

Ensayo

La conectividad ecológica y el "diálogo de saberes" para promover la conservación del yaguar *Panthera onca* en Venezuela

Hugo Cerda, Włodzimierz Jędrzejewski y Angel Viloria

Resumen. Durante el siglo 20 las poblaciones de yaguar *Panthera onca* en Venezuela disminuyeron dramáticamente. Se mataron a los yaguares, por el miedo, como una fuente adicional de dinero, por la depredación del ganado y por deporte. Originalmente, habitaban la mayor parte del territorio de Venezuela a excepción de las partes altas de los Andes, zonas más secas y territorio insular. Durante el siglo pasado, en Venezuela los esfuerzos para la protección de la biodiversidad se concentraron en zonas conocidas como Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE; reservas naturales, parques nacionales, reservas forestales entre otras). Sin embargo, éstas han demostrado ser insuficientes para proteger al yaguar de la extinción. En este ensayo se revisa el estado del conocimiento acerca de la ecología, la genética, la participación social, la legislación y el diálogo de saberes, para promover la conectividad ecológica y corredores ecológicos para el yaguar en Venezuela, como una posible estrategia para su conservación.

Palabras clave. Yaguar. *Panthera onca*. Venezuela. Conectividad ecológica. Diálogo de saberes.

Ecological connectivity and the "dialogue of knowledge" to promote the conservation of the Jaguar *Panthera onca* in Venezuela

Abstract. During the 20th century the population of Jaguars in Venezuela decreased dramatically. Jaguars were killed, for fear, as an additional source of money, because of livestock predation problems and for sport. Originally the species inhabited most of Venezuela's territory with the exception of the highlands of the Andes and the drier areas and islands in front of the Venezuelan coast. During the last century, Venezuela's efforts to protect biodiversity were concentrated in areas known as Special Administration Areas (ABRAE for Areas Bajo Régimen de Administración Especial in Spanish, which included nature reserves, national parks, forest reserves, etc.). However, these areas have proved insufficient to protect the Jaguar from extinction. In this essay we review the genetic and ecological needed information, the social participation, legislation and dialogue of knowledge, to promote the ecological connectivity and ecological corridors as a possible conservation strategy for the Jaguar *Panthera onca*.

Key words. Jaguar. *Panthera onca*. Venezuela. Ecological connectivity. Dialogue of knowledge.

Introducción

La actual extinción de las especies es un fenómeno que está ocurriendo 1.000 veces más rápido de lo esperado (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Unas de las causas reconocidas para estas altas tasas de extinción son: a) la destrucción y el deterioro extensivo de los hábitats silvestres por diversas actividades humanas y b) el

deterioro de la diversidad genética dentro de poblaciones cada vez más pequeñas y aisladas (Crooks 2002, Rabinowitz y Zeller 2010, Crooks *et al.* 2011, Harihar y Pandav 2012). Durante el siglo 20, los esfuerzos en la protección de la naturaleza fueron dirigidos hacia la protección de especies, por lo general en áreas pequeñas (reservas naturales, parques nacionales, reservas forestales, refugios de fauna silvestre, entre otras). En Venezuela estas áreas fueron destinadas a sistemas especiales de administración y se les denominó Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) (Naveda y Yarena 2010). Estas debían funcionar como santuarios para las especies. A finales del siglo 20, tal concepto de la protección de la naturaleza demostró ser insuficiente para detener la extinción global de especies y la pérdida de la diversidad biológica (Ceballos y Ehrlich 2002, Crooks *et al.* 2011). Desde la década de 1990, el desarrollo de la ecología, la genética de poblaciones y la biogeografía, han demostrado que la conectividad ecológica entre áreas ambientalmente valiosas es una condición necesaria para la protección de la biodiversidad (Yarena 1994, Hedrick 1995, Noss *et al.* 1996, Hanski y Ovaskainen 2000). Preservar o restaurar la continuidad del hábitat es reconocida como una de las tareas principales para la conservación de los grandes mamíferos como el yaguar y la comunidad biótica que comparte hábitat con él (Rabinowitz y Zeller 2010). Esto significa, que uno de los objetivos de conservación debe dedicarse a mantener la conectividad existente entre las áreas y aumentarla gradualmente, construyendo corredores funcionales de migración (corredores ecológicos), cuando la conectividad esté degradada. Esta conexión es tan importante como las mismas áreas bajo protección especial (Frankham 2006, Jędrzejewska y Jędrzejewski 2009, Kusak 2010).

Fue el naturalista alemán Alexander von Humboldt, quien en 1800 reportaría por primera vez en términos científicos al yaguar en Venezuela (Hoogesteijn *et al.* 2011) y desde la década de 1980 se comenzaría a generar información científica relacionada directamente con su conservación (Ojasti 1984, 1986). González Fernández (1995) destacó que los conservacionistas debían considerar dentro de las estrategias de conservación las pérdidas que para los ganaderos significa la depredación de los becerros por los yaguares; también durante los años 90 del siglo XX, John Polisar, Daniel Scognamillo, Rafael Hoogesteijn y otros investigadores, realizaron importantes investigaciones sobre la ecología y la conservación del yaguar (Hoogesteijn y Mondolfi 1992, Hoogesteijn *et al.* 1993, Polisar *et al.* 2003). Hoy día no existe un programa oficial en Venezuela para atender y resolver específicamente los problemas de conservación del yaguar. Hasta hace 15 años existió en la Dirección de Fauna Silvestre – PROFUNA, del extinto Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), un programa de reubicación de yaguares, el cual fue suspendido (Hoogesteijn *et al.* 2011). Recientemente, en el Parque Nacional Guatopo se han realizado estimaciones de densidades de yaguares por la bióloga Emiliana Isasi Catalá de la Universidad Simón Bolívar (Hoogesteijn *et al.* 2011).

