

# Identificación de sitios de cruce de fauna en la ruta 415, en el “Paso del Jaguar”, Costa Rica

*Identification of fauna crossing sites on the 415 route, in the “Paso del Jaguar”, Costa Rica*

**Daniela Araya-Gamboa**

Panthera, Costa Rica

[daraya@panthera.org](mailto:daraya@panthera.org)

**Roberto Salom-Pérez**

Panthera, Costa Rica

[rsalom@panthera.org](mailto:rsalom@panthera.org)

**Fecha de recepción:** 17 de setiembre de 2015 / **Fecha de aprobación:** 20 de octubre de 2015

## RESUMEN

La Iniciativa del Corredor del Jaguar pretende mantener la conectividad de esta especie. En Costa Rica, esta iniciativa inició en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. En este Subcorredor, se ha identificado la pavimentación de un camino de lastre (asociado a las obras de mitigación social del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón), como una potencial barrera para la conectividad del jaguar (*Panthera onca*) y otras especies. Este estudio sugiere un método para identificar los cruces de fauna sobre el camino. Se tomaron datos de junio del 2011 a enero del 2012. Se compararon los registros de avistamientos y atropellos entre una sección de lastre y una de pavimento del mismo camino. Para identificar los pasos de fauna se sobrepusieron distintas fuentes de información: recorridos, entrevistas y conectividad estructural. Al comparar los caminos se encontró que en el pavimento circulan más vehículos, hay más casas, hay más atropellos y se registran menos especies y avistamientos de fauna. Se identificaron tres sitios de cruces de fauna y cinco sectores. Se registró el cruce del camino por jaguar y caucel (*Leopardus wiedii*) y el uso de una alcantarilla por mapaches (*Procyon lotor*). Esta metodología puede ser implementada por proyectos viales para identificar los sitios de cruce de fauna y brindar recomendaciones sobre las medidas ambientales de mitigación a implementar asociadas a mejoras o construcción de caminos.

**PALABRAS CLAVE:** Ecología de caminos, *Panthera onca*, Subcorredor Biológico Barbilla- Destierro, atropellos, Iniciativa del Corredor del Jaguar.

## ABSTRACT

*The Jaguar Corridor Initiative aims to maintain the connectivity of this species. In Costa Rica, this initiative started on the Barbilla-Destierro Biological Subcorridor. The future paving of a road as an offset measure of Reventazon Hydroelectric Project was identified as a potential barrier for the connectivity of the jaguar (*Panthera onca*) and other animals. In this study we suggest a method that can be used to identify animal crossing points on a gravel road. Data was collected from June 2011 to January 2012. We made a comparison between gravel and paved sections of the same road. To identify animal crossing sites and sectors, information from surveys, interviews and structural connectivity was overlapped. When comparing the gravel and paved sections, the paved section had more cars using it, more houses at its edges, more wildlife roadkills and fewer sightings and species. Three wildlife crossings sites and five sectors were identified. Jaguar and margay (*Leopardus wiedii*) were registered crossing the road, and raccoons (*Procyon lotor*) frequently used a culvert as an underpass. This methodology may be used as a practical tool that can be implemented by government and enterprises to identify wildlife crossing sites and to recommend mitigation actions that would reduce the impact caused by the creation and improvement of roads in the region.*

**KEYWORDS:** Road ecology, *Panthera onca*, Barbilla-Destierro Biological Subcorridor, roadkill, Jaguar Corridor Initiative.

