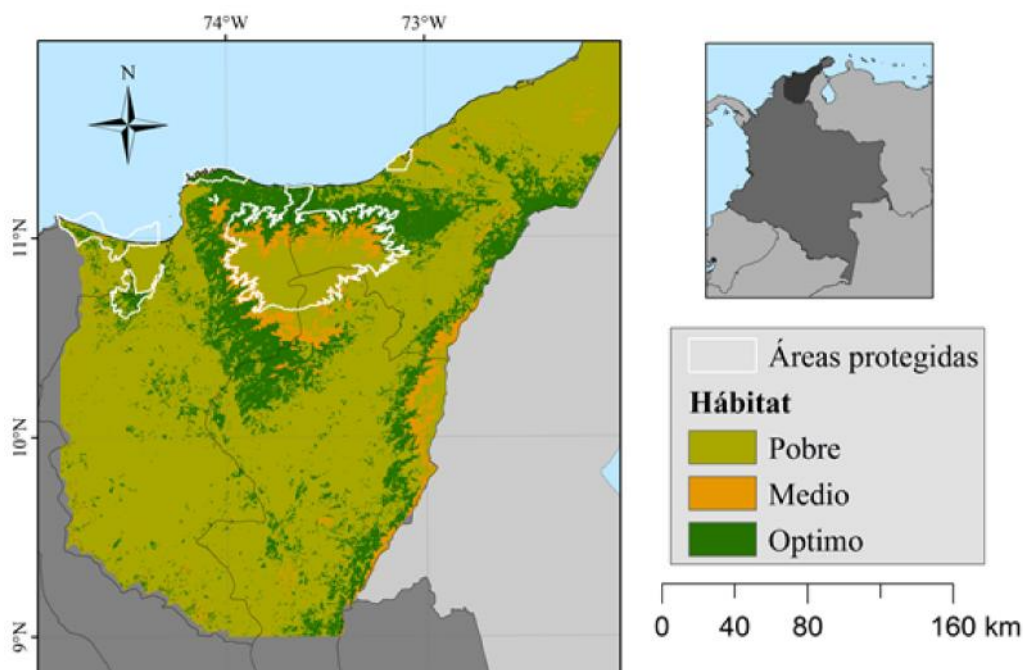


Figura 1. Distribución del hábitat potencial de jaguar para el distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta a partir de un modelo multicriterio.

cesos de transformación en los usos del suelo.

En relación con el sistema de parches el Distrito aún mantiene un porcentaje significativo de parches óptimos que suman 12.348 km², distribuidos en 16 parches con un tamaño promedio de 771,7 km². Se identificaron un total de dos UPC-J para el Distrito a partir de la identificación de parches adecuados y el análisis de núcleos de los registros. La primera UPC-J denominada Piedras-Mendihuaca-Guachaca presenta un área de 473 km² y se encuentra ubicada en cercanías del PNN Tayrona hacia la zona costera del departamento del Magdalena; la otra UPC-J denominada Tapias-Ranchería presenta un área de 1.810 km² siendo la unidad de mayor extensión y la que presenta un mayor número de registros de presencia de jaguar, reflejado en el tamaño del núcleo, ubicada en la porción oriental del macizo en el departamento de La Guajira en límites con Cesar (Figura 2).

Discusión

El modelo aquí desarrollado para el distrito biogeográfico SNSM representa uno de los primeros aportes para el desarrollo de estrategias de conser-

vación a escala local en el Caribe colombiano. A pesar de que a nivel global iniciativas anteriores excluían la zona norte de Colombia como área prioritaria de conservación para el jaguar (Rabinowitz y Zeller 2010), análisis a escala regional (ie Caribe) habían identificado claramente al DB-SNSM como una de las unidades prioritarias de conservación para la especie (González-Maya *et al.* 2013b, González-Maya *et al.* 2013c), incrementando la necesidad de estrategias de conservación en esta región, enfocadas en la construcción de rutas de conectividad que unan nuevamente el Caribe con el resto de áreas de hábitat potencial de la especie.