Hoy en día los hábitats están fragmentados por el intenso desarrollo de la infraestructura humana. Esto disminuye los tamaños de población efectivas (Frankham 1996), lo que produce un aumento de la deriva genética y la endogamia (Soulé y Mills 1998, Young y Clarke 2000, Stockwell *et al.* 2003), que resulta en la pérdida del intercambio genético, la calidad y producción de esperma, la habilidad para copular, la fecundidad en las hembras y la disminución en la sobrevivencia de juveniles (Frankman *et al.* 2002). Estos efectos comprometen el potencial adaptativo (Saccheri *et al.* 1998, Lehmann y Perrin 2006, Kuriwada *et al.* 2011), reducen la condición física y contribuyen al riesgo de extinción de las poblaciones y, por ende, de la especie (Frankham 2005). En Venezuela, la expansión de la frontera agropecuaria, el incremento de las carreteras y la minería han causado los cambios más notables en los paisajes naturales, fragmentando los ecosistemas. Es bien conocido que las carreteras, vías férreas, grandes represas y amplias áreas deforestadas pueden producir pérdida de conectividad, pues bloquean el paso de los animales y fragmentan las poblaciones (Kusak *et al.* 2000, Damarad y Bekker 2003, Jędrzejewski y Ławreszuk 2009).

Los efectos genéticos adversos, producto de la fragmentación poblacional, pueden ser mitigados si se mejora la conectividad del hábitat, restableciendo el flujo de genes entre las poblaciones a través de corredores ecológicos (Clevenger y Waltho 2000, Frankham *et al.* 2002, Crooks y Sanjayan 2006, Noss y Daly 2006, Swindell y Bouzat 2006, Kusak *et al.* 2009, Shirk *et al.* 2010). Los corredores ecológicos son parte de redes ecológicas, constituidas por áreas centrales (nodos o áreas naturales), corredores (naturales y/o vínculos artificiales) y zonas de amortiguamiento (o *buffers*), que proporcionan la condiciones físicas necesarias para que las poblaciones se conecten en un paisaje dominado por humanos (Carroll *et al.* 2003, Bateman 2006). La eficacia de los corredores se ha demostrado experimentalmente mediante estudios de los movimientos de las mariposas, polen y semillas dispersadas por aves (Tewksbury *et al.* 2002).

La conectividad ecológica y los yaguares venezolanos

Históricamente el yaguar, con una amplia distribución geográfica, ha pasado por períodos en los que se ha reducido su distribución como resultado de altas tasas de extinción local (Purvis *et al.* 2001, Sanderson *et al.* 2002a, b, Rabinowitz 2005, Rabinowitz y Zeller 2010). Los yaguares, como todos los grandes carnívoros, son particularmente sensibles a la fragmentación del paisaje (Crooks 2002 en Rabinowitz y Zeller 2010). En Venezuela, esta especie está reducida a poblaciones aisladas y fragmentadas, especialmente al norte del Orinoco (Jędrzejewski *et al.* 2011). Actualmente la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), asigna al yaguar dentro de la categoría de especie Casi Amenazada (Near Threatened), mientras que el Libro Rojo de la Fauna Venezolana le asigna una categoría a nivel regional de Vulnerable (IUCN 2009, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008, 2010).

El yaguar se encuentra protegido por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés), de la cual Venezuela es signataria. Desde 1996, se convirtió en una especie legalmente protegida, en veda indefinida según el decreto N° 1485 (Venezuela 1996).

Un análisis de la conectividad funcional a lo largo de toda el área de distribución de los yaguares americanos fue realizado por Rabinowitz y Zeller (2010). Los resultados indican que el 78% del territorio original en el que se encontraban los yaguares aún está en condiciones de servir como áreas de movilización del mismo, luego existe el potencial de dispersión poblacional a lo largo de la distribución de la especie a través de corredores. Sin embargo, el trabajo no aporta información sobre la situación en Venezuela, por lo cual se requieren estudios de campo detallados (conocido como “ground truthing” en inglés), para validar la utilidad de los posibles corredores ecológicos propuestos para Venezuela. Es posible que en nuestro país la conectividad no esté afectada al sur del río Orinoco, donde existen extensos bosques con baja intervención humana, contrariamente a lo que ocurre al norte del río Orinoco. Para dilucidar esto, es necesario obtener información precisa de la movilidad y el flujo genético de la especie en estudio (Simberloff *et al.* 1992, Horskins *et al.* 2006). Un estudio reciente en Europa calculó la conectividad funcional de menor costo de corredores y las estructuras humanas que podrían actuar como barreras para los dos grandes carnívoros europeos, el lobo gris *Canis lupus* Linnaeus, 1758 y el lince *Lynx lynx* Linnaeus, 1758 (Maren *et al.* 2011). Además de las áreas deforestadas con fines agropecuarios y represas, las infraestructuras de transporte han sido reconocidas como barreras humanas que constituyen una grave amenaza para grandes carnívoros y el resto de la biota (Singleton *et al.* 2002). La construcción de estructuras como pasos elevados, pasos a desnivel, viaductos, alcantarillas o túneles, permitirían el flujo de los animales terrestres (Jędrzejewski *et al.* 2009, Kusak *et al.* 2009, Kusak 2010). También la protección legal de áreas boscosas de poco desarrollo agropecuario (incluyendo bosques naturales o sembrados, o lotes silvopastoriles en fincas ganaderas), zonas sin caminos o de “bajo tráfico”, lechos de ríos y caminos abandonados, han sido propuestos como elementos importantes en los esfuerzos de conservación mediante corredores ecológicos (Selva *et al.* 2011).