## INTRODUCCIÓN

La Iniciativa del Corredor del Jaguar (ICJ) es un visionario proyecto que pretende identificar y mantener las áreas de conectividad entre las poblaciones de jaguares (*Panthera onca*), a lo largo de su distribución en el continente Americano (Sanderson et al. 2002, Rabinowitz y Zeller 2010). A través de un análisis de sistemas de información geográfica (SIG) se delimitaron las áreas de conectividad entre las Unidades de Conservación del Jaguar (UCJ-áreas con una población estable de jaguares y presas y buena calidad de hábitat) desde México hasta Argentina (Zeller 2007, Rabinowitz y Zeller 2010). En Costa Rica, la Wildlife Conservation Society, inició el trabajo de la ICJ en la conexión entre la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca, por su importancia para la conectividad local y regional. Un grupo de educadores, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y la organización Panthera lideraron las acciones para consolidar esta área de conectividad para el jaguar, creando el Consejo Local del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro (SBBB) "Paso del Jaguar" en el 2008 (Salom-Pérez et al. 2010) y uniendo sus esfuerzos al Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVCT) (convirtiéndose así en el sexto Subcorredor del CBVCT).

Uno de los principales retos del Consejo del SBBB, es el cómo minimizar los impactos a nivel ambiental y social, que pueda tener el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PHR) del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en este corredor. El PHR, se localiza dentro del SBBB, en el cauce del Río Reventazón y contempla la formación de un embalse de aproximadamente 692 ha que generará 305 MW de energía, convirtiéndose así en el mayor proyecto de su tipo en el país (Instituto Costarricense de Electricidad 2008). A través de análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG), Panthera identificó una posible ruta alterna de dispersión para la fauna dentro del SBBB, una vez que el embalse se haya formado (Salom-Pérez et al. 2015). El PHR planea, como una de las medidas de compensación para las comunidades locales, la pavimentación de un sector de lastre de la Ruta Nacional 415. El embalse y la ruta se encuentran perpendiculares a la línea de conectividad del SBBB entre las dos cordilleras, lo que podría comprometer la conectividad de la vida silvestre en la zona.

Los caminos generan impactos en la conectividad biológica, uno de estos es el efecto barrera, ya que los animales los evitan (Cáceres 2011) o mueren al intentar cruzarlos (Foreman y Alexander 1998). Se ha encontrado que las hembras de jaguar, y los machos en menor grado, evitan los caminos (Conde 2010, Colchero 2011) y que las hembras seleccionan aquellos hábitats más lejanos a caminos (Conde 2008). Sin embargo,

varias especies de felinos, entre estos el jaguar, intentan cruzar las carreteras y algunos individuos mueren atropellados (Fischer et al. 2003, Nigro y Lodeiro 2009). Asegurar la dispersión es vital para mantener la variabilidad genética y evitar el efecto del entrecruzamiento (Johnson et al. 2002). En Colombia y México ya existen esfuerzos para identificar pasos para el jaguar en proyectos viales (Payán et al. en prep., Colchero et al. 2011, Hidalgo et al. 2014), en Belice se tiene evidencia del cruce de una carretera por esta especie (Figuroa 2013). Desde 1996, en Costa Rica, se está estudiando el tema del impacto de los caminos en la fauna silvestre (Monge-Nájera 1996, Rojas 2011, Torres 2011, Arévalo et al. 2012., Sáenz et al. 2012, Pomareda 2012).

Este estudio tiene como objetivo la identificación de sitios de cruce de fauna en una sección del camino de la Ruta 415 en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro.

## METODOLOGÍA

El sitio de estudio fue una sección de 15km del camino (83° 36' 44.3" N - 10° 4' 54.2" W y 83° 37' 3.7" N - 9° 59' 43.5" W) de la Ruta 415 que se encuentra dentro del SBBB. El camino es de dos carriles (3,5m de ancho cada uno), con un derecho de vía de 10m a cada lado y su superficie es de lastre. En sus márgenes hay potreros, parches de bosque, casas y ríos. Para identificar los sitios de cruce de fauna sobre el camino se colectó información desde junio del 2011 hasta enero del 2012 a partir de cuatro fuentes:

### Recorridos

Se realizaron 23 recorridos (11 diurnos y 12 nocturnos) de junio a setiembre del 2011, siempre en la misma dirección (sur). Estos consistían en recorrer la sección de 15km de lastre en vehículo a una velocidad de 20km/h, registrando atropellos (RK) y avistamientos (A) de fauna sobre el camino. Los registros eran removidos para evitar duplicar un mismo dato en días consecutivos de muestreo. A cada punto de actividad animal registrado (RK y A) se le asignaba un código, se tomaba la coordenada geográfica, la especie, fecha, hora, hábitat y una fotografía. Los recorridos se realizaron de día a partir de las 6:00 a.m. y durante la noche a partir de las 9:00 p.m. Se contabilizó el número de viviendas a ambos lados del camino y se registró el número de vehículos que circulaban en dirección contraria durante los recorridos. Para efectos de comparación de (lastre vs asfalto) se tomaron los mismos datos en una sección de 8km pavimentados de la misma ruta hacia el norte. Dentro de los 15km de la Ruta 415 estudiados, se realizó un muestreo adicional a la sección más al sur (5,5km) (Figura 1c-d), que se encontraba dentro de la ruta alterna para la conectividad biológica mencionada anteriormente (83° 36' 44.3" N - 10° 4' 54.2" y 83° 36' 50" N 10° 1' 34" W). Este muestreo consistió en recorrerla a pie