Dadas las fuertes presiones y amenazas que sufre la región Caribe, en especial para felinos, relacionadas con las actividades antrópicas y el conflicto hombre-jaguar, es posible que las poblaciones de jaguar estén siendo afectadas por aislamiento y se requieran de estrategias desde lo local hasta lo regional de forma que puedan asegurarse las áreas núcleo aquí identificadas y estas puedan conectarse con los núcleos de zonas cercanas prioritarias como la Serranía del Perijá, la Serranía de San Lucas o los Montes de María. Las unidades de conservación aquí propuestas constituirían áreas de importancia para el

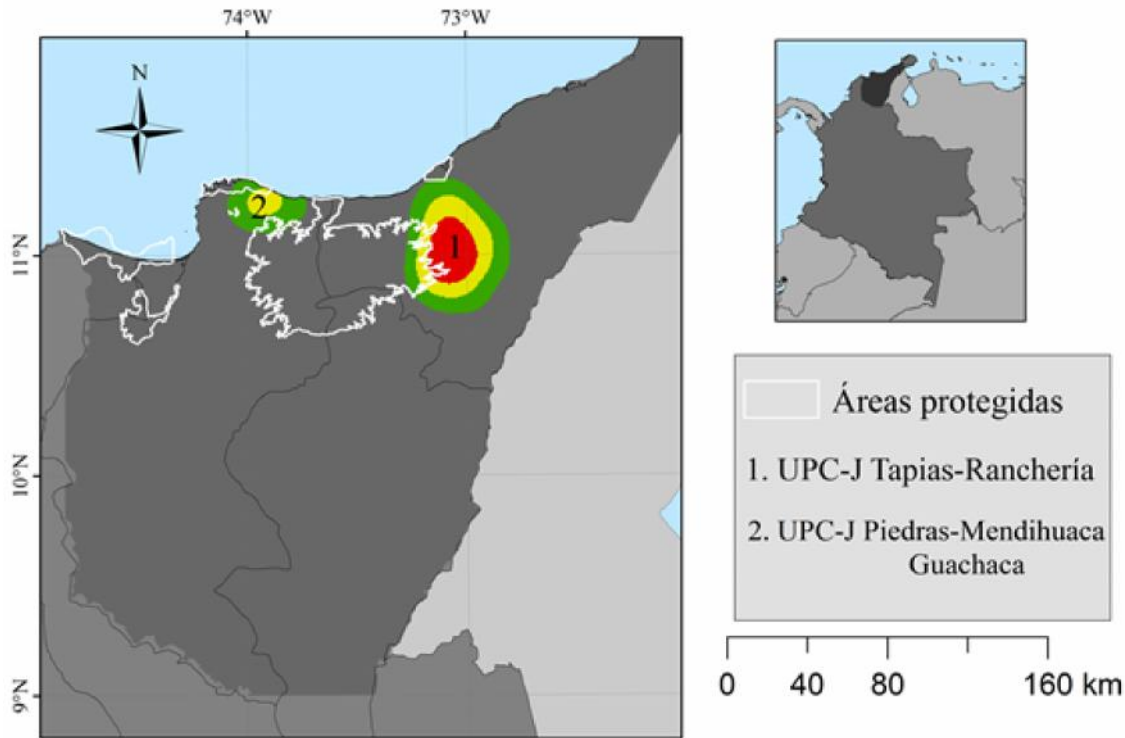


Figura 2. Distribución de unidades prioritarias de conservación de jaguar (UPC-J) para el distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta a partir de un modelo multicriterio. Zona núcleo (Rojo); Zona de transición (Amarillo); Zona Buffer (Verde).

manejo y conservación de la especie en la región y su conectividad y flujo de individuos con otras áreas, como ya se mencionó, podrían ser la base para una estrategia regional de conservación. La identificación y priorización a escalas de paisaje permite enfocar acciones reales de conservación y la aplicación de políticas públicas al manejo del territorio, también el uso de nuevas herramientas metodológicas que permitan identificar prioridades a nivel de especie en el paisaje que deben ser articuladas con las políticas de ordenamiento territorial, siendo actualmente uno de los principales vacíos a nivel nacional, en donde las especies están protegidas pero no sus hábitat, siendo inexistente su inclusión en esquemas de planificación territorial.