Con el fin de conectar las diferentes subpoblaciones de yaguares en Venezuela, se requeriría como mínimo obtener información sobre los siguientes factores: a) dónde están las poblaciones remanentes (en particular las subpoblaciones genéticamente únicas); b) el número efectivo poblacional (N_e); c) la movilidad territorial; y d) la diversidad, estructura y flujo génico.

Se dispone de la siguiente información: en el Hato Piñero en los Llanos de Venezuela, estudios de radiotelemetría de los yaguares revelaron un tamaño del rango de acción entre 83 y 100 km², para hembras y machos respectivamente (Scognamillo *et al.* 2002, 2003, Polisar *et al.* 2003). En relación con las poblaciones remanentes y su movilidad territorial, el conocimiento fue recientemente revisado (Jędrzejewski *et al.* 2011).

Recientemente se determinó la viabilidad de las heces para el genotipado de microsatélites nucleares de poblaciones de yaguares amazónicos (Michalski *et al.* 2011). En las zonas tropicales las muestras de heces, pelos y piel son a menudo expuestas a alta humedad, temperaturas cálidas, lluvias frecuentes y luz solar intensa, que rápidamente pueden degradar el ADN y afectar la amplificación y secuenciación de ADN (Lindahl 1993, Murphy *et al.* 2007).

A pesar de esta dificultad metodológica, existen dos estudios, el primero por Eizirik *et al.* (2001), en toda el área de distribución de la especie (América Central y del Sur), basado en un tamaño de muestra pequeña de animales de zoológico y de museo ($n=40$ individuos). Este estudio mostró poca evidencia de fragmentación geográfica y de barreras al flujo de genes a lo largo de la distribución del jaguar, con la excepción de dos grandes barreras como el río Amazonas y el golfo de Darién (en Panamá). El otro estudio es un detallado análisis de Ruiz-García *et al.* (2006) de las poblaciones colombianas. Ambos estudios muestran gran diversidad genética para los microsatélites de los yaguares ($H=0,739$ para el primer estudio y $H=0,846$ en el segundo). En la pequeña muestra de 40 individuos muestreados por Eizirik *et al.* (2001) se identificaron 22 haplotipos del ADN mitocondrial. Ruiz-García *et al.* (2006, 2007) revelaron también una significativa heterogeneidad de las poblaciones de yaguares en dos regiones de Colombia, en concordancia con dos subespecies previamente distinguidas por los taxónomos (*Panthera onca-onca* y *P. o. centralis*).

Los estudios antes mencionados resaltan el hecho que el jaguar ha mantenido en el pasado reciente, niveles relativamente elevados de flujo génico a lo largo de su distribución, probablemente por su gran movilidad, atribuible a la variación en el tamaño de sus territorios entre 11 a 157 km² (Jędrzejewski *et al.* 2011), variando entre 83 y 100 km² en los estudios de Piñero ya referidos. Esta gran heterogeneidad genética demostrada por los estudios en el ADN mitocondrial y la alta movilidad de los yaguares, indica que es posible que exista conectividad entre las poblaciones del jaguar en sus actuales áreas de distribución. Esta posible conectividad ya existente permitiría implementar un sistema de corredores ecológicos eficientes, quizás a partir de las poblaciones de yaguares al sur del Orinoco. Esta posibilidad debe corroborarse a través de los factores ya mencionados: el número poblacional efectivo (N_e) y la diversidad, estructura y flujo génico entre las poblaciones remanentes (Frankham 2006, Rabinowitz y Zeller 2010).

El diálogo de saberes y el jaguar en Venezuela

En 1992, la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), llamó a la participación social y a crear nueva legislación ambiental como uno de los mecanismos clave para hacer una contribución positiva al logro de un desarrollo sustentable (Convenio sobre la Diversidad Biológica 1992).

Van der Hoeven *et al.* (2004) ya señalaban que es necesario consultar con los “expertos locales” para conocer la ecología de los mamíferos. Rabinowitz (1997) y

Zeller *et al.* (2011) destacan que debido a que el territorio de los yaguares está en un paisaje dominado por los humanos, para entender la historia natural de la especie, son útiles las técnicas desarrolladas en las ciencias sociales, como por ejemplo las entrevistas en comunidades locales, en conjunto con las técnicas utilizadas en la biología de la conservación (p. ej. trampas cámara, recolección de material genético y sistemas de información geográficos).