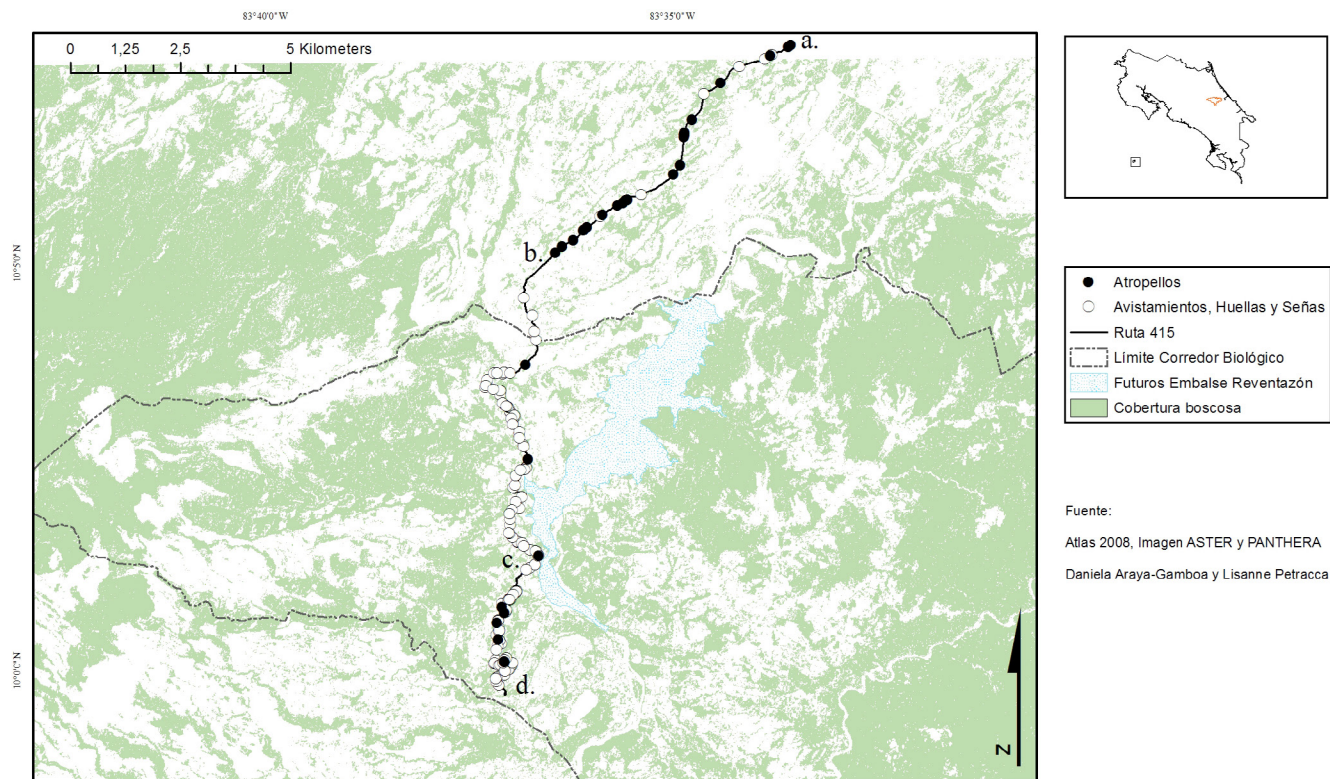


Figura 1. Registro de avistamientos y atropellos de fauna en las secciones de pavimento (a-b) y de lastre (b-d), del camino de la Ruta 415 en el 2011. La sección c-d de la Ruta 415 es la zona que coincide con la ruta alterna de conectividad.

por la mañana (8:00 a.m.) registrando además de avistamientos y atropellos, huellas (H) y señas (S) de fauna.

### **Conectividad estructural**

Se elaboró un mapa mediante SIG que permitió identificar los puntos sobre el camino donde había conectividad estructural, basándose en la presencia de bosque primario o secundario. Los puntos de conectividad estructural fueron definidos como los puntos en el camino donde se conectaba el bosque que se mantenía continuo desde la Cordillera de Talamanca hasta la Cordillera Volcánica Central. Los puntos identificados se basaron únicamente en las conexiones obvias entre parches de bosque (no se hizo un análisis cuantitativo). Para elaborarlo se descargó una imagen ASTER (con una resolución de 15m, año 2012) y se hizo una clasificación “no supervisada”. En este proceso de clasificación se dividió la imagen en 40 clases de diferentes firmas espectrales. Se comparó la imagen de salida a una imagen de Google Earth y se separaron las clases que presentaban bosque de las clases que no lo presentaban (Figura 1).

### **Entrevistas**

Se realizaron 19 entrevistas a personas de las comunidades cercanas al camino y a conductores. En la entrevista se preguntó

sobre puntos de actividad de fauna (RK, A, H y S) sobre el camino. Se consultó por la época en que transitan más vehículos y las ventajas y desventajas de la pavimentación del camino. También se les solicitó que reportaran cualquier actividad de fauna en el camino después de realizada la entrevista.

### **Cámaras trampa**

Con base en los datos preliminares de los recorridos se identificaron lugares potenciales de cruce de fauna en la sección más al sur de la carretera de lastre, que forma parte de la posible ruta alterna de dispersión (Figura 1 c-d) (Salom-Pérez et al. 2015). En esos sitios se colocaron nueve cámaras trampa (marca PANTHERA modelo AR3) de octubre del 2011 a enero del 2012. La cámara se colocaba a menos de 5m del camino con el fin de fotografiar a las especies que estaban cruzándolo. No se utilizó atrayente para no modificar el sitio de cruce real de la fauna. Algunas de las cámaras se colocaron cerca de alcantarillas para determinar si los animales las utilizaban.

### **Análisis de datos**

El análisis de los datos se basó en identificar, como un cruce de fauna, aquellos lugares en el camino donde se diera traslape de al menos 2 de las tres fuentes de información generadas (recorridos,

conectividad estructural y entrevistas). Primero se dividió el camino de sur a norte en bloques de 100m. Para los recorridos y las entrevistas se seleccionaron aquellos bloques donde se agruparan los puntos de actividad animal. Para los recorridos se identificaron los bloques que agruparán más de cuatro puntos de actividad animal (punto=RK, A, H o S). En las entrevistas se seleccionaron aquellos bloques que agruparán más de tres puntos de actividad animal (punto=RK, A, H o S reportados por los entrevistados). Para la conectividad estructural se incluyeron todos los puntos de conexión de bosque (no se utilizó un criterio de selección adicional).

Los puntos donde se registraron especies de felinos se incluyeron como una fuente extra de información para darle mayor peso a las especies de interés de este estudio. Los bloques seleccionados fueron enlistados en un cuadro y se les asignó un “+” por cada fuente de información que lo hubiera seleccionado, de lo contrario se colocó un “-“. Aquellos bloques seleccionados que obtuvieron al menos dos “+” (seleccionados por al menos dos fuentes de información) fueron designados como “sitios” de cruce de fauna.