Como a escala global se calcula que 36% de la distribución de la especie presenta poblaciones fragmentadas y disminuidas (Sanderson *et al.* 2002), es probable que la mayor prioridad sea asegurar poblaciones continuas en paisajes intervenidos de forma que se aseguren núcleos de población para pasar a planificar su conectividad, principalmente a escalas continentales.

La aproximación aquí presentada es una forma preliminar, a partir de atributos de paisaje e información cartográfica, de aproximarse a la priorización de áreas claves para conservación como herramienta preliminar para enfocar acciones urgentes de conservación a escala regional (González-Maya *et al.* 2012). La mayor parte de las amenazas sobre la biodiversidad en general requieren de acciones de urgencia y no permiten obtener la información suficiente a tiempo (Knight *et al.* 2008), este tipo de aproximaciones espaciales pueden permitir revertir los procesos más importantes mientras se genera la información pertinente, pero al mismo tiempo evitando pérdidas significativas al corto plazo. El trabajo presentado representa un avance preliminar para la región sujeto a ser refinada con información cada vez más actualizada y de mejor resolución, de forma que puedan darse recomendaciones de áreas prioritarias a una mejor escala; sin embargo, dada la necesidad de contar con herramientas para implementar políticas públicas en el paisaje, esta aproximación puede ayudar a los tomadores de decisiones a definir dónde implementar estrategias concretas al corto y

mediano plazo para mantener poblaciones de la especie y su conectividad, y como base para la planificación regional del territorio.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los editores y revisores por sus aportes. Este trabajo fue realizado gracias al apoyo y financiamiento de ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Corporación Autónoma Regional de La Guajira y Corporación Autónoma Regional del Cesar.

Literatura citada

- Andrade Pérez GI, Corzo Mora GA. 2011. *¿Qué y dónde conservar?* Bogotá: Unidad Administrativa Especial, Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Arias-Alzate A, Botero-Cañola S, Sánchez-Londoño JD, Mancera N, Solari S. 2011. Primeros videos de jaguar (*Panthera onca*) con cámaras automáticas en el nororiente de Antioquia (Colombia) y evidencias de una posible población en la región. *Rev Latinoam Conserv.* 2: 38-44.
- Arias-Alzate A, Botero-Cañola S, Sánchez-Londoño JD, Solari S. 2013. Presencia de felinos y evidencias de conflicto con humanos en tres regiones de Antioquia. *En: Payán Garrido E, Castaño-Uribe C (eds.). Grandes felinos de Colombia.* Vol. I. Panthera Colombia. Bogotá: Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional & Cat Specialist Group UICN/SSC. p. 145-54.
- Beier P, Majka D, Jenness J. 2007. *Conceptual steps for designing wildlife corridors.* Flagstaff: Northern Arizona University. 90 pp.
- Benítez A. 2010. *Aproximaciones del hábitat potencial para jaguar (Panthera onca) en la región caribe colombiana.* Turrialba: CATIE.
- Benítez A, Finegan B, Jones J, Casanoves F, González-Maya JF. 2013. Aproximación al hábitat potencial para jaguar en la región Caribe colombiana. *En: Payán Garrido E, Castaño-Uribe C (eds.). Grandes felinos de Colombia.* Vol. I. Panthera Colombia. Bogotá: Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional & Cat Specialist Group UICN/SSC. p. 175-82