En la República Bolivariana de Venezuela, las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), cubren una superficie de 62.995.581,15 ha, correspondientes al 46% del territorio nacional, representado en 25 figuras legales, distribuidas a lo largo de todo el territorio nacional. Existen 43 parques nacionales, 36 monumentos naturales, 59 zonas protectoras, entre otras figuras que se rigen por la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio y por los instrumentos de ordenamiento y manejo particulares para cada figura legal (Venezuela, 1983). Las ABRAE son de singular importancia para la conservación de los yaguares, sin embargo, es urgente la elaboración de una legislación especial para la protección de la conectividad ecológica, en general para toda la fauna, que minimice los impactos de aislamiento ecológico causados por la ampliación de la frontera agrícola y las obras de infraestructura a gran escala, como las vías de comunicación que se están desarrollando en Venezuela.

Después de realizados los estudios y definidas las áreas más urgentes para crear corredores, es necesario hacer los acercamientos a los pobladores locales, fincas familiares, ganaderos y agricultores de las zonas involucradas, para realizar un trabajo en conjunto con estas comunidades y propietarios particulares. En esas áreas cobra vital importancia para la funcionalidad de los corredores, la reducción, minimización o compensación de los problemas de depredación causados por el yaguar (y el puma), siguiendo los lineamientos trazados en Marchini *et al.* (2011) y en Hoogesteijn y Hoogesteijn (2011). Ya existen en funcionamiento corredores para el yaguar en varios países centroamericanos, tales como Belice, Costa Rica y Honduras, desarrollados por la Fundación Panthera en equipo con entes gubernamentales, propietarios privados, comunidades y Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que se pueden tomar como ejemplo (ver: La iniciativa del corredor del jaguar. Creando un paso seguro para los jaguares en el presente y hacia el futuro, en www.panthera.org). Además, es necesaria la construcción de pasos elevados, pasos a desnivel, caminos de poco tráfico o túneles, además del uso de otras tecnologías blandas que permitan la conectividad, como se aplican en otros países (Clevenger y Waltho 2000, Cook 2002, Jędrzejewski *et al.* 2009, Kusak *et al.* 2009, Selva *et al.* 2011). El uso de estas tecnologías es relevante en la actualidad, ya que la Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela aprobó recientemente la Reforma de la Ley Penal del Ambiente (la actual ley data de 1992) (Correo del Orinoco 2011), y estas obras de infraestructura pudieran ser incluidas en su reglamento.

Por otra parte, la recolección de la información genética, ecológica, el desarrollo de la legislación y un cambio social necesario para minimizar las causas que originan el problema de la fragmentación, aislamiento y erosión de la biodiversidad son nece-

sarios para la conservación del yaguar. Esto sólo se puede realizar mediante el diálogo de saberes (*sensu* Hviding 2003, Plata 2010), definido como la comunicación directa y horizontal entre los gremios involucrados, en este caso los científicos, administradores, legisladores y las comunidades que comparten su entorno natural con el yaguar. Este diálogo de saberes no es la “tradicional educación unidireccional” de los académicos hacia las comunidades rurales e indígenas “no académicas” o “vulgo”, en la que se comunica información relacionada con las especies en extinción u otro aspecto de la conservación biológica. Es un diálogo para transformar la sociedad que comparte su entorno natural con los yaguares, para que la protección sea completa, abarcando desde las políticas, reglamentos y leyes, que se puedan hacer cumplir, hasta la actitud directa hacia la especie en cuestión, integrando tanto el conocimiento vernáculo como el científico. El diálogo debe permitir la comunicación con el “otro”, también denominado alteridad. El diálogo de saberes también permite soñar la utopía que todos (estado, sociedad, etnias locales, sociedad civil, académicos, niños, etc.) en forma horizontal, nos comunicáramos y compartiéramos saberes para proteger al yaguar. Los actores que participarán en el diálogo de saberes serán diferentes de acuerdo a su realidad eco-societal y deberán autoseleccionarse desde su realidad local misma. Esta es la forma en la que aquí entendemos el diálogo de saberes.

Es necesario también que en este diálogo se respete la diversidad de saberes, y se incluya el saber técnico de profesionales como un actor más, ingenieros, urbanistas, académicos de diferentes especialidades, junto al de los biólogos de la conservación, en donde las comunidades rurales e indígenas que comparten su entorno natural con el yaguar tengan la participación protagónica.

Hay muchos buenos ejemplos en los cuales la comunidad organizada actúa como defensores de la biota y lucha por mejorar el medio ambiente y el mantenimiento de la diversidad y la cultura locales; más de 100 ejemplos se pueden encontrar en “The EcoTipping Points Project” (<http://www.ecoinflexiones.org/index.html>). En el caso del yaguar podemos ilustrar esta dinámica con un ejemplo desarrollado para monitorear la presencia de yaguares y pumas en el bosque atlántico del Alto Paraná, en el cual se estableció una red de voluntarios e investigadores de los tres países que comparten el bosque (Argentina, Brasil y Paraguay) (De Angel *et al.* 2011).

El diálogo con las comunidades locales es además una obligación legal para tener el Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) establecido en el ordenamiento jurídico de acceso a los recursos genéticos de la República Bolivariana de Venezuela.

Conclusión

La conectividad ecológica es una herramienta valiosa de conservación que puede ayudar a preservar el yaguar (Rabinowitz y Zeller 2010, Jędrzejewski *et al.* 2011, Zeller *et al.* 2011), sin embargo, la implementación y funcionalidad de los mismos es complicada (Simberloff *et al.* 1992, Horskins *et al.* 2006). Para minimizar esta incertidumbre en este artículo sugerimos que investigadores y legisladores se apoyen en el “diálogo de

saberes”, en donde la participación protagónica la lleven la comunidades que comparten su entorno natural con el yaguar.

Con este fin se proponen cinco actividades:

1. Impulsar escenarios propicios para el diálogo directo de saberes entre los científicos que producen saber y el conocimiento de las comunidades que comparten sus entornos con el yaguar, con actividades como círculos de lectura, cine-foros, reuniones con consejos comunales, conversatorios en las escuelas rurales e indígenas para el intercambio de experiencias, conocimientos y prácticas orientadas a la recopilación e interpretación de información contextual, acerca de la conectividad ecológica, los corredores ecológicos y la ecología de los yaguares. Pueden funcionar dentro del marco de los módulos de conservación para especies en extinción promovidos por la Oficina Nacional de Diversidad Biológica de Venezuela (Manzanilla 2010). Este diálogo debe incluir conocimientos sobre el manejo de problemas de depredación sobre animales domésticos por parte de este felino y aclarar los mitos sobre su supuesta peligrosidad, los cuales son dos factores que atentan directamente en contra de su supervivencia, tanto en los corredores a ser creados, como en las áreas ya protegidas.
2. Facilitar, en escuelas de las zonas rurales y étnicas del país, el intercambio de saberes, inquietudes, experiencias acerca del yaguar y la fauna local, su importancia en el contexto local, regional, nacional y planetario, motivando la comprensión en los niños de la imperiosa necesidad de su conservación, ya que son la generación humana en mayor peligro de vivir como adultos en ecosistemas sin yaguares.
3. Este diálogo debe ser inclusivo, debe considerar el saber técnico-administrativo y la experiencia política de los ejecutores de las políticas estatales de conservación de la biodiversidad, ya que aportan puntos de vista diferentes a los de las realidades locales (otros actores, necesidades del país, etc.) y a la vez permitiendo que estos puedan incorporar visiones locales que sólo las comunidades pueden procurarles; hay que reimpulsar la toma de las decisiones colectivas en materia de gestión de la conservación biológica del yaguar.
4. A su vez, a nivel académico en las escuelas de ingeniería, de urbanismo, de arquitectura, se debe desarrollar un diálogo de saberes con la alteridad que comparten sus entornos naturales con el yaguar, incluyendo a los conservacionistas y académicos, para enseñar-aprendiendo (Freire 2002): a) las teorías ecológicas, genéticas y de participación social que están asociadas con la implementación de los corredores ecológicos y el mantenimiento de la conectividad ecológica y b) que la distribución espacial del territorio, incluido el desarrollo de nuevos urbanismos y su infraestructura de comunicaciones, deben incluir las tecnologías de pasos elevados, pasos a desnivel, viaductos, alcantarillas o túneles que permitan mantener la conectividad ecológica de la fauna venezolana.

5. Elaborar una legislación que permita promover la investigación relacionada con la conectividad ecológica e incluirla en el reglamento de la actual reforma de la Ley Penal del Ambiente y las legislaciones pertinentes. Esta investigación debe impulsar estudios de campo detallados (mediante las actividades de evaluación en terreno), para validar la funcionalidad de los posibles corredores ecológicos, en conjunto con las comunidades que comparten sus entornos naturales con el jaguar. También, esta legislación debe obligar a inversionistas a implementar medidas de mitigación a todas las infraestructuras que potencialmente puedan ser barreras para el flujo génico y la migración del jaguar y por ende de toda la biota.

Agradecimiento. Este artículo se realizó gracias al apoyo de la Biblioteca Marcel Roche del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), a Panthera Corporation (subvención de 2010) y a Liz Claiborne Art Ortenberg Jaguar Research Grant (2011). Los autores agradecemos a todos los investigadores de la UNESR y del IVIC cuyas ideas están aquí presentes, en particular a D. Lew, E. Zent, H. Rojas y los importantes aportes al artículo realizado por los tres revisores anónimos. H. Cerda agradece a Carola Ledezma por su apoyo intelectual y personal.

Bibliografía.

- BATEMAN, S. 2006. Making ecological networks and greenways a reality. *Diversity and distributions* 12: 226–227.
- CARROLL, C. , R. F. NOSS, P. C. PAQUET Y N. H. SCHUMACHER. 2003. Use of population viability analysis and reserve selection algorithms in regional conservation plans. *Ecological Application* 13: 1773–1789.
- CEBALLOS, G. Y P. R. EHRLICH. 2002. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296: 904–907.
- CLEVENGER, A. P. Y N. WALTHO. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14:47–56.
- CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil.
- COOK, E. A. 2002. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape Urban Plan* 58: 269–280.
- CORREO DEL ORINOCO. N° 811. Viernes de Diciembre del 2011 pp. 9.
- CROOKS, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology* 16: 488–502.
- CROOKS, K. R., C. L. BURDETT, D. M. THEOBALD, C. RONDININI Y L. BOITANI. 2011. Global patterns of fragmentation and connectivity of mammalian carnivore habitat. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366: 2642–2651.
- CROOKS, K. R. Y M. SANJAYAN. 2006. Connectivity conservation: maintaining connections for nature. Pp. 732. En: Crooks, K. R. y M. Sanjayan (Eds.), *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.

- DAMARAD, T. Y G. J. BEKKER. 2003. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. Finding of the cost Action 341. Office for official publication of the European Community, Luxembourg. 16 pp.
- DE ANGEL, C., A. PAVIOLO, D. RODE, L. CULLEN Y D. SANA. 2011. Participatory networks for large-scale monitoring of large carnivores: pumas and jaguars of the Upper Paraná Atlantic Forest. *Oryx* 45(4): 534–545.
- EIZIRIK, E., J. H. KIM, M. RAYMOND, P. CRAWSHAW Y S. J. O'BRIEN. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of Jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). *Molecular Ecology* 10: 65–79.
- FRANKHAM, R. 1996. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. *Conservation Biology* 10: 1500–1508.
- FRANKHAM, R. 2005. Genetics and extinction. *Biological Conservation* 126: 131–140.
- FRANKHAM, R. 2006. Genetics and landscape connectivity. Pp. 72-96. *En*: Crooks KR, Sanjayan M. (Eds.), *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- FRANKHAM, R. J., D. BALLOU Y D. A. BRISCOE. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press. Primera edición. 642 pp.
- FREIRE, P. 2002. *Pedagogía de la esperanza*. 5. Edición Siglo XXI. México, 226 pp.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, A. 1995. Livestock predation in the venezuelan llanos. *Cat News* 22: 14–15.
- HANSKI, I. Y O. OVASKAINEN. 2000. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. *Nature* 404: 755–758.
- HARIHAR, A. Y B. PANDAV. 2012. Influence of connectivity, wild prey and disturbance on occupancy of tigers in the human-dominated western terai arc landscape. *PLoS ONE* 7(7): e40105. doi:10.1371/journal.pone.0040105
- HEDRICK, P. W. 1995. Gene flow and genetic restoration: the Florida panther as a case study. *Conservation Biology* 9: 996–1007.
- HOOGESTEIJN, R. Y A. HOOGESTEIJN. 2011. Estrategias anti-depredación para fincas ganaderas en Latinoamérica: una guía. PANTHERA. Gráfica Editora Microart Ltda., Campo Grande, MS, Brasil (Edición en Español). 56 pp.
- HOOGESTEIJN, R., A. HOOGESTEIJN Y E. BOEDE. 2011. El yaguar el felino más grande de Las Américas. *Río Verde* n° 4 27–40.
- HOOGESTEIJN, R., A. HOOGESTEIJN Y E. MONDOLFI. 1993. Jaguar predation and conservation: cattle mortality caused by felines on three ranches in the Venezuelan Llanos. *Symposium of The Zoological Society of London* 65: 391–407.
- HOOGESTEIJN, R. Y E. MONDOLFI 1992. *El jaguar (tigre americano)*. Ediciones Armitano Caracas. Venezuela. 182 pp.
- HORSKINS, K., P. B. MATHER Y J. C. WILSON. 2006. Corridors and connectivity: when use and function do not equate. *Landscape Ecology* 21: 641–655.
- HVIDING, E. 2003. Both sides of the beach: knowledges of nature in Oceania. Pp. 243-275. *En*: Helaine Selin (Ed.), *Science Across Cultures: The History of Non-Western Sciences*, *Nature Across Cultures: Non-Western Views of the Environment and Nature*. Volume 4. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- IUCN. 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2009.1. www.iucnredlist.org.
- JĘDRZEJEWSKA, B. Y W. JĘDRZEJEWSKI. 2009. The impact of habitat fragmentation on animal populations and the need for protection of ecological connectivity. Pp 13–18. *En*:

- Jędrzejewski W y D. Ławreszuk (Eds.), *Protection of ecological connectivity in Poland. Proceedings of the international conference "Implementation of Ecological Corridors in Poland, Białowieża, 20-22.11. 2008.*
- JĘDRZEJEWSKI, W., M. ABARCA, A. VILORIA, H. CERDA, D. LEW, H. TAKIFF, É. ABADÍA, P. VELOZO Y K. SCHMIDT. 2011. Jaguar conservation problems in Venezuela on the background of up-to-day knowledge on its biology and evolution. *Interciencia* 36: 954–966.
- JĘDRZEJEWSKI, W. Y D. ŁAWRESZUK. 2009. Protection of ecological connectivity in Poland. *En: Proceedings of the international conference "Implementation of Ecological Corridors in Poland"*, Białowieża, 20-22.11.2008. *Mammal Research Institute PAS, Białowieża* 1–308.
- KURIWADA, T., N. KUMANO, K. SHIROMOTO Y D. HARAGUCHI. 2011. The Effect of Inbreeding on Mating Behaviour of West Indian Sweet Potato Weevil *Euscepes postfasciatus*. *Ethology* 117: 822–828.
- KUSAK, J. 2010. Linear infrastructure and large mammals habitat fragmentation - how to determine it and how to mitigate it. pp. 21. *En: Proceedings of the "Summer School in Ecology and Biodiversity: Understanding Patterns and Processes"*, Białowieża, 24-29 May. 2010. *Mammal Research Institute PAS, Białowieża.*
- KUSAK, J., D. HUBER Y A. FRKOVI. 2000. The effect of traffic on large carnivores populations in Croatia. *Biosphere Conservation* 3: 35–39.
- KUSAK, J., D. HUBER, T. GOMERÉLE, G. SCHWADERER Y G. GUVICA. 2009. The permeability of highway in Gorski Kotar (Croatia) for large mammals. *European Journal of Wildlife Research* 55: 7–21.
- LEHMANN, L. Y N. PERRIN. 2006. On metapopulation resistance to drift and extinction. *Ecology* 87: 1844–1855.
- LINDAHL, T. 1993. Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature* 362: 709–715.
- MANZANILLA, J. 2010. La conservación de la biodiversidad y el estado. Pp. 26–33. *En: Fundación La Salle (Ed.), Bio Diversidad Biológica 2010.* Editorial Clamans. Caracas, Venezuela.
- MARCHINI, S., S., CAVALCANTI Y R. CUNHA DE PAULA. 2011. Predadores silvestres e animais domésticos: guia prático de convivência. Brasília: Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade. ICMBIO. 45 pp.
- MAREN, H., J. WIODZIMIERZ Y B. TOMASZ. 2011. Analyses of least cost paths for determining effects of habitat types on landscape permeability: wolves in Poland. *Acta Theriologica* 56: 91–101.
- MICHALSKI, F., F. P. VALDEZ, D. MORRIS, C. ZIEMINSKI Y C. K. KASHIVAKURA. 2011. Successful carnivore identification with faecal DNA across a fragmented Amazonian landscape. *Molecular Ecology Resources* 11: 862–871.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. What is the Millennium Ecosystem Assessment. www.millenniumassessment.org/en/About.aspx.
- MURPHY, M. A., K. C. KEMDALL, A. ROBINSON Y L. P. WAITS. 2007. The impact of time and field conditions on brown bear (*Ursus arctos*) faecal DNA amplification. *Conservation Genetics* 8: 1219–1224.
- NAVEDA, E. Y O. YERENA. 2010. Sistema de parques nacionales de Venezuela: una evaluación aproximada de su situación actual. Pp. 225–246. *En: A. Machado-Allison (Ed.). Simposio Investigación y Manejo de Fauna Silvestre en Venezuela en homenaje al Dr. Juhani Ojasti.* Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, y Embajada de Finlandia en la República Bolivariana de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- NOSS, R. F. Y K. M. DALY. 2006. Incorporating connectivity into broad-scale conservation planning. Pp. 587–619. *En: K. R. Crooks y M. Sanjayan (Eds.), Connectivity Conservation.* Cambridge University Press, Cambridge.

- NOSS, R. F., H. B. QUIGLEY, M. G. HORNOCKER, T. MERRILL Y P. C. PAQUET. 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10: 949–963.
- OJASTI, L. 1984. Hunting and conservation of mammals in Latin America. *Acta Zool. Fennica* 172: 177–181.
- OJASTI, J. 1986. Wildlife management in neotropical forests, overviews and prospects. Pp. 96–119. *En*: Trans. Symp. Wildlife Management in Neotropical Moist Forests, Manaus, Brasil. Int. Council for the Conservation of Game, Paris, France.
- OJASTI, J. Y P. LACABANA. 2008. Jaguar, *Panthera onca*. Libro rojo de la fauna venezolana. Pp. 100. *En*: Rodríguez J. P. y F Rojas-Suárez (Ed.), Caracas, Venezuela: Provita-Shell Venezuela, S.A.
- PLATA, J. J. 2010. Investigación social y diálogo de saberes. Pp. 32–40. *En*: Memorias Primer encuentro amazónico de experiencias de diálogo de saberes: Leticia 10 al 12 de noviembre de 2008. Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, Pérez Catalina y Juan A. Echeverri (Eds.). Editorial Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia, Leticia 2010.
- POLISAR, J., I. MAXIT, D. SCOGNAMILLO, L. FARREL, M. E. SUNQUIST Y J. F. EISENBERG. 2003. Jaguars, pumas, their prey base and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation* 109: 297–310.
- PRIMACK, R. 2010. Essentials of conservation biology. Sinauer Associates. 564 pp.
- PURVIS, A., G. M. MACE Y J. L. GITTLEMAN. 2001. Past and future carnivore extinctions: a phylogenetic perspective. Pp. 1134. *En*: Gittleman J. L., S. M. Funk, D. Macdonald y R. K. Wayne (Eds.), Carnivore Conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- RABINOWITZ, A. 1997. Wildlife field research and conservation training manual. Wildlife Conservation Society, Bronx, New York.
- RABINOWITZ, A. 2005. Saving Jaguars throughout their range: from theory to practice. Pp. 178–185. *En*: Guynup, S. (Ed.), 2006 State of the Wild: a global portrait of wildlife, wildlands, and oceans. Island Press, Washington, DC.
- RABINOWITZ, A. Y R. NOTTINGHAM. 1986. Ecology and behaviour of the Jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210: 149–159.
- RABINOWITZ, A. Y K. A. ZELLER. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the Jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation* 143: 949–945.
- RODRÍGUEZ, J. P. Y F. ROJAS-SUÁREZ (Ed.). 2008. Libro rojo de la fauna venezolana. Tercera edición. Provita y Shell Venezuela, S. A, Caracas, Venezuela. 364 pp.
- RODRÍGUEZ, J. P. Y F. ROJAS-SUÁREZ. 2010. Libro rojo de la fauna venezolana: actualización periódica de la situación de las especies amenazadas del país. Pp. 121–132. *En*: A. Machado-Allison (Ed.), *Simposio Investigación y Manejo de Fauna Silvestre en Venezuela en homenaje al Dr. Juhani Ojasti*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, y Embajada de Finlandia en la República Bolivariana de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- RUIZ-GARCIA, M., E. PAYAN, A. MURILLO Y D. ALVAREZ. 2006. DNA microsatellite characterization of the Jaguar (*Panthera onca*) in Colombia. *Genes and Genetic System* 81: 115–127.
- RUIZ-GARCÍA, M., A. MURILLO, C. CORRALES, N. ROMERO-ALEÁN Y D. ÁLVAREZ-PRADA. 2007. Genética de poblaciones amazónicas: la historia evolutiva del jaguar, ocelote, delfín rosado, mono lanudo and piurí, reconstruida a partir de sus genes. *Animal Biodiversity and Conservation* 30: 115–130.
- SACCHERI, I., M. KUUSSAARI, M. KANKARE, P. VIKMAN Y W. FORTELIUS. 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. *Nature* 392: 491–494.

- SANDERSON, E. W., K. H. REDFORD, C. L. B. CHETKIEWICZ, R. A. MEDELLIN Y A. R. RABINOWITZ. 2002a. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology* 16: 58–72.
- SANDERSON, E. W., C. L. CHETKIEWICZ, R. A. MEDELLÍN, A. RABINOWITZ Y K. REDFORD. 2002b. Prioridades geográficas para la conservación del jaguar. *En: El jaguar en el nuevo milenio* (Eds.), Medellín R. A., C. Equihua, C. Chetkiewicz, Jr. Crawshaw y R. Rabinowitz. Fondo de cultura económica, México. FCE-Universidad nacional autónoma de México. UNAM-Wildlife conservation society.
- SHIRK, A. J., D. O. WALLIN Y S. A. CUSHMAN. 2010. Inferring landscape effects on gene flow: a new model selection framework. *Molecular Ecology* 19: 3603–3619.
- SIMBERLOFF, D., J. A. FARR, J. COX Y D. W. MAHLMAN. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investments?. *Conservation Biology* 6: 493–504.
- SINGLETON, P. H., W. GAINES Y J. F. LEHMKUHL. 2002. Impact of roads on ecological networks and integration of conservation and transportation planning: Florida as a case study. Pp. 73–91. *En: Jongman R. y G. Pungetti* (Eds.), *Ecological Networks and Greenways Concept, Design and Implementation*: Cambridge University Press, Cambridge.
- SCOGNAMILLO, D. G., I. E. MAXIT, M. SUNQUIST Y L. FARRELL. 2002. Ecología del jaguar y el problema de la depredación de ganado en un hato de los llanos venezolanos. Pp. 139–150. *En: El Jaguar en el nuevo milenio*. Eds. Medellín R. A., C. Equihua, Chetkiewicz C, P. G. Jr. Crawshaw y R. Rabinowitz. México, México: Fondo de cultura económica. FCE-Universidad nacional autónoma de México. UNAM-Wildlife conservation society.
- SCOGNAMILLO, D. G., I. E. MAXIT, M. SUNQUIST Y J. POLISAR. 2003. Coexistence of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in a mosaic landscape in the Venezuelan llanos. *Journal of Zoology* 259: 269–279.
- SELVA, N., K. STEFANT Y K. VASSILIKI. 2011. Roadless and low-traffic areas as conservation targets in Europe. *Environmental Management* 48: 865–877.
- STOCKWELL C. A., H. P. HENDRY Y M. T. KINNISON. 2003. Contemporary evolution meets conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 94–101.
- SWINDELL W. Y J.L. BOUZAT. 2006. Gene flow and adaptive potential in *Drosophila melanogaster*. *Conservation Genetics* 7: 79–89.
- TEWKSBURY J. J., D. J. LEVEY, N. M. HADDAD, S. SARGENT Y J. L. ORROCK. 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 12923–12926.
- VAN DER HOEVEN, W. F., DE BOER Y H. H. T. PRINS. 2004. Pooling local expert opinions for estimating mammal densities in tropical rainforests. *Journal of Natural History Conservation* 12: 193–204.
- VENEZUELA, REPUBLICA DE. 1983. Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 3238. Extraordinario, de fecha 11 de agosto de 1983.
- VENEZUELA, REPÚBLICA DE. 1996. Animales Vedados para la Caza. Decreto N° 1.485, 11 de septiembre de 1996. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 36.059, 7 de octubre de 1996.
- YERENA, E. 1994. Corredores ecológicos en los Andes de Venezuela. Editorial Torino, Caracas, Venezuela. 87 pp.
- YOUNG, A. G. Y G. M. CLARKE. 2000. Conclusions and future directions: what do we know about the genetic and demographic effects of habitat fragmentation and where do we go from here? Pp. 361–366. *En: Young, A. G. y G. M. Clarke* (Eds.), *Genetics, demography and viability of fragmented populations*. Cambridge University Press, Cambridge, England.

ZELLER, K. A., S. NIJHAWAN, R. SALOM-PÉREZ, S. H. POTOSME Y J. E. HINES. 2011. Integrating occupancy modeling and interview data for corridor identification: a case study for yaguars in Nicaragua. *Biological Conservation* 144: 892–901.

Recibido: 12 abril 2012

Aceptado: 19 octubre 2012

Publicado en línea: 24 noviembre 2015

Hugo Cerda¹, Włodzimierz Jędrzejewski² y Angel Vilorio²

¹ Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Apartado 47925, Caracas, Venezuela. hugocerda04@gmail.com.

² Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas IVIC, Caracas, Venezuela. jedrzeje@ivic.gob.ve., aviloria@ivic.gob.ve