Los bloques (dos o más) consecutivos que fueron identificados por al menos una fuente de información se designaron como “sectores” de paso de fauna. Finalmente, los datos de las cámaras trampa se utilizaron como método de comprobación de los sitios de cruce en la zona más al sur del camino de lastre (Figura 1 c-d).

## RESULTADOS

En pavimento se registraron 27 puntos (6A, 22RK, en esta sección no se tomaron datos de H y S) de actividad animal, 12 especies, 62 vehículos/h y 41casas/km (Figura 1 a-b). En la sección de lastre se obtuvieron 149 puntos (106A, 9RK, 30H y 4S) de actividad animal, 44 especies, 4 vehículos/h y 7 casas/km (Figura 1 b-d).

Las especies más abundantes en la sección de lastre en los recorridos (número de registros por especie) fueron: el mapache (*Procyon lotor*), el cuyeo (*Nyctidromus albicollis*), el armadillo (*Dasybus novemcinctus*) y dos especies de palomas (*Columbina talpacoti* y *Zenaida asiatica*). También se registraron especies de hábitos arbóreos como zorro de balsa (*Caluromys derbianus*), la perezosa de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*) y el mono cara blanca (*Cebus imitator*). Además, se identificó el uso de alcantarillas por mapache, armadillo y toluomo (*Eira barbara*). No se obtuvo registros de felinos en la sección de pavimento.

Las personas entrevistadas reportaron los fines de semana, fin de año y Semana Santa como las fechas en que más

vehículos transitan por este camino. La desventaja a causa de la pavimentación que más se mencionó, fue el aumento de la delincuencia. Por otro lado, las ventajas más mencionadas fueron la mejora en el transporte y la entrada del turismo a la zona.

Mediante cámaras trampa se registró un jaguar macho (Figura 2) cruzando el camino de lastre. Cabe destacar que este sitio de cruce del jaguar también es frecuentado por coyote (*Canis latrans*), caucel (Sauma et al. datos sin publicar) y ganado. Por otro lado, se pudo identificar el uso de una alcantarilla (que había sido reportada también por entrevistas) como sitio habitual de paso de mapaches adultos y juveniles (Figura 3). Esta alcantarilla tenía una longitud mayor al ancho de la calle, su diámetro era de 3m, presentaba cobertura vegetal en las salidas, tenía el piso cubierto de sustrato (arena y barro) y a través de esta pasaba un pequeño curso de agua. La otra especie de felino encontrada fue el caucel (*Leopardus wiedii*), mediante el registro de su huella.

Se identificó como “sitios” de cruce de fauna tres bloques y como “sectores” de cruce de fauna cinco sets de bloques (Tabla 1). Algunos de los “sitios” y “sectores” de cruce de fauna identificados incluyen fuentes de agua como ríos, quebradas y humedales.

Tabla 1. Bloques del camino seleccionados como “sitio” y como “sector” de paso de fauna. Los sitios seleccionados tienen dos o más + y los sectores son los bloques consecutivos con al menos un +.

Bloque	Recorridos	Entrevistas	Conectividad Estructural	Felinos	Puntuación
5	-	+	-	-	+
6	-	-	+	-	+
14	+	-	-	-	+
18	-	-	+	-	+
19	+	-	-	+	++
20	-	+	-	-	+
35	+	-	-	-	+
36	-	-	+	-	+
37	-	+	-	-	+
39	+	+	+	-	+++
41	-	-	+	-	+
42	+	-	-	-	+
51	-	-	+	-	+
52	+	-	-	-	+
67	-	+	+	-	++
76	-	-	+	-	+
105	+	-	-	-	+
109	-	-	+	-	+

El grupo con mayor número de especies (datos de todas las fuentes de información) fue el de los mamíferos con 23 especies, después le siguieron las aves con 19 y los reptiles y anfibios con 11 cada uno



Figura 2. Jaguar macho identificado mediante cámara trampa en el borde del camino de lastre de la Ruta 415 el 5 de diciembre del 2011 a la 1:38am en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro.

(64 especies en total). La fuente de información con más registros fueron los recorridos con 23 especies.

Como parte de la socialización del trabajo el anteproyecto del estudio fue presentado en las Comunidades de Pascua y Bonilla Abajo. Posteriormente, los resultados fueron presentados a la Comunidad de Pascua, al Consejo Local del SBBB (2013), al Concejo Municipal de Siquirres (2012), al PHR (2011-2012), a CONAVI (2012-2013), a PRODUS, a SINAC, Lanamme, y al Grupo ProCaminos encargados de la Ruta. Fue además presentado en el Curso Impactos Infraestructura para la Vida Silvestre Latinoamericana (2011 Tabasco, México), en el Simposio de Felinos del Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (2011 Mérida, México), en el Simposio Impactos de Infraestructura (2012 Ciudad de Panamá, Panamá) y en el encuentro Nacional de Corredores Biológicos (2013).

## DISCUSIÓN

Se pudo identificar la presencia de felinos como el jaguar y el caucel en el camino de lastre y mediante las entrevistas se reportó el atropello de otro caucel. Además, en la zona también se ha reportado la presencia de puma a ambos lados del camino

(Salom-Pérez et al. 2015). Esto indica que el camino de lastre tiene cierta permeabilidad para los felinos. No se encontró evidencia del manigordo (*Leopardus pardalis*) o el yaguarundi (*Puma yagouaroundi*) en el camino de lastre, pero si se han registrado estas especies en zonas cercanas (Salom-Pérez et al. 2015). El panorama actual en el camino puede cambiar después de la pavimentación, ya que las mejoras en caminos se han visto traducidas en un aumento de la tasa de deforestación y de la degradación del hábitat del jaguar (Conde 2008).

La conectividad de las poblaciones de jaguar puede depender en gran medida del cruce exitoso de caminos que atraviesan áreas protegidas o corredores biológicos (principalmente por parte de los machos)(Conde 2008, Conde 2010, Colchero 2011). En este estudio se confirmó que un jaguar macho cruzó el camino de lastre. Este es el primer registro de jaguar en la parte central del SBBB. No obstante, no es claro si este jaguar logró pasar de una cordillera a otra, y más importante aún, si logró reproducirse. La incursión desde las zonas más boscosas hacia zonas más intervenidas se ha documentado para el puma en este mismo sector (asociado a registros de ataques a ganado) (Corrales-Gutiérrez & Salom-Pérez, datos sin publicar).



Figura 3. Mapache captado mediante cámaras trampa utilizando una alcantarilla de la Ruta 415, en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro.

Ciertas especies pueden estar evitando el camino de lastre. No se encontró evidencia de guatusa (*Dasyprocta punctata*), pava crestada (*Penelope purpurascens*), pava (*Crax rubra*) y saíno (*Pecari tajacu*) en el camino, las cuales son especies reportadas en la dieta del jaguar (Chinchilla 1997, Corrales y Cardenal 2008, Montalvo 2012). No obstante, estas especies al igual que la danta (*Tapirus bairdii*), si fueron reportadas en la zona cercana al camino (Sauma et al. datos sin publicar; Salom-Pérez et al. 2015). Se pudo observar que existe cierta presión de cacería en la zona (e.g. perros de cacería y captura de cazadores). Esta actividad podría aumentar con la pavimentación del camino, al mejorarse el acceso a los bosques. Por otro lado, algunas presas potenciales del jaguar que si se registraron en el camino fueron: armadillo, pizote, mono congo (*Alouatta palliata*), mono cara blanca, perezoso de dos dedos, conejo (*Sylvilagus gabbi*) y coyote.

Varias especies están cruzando el camino de lastre actualmente. ¿Pero qué podemos esperar luego