- Boitani L, Maiorano J, Baisero D, Falcucci A, Visconti P, Rondinini C. 2011. What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 366: 2623-32.
- Cardillo M, Purvis A, Sechrest W, Gittleman JL, Bielby J, Mace GM. 2004. Human population density and extinction risk in the world's carnivores. *PLoS Biol.* 2: e197.
- Ceballos G, Ehrlich PR, Soberón J, Salazar I, Fay JP. 2005. Global mammal conservation: what must we manage? *Science* 309: 603-7.
- Clark JD, Dunn JE, Smith KG. 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *J Wildlife Manag.* 57: 519-26.
- Conde DA, Colchero F, Zarza H, Christensen Jr NL, Sexton JO, Manterola C, et al. 2010. Sex matters: Modeling male and female habitat differences for jaguar conservation. *Biol Conserv.* 143: 1980-8.
- Daily G, Ceballos G, Pacheco J, Suzán G, Sánchez-Azofeifa GA. 2003. Countryside biogeography of neotropical mammals: Conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conserv Biol.* 17: 1814-26.
- de Azevedo FCC, Murray DL. 2007. Spatial organization and food habits of jaguars (*Panthera onca*) in a floodplain forest. *Biol Conserv.* 137: 391-402.
- ESA, UCLouvain 2009. *GlobCover 2009.* Paris: European Space Agency & Université catholique de Louvain.
- Girvetz E, Greco S. 2007. How to define a patch: a spatial model for hierarchically delineating organism-specific habitat patches. *Landsc Ecol.* 22: 1131-42.
- González-Maya JF, Cepeda AA, Zárrate-Charry DA, Granados-Peña R, Pérez-Ascanio W, González M. 2013a. Conflictos felinos-vida silvestre en el Caribe colombiano: un estudio de caso en los departamentos del Cesar y La Guajira. *En: Castaño-Uribe C, González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Ange-Jaramillo C, Vela-Vargas IM (eds.). Plan de conservación de felinos del Caribe colombiano: Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave.* Santa Marta: Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute. p. 51-9.
- González-Maya JF, Romero-Rendón DA, Zárrate-Charry C, Castaño-Uribe M, González LR, Viquez-R, et al. 2013b. Evaluación geográfica y prioridades de conservación de hábitat para felinos en el Caribe colombiano. *En: Castaño-Uribe C, González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Ange-Jaramillo C, Vela-Vargas IM (eds.). Plan de conservación de felinos del Caribe colombiano: Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave.* Santa Marta: Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute. p. 77-87.
- González-Maya JF, Schipper J, Finegan B. 2012. *Ecología y conservación del jaguar en Talamanca, Costa Rica: herramientas de planificación a escala regional.* Saarbrücken: Editorial Académica Española.
- González-Maya JF, Zárrate-Charry D, Castaño-Uribe C, Ange-Jaramillo C, Cepeda A, Pineda-Guerrero A, et al. 2013c. Plan de conservación de felinos para el Caribe colombiano (PCFC): definición de áreas prioritarias para la conservación de felinos y biodiversidad en paisajes tropicales. *En: Payán E, Castaño-Uribe C (eds). Grandes felinos de Colombia.* Vol. I. Bogotá: Panthera Colombia, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Conservación Internacional & Cat Specialist Group UICN/SSC. p. 163-74.
- González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Cepeda AA, Balaguera-Reina SA, Benítez-Gutiérrez AM, Granados-Peña R, et al. 2010. Diagnóstico, evaluación y propuestas de solución a la problemática de conflictos ocasionados por jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) a actividades pecuarias en jurisdicción de la Corporación Autónoma

- Regional del Cesar (CORPOCESAR). Valledupar: ProCAT Colombia, CORPOCESAR. 100 pp.
- González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Cepeda AA, Pineda-Guerrero A, Vela-Vargas IM, González M. 2013d. Ecología y conservación de felinos y presas en el Caribe colombiano. *En*: Castaño-Uribe C, González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Angel-Jaramillo C, Vela-Vargas IM (eds.). *Plan de conservación de felinos del Caribe colombiano: Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave*. Santa Marta: Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute. p. 95-104.
- Hunter ML. 1991. Coping with ignorance: The coarse-filter strategy for maintaining biodiversity. *In*: Kohm KA (ed). *Balancing on the brink of extinction: endangered species act and lessons for the future*. Washington DC: Island Press. p. 266-81.
- Hunter ML. 2005. A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse filters. *Conserv Biol*. 19: 1025-9.
- Knight AT, Cowling RM, Rouget M, Balmford A, Lombard AT, Campbell BM. 2008. Knowing but not doing: selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. *Conserv Biol*. 22: 610-7.
- Le Saout S, Hoffmann M, Shi Y, Hughes A, Bernard C, Brooks T, et al. 2013. Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*. 342: 803-5.
- López-Londoño T, González-Maya JF, Zárrate-Charry DA, Balaguera-Reina SA. 2008. Biodiversity and cultural conservation in Sierra Nevada de Santa Marta Colombia. *Mountain News*. 3: 43-4.
- Majka D, Jenness J, Beier P. 2007. *CorridorDesigner: ArcGIS tools for designing and evaluating corridors*. Falstaff: Environmental Research, Development and Education for the New Economy (ERDENE). Disponible en: <http://corridordesign.org>.
- Margules CR, Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*. 405: 243-53.
- Menke KW, Hayes CL. 2002. *Evaluation of the relative suitability of potential jaguar habitat in New Mexico*. Albuquerque: Department of Game and Fish New Mexico.
- Michalski F, Boulhosa LRP, Faria A, Peres CA. 2006. Human-Wildlife conflicts in a fragmented amazonian forest landscape: determinants of large felid depredation on livestock. *Anim Conserv*. 2: 170-80.
- National Imagery and Mapping Agency. 2009. *Vector Map Level 0* (Digital Chart of the World) in NI a M. Bethesda: Agency editor.
- Nepal SK, Weber KE. 1994. A buffer zone for biodiversity conservation: viability of the concept in Nepal's Royal Chitwan National Park. *Environ Conserv*. 21: 333-41.
- Polisar J, Maxit I, Scognamiglio D, Farrell L, Sunquist ME, Eisenberg JF. 2003. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biol Conserv*. 109: 297-310.
- Pro-Sierra. 2000. *Bases técnicas para la formulación de una estrategia de conservación ecorregional*. Santa Marta: Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta.
- Quigley HB, Crawshaw Jr PG. 1992. A conservation plan for the jaguar *Panthera onca* in the Pantanal region of Brazil. *Biol Conserv*. 61: 149-57.
- Rabinowitz A, Zeller KA. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biol Conserv*. 143: 939-45.
- Rodrigues ASL, Anelman SJ, Bakarr MI, Boitani L, Brooks TM, Cowling RM, et al. 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*. 428: 640-3.
- Rodríguez-Navarro GE. 2006. Sierra Nevada de Santa Marta: understanding the basis for natural resource management. *In*: Harmon D (ed). *People, places, and parks*. Proceedings of the 2005 George Wright Society Conference on Parks, Protected Areas, and Cultural Sites. Hancock: The George Wright Society.
- Sanderson EW, Redford KH, Chetkiewicz CLB, Medellin, RA, Rabinowitz AR, Robinson JG, et al. 2002. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conserv Biol*. 16: 58-72.
- Schaller GB, Crawshaw Jr PG. 1980. Movement patterns of jaguar. *Biotropica*. 12: 161-8.
- Seymour KL. 1989. *Panthera onca*. *Mamm Spec*. 340: 1-9.
- Soisalo MK, Cavalcanti SMC. 2006. Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biol Conserv*. 129: 487-96.
- Tribin M, Rodríguez G, Valderrama M. 1999. *The biosphere reserve of Sierra Nevada de Santa Marta: A pioneer experience of a shared and coordinated management of a bioregion*. Working Paper. Paris: UNESCO.
- US Geological Survey. 2012. *Hydro1k South America*. US Geological Survey Earth Resources Observation and Science (EROS) Center Sioux Falls, South Dakota, US.
- Wells MP, Brandon KE. 1993. The principles and practice of buffer zones and local participation in biodiversity conservation. *Ambio*. 22: 157-62.
- Wikramanayake ED, Dinerstein E, Robinson JG, Karanth U, Rabinowitz A, Olson D, et al. 1998. An ecology-based method for defining priorities for large mammal conservation: the tiger as case study. *Conserv Biol*. 12: 865-8.
- Wilson KA, Evans MC, Di Marco M, Green DC, Boitani L, Possingham HP. 2011. Prioritizing conservation investments for mammal species globally. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B. Biol Sci*. 366: 2670-80.
- Zárrate-Charry DA, González-Maya JF, Castaño-Uribe C, Cepeda AA, Balaguera-Reina SA, Ange C, et al. 2010. *Caracterización y diagnóstico de las poblaciones de félidos y otros mamíferos medianos y grandes en el departamento de la Guajira: estrategias de conservación a escala regional*. Riohacha: CORPOGUAJIRA, Fundaherencia.
- Zeller KA, Nijhawan S, Salom-Pérez R, Potosme SH, Hines JE. 2011. Integrating occupancy modeling and interview data for corridor identification: A case study for jaguars in Nicaragua. *Biol Conserv*. 144: 892-901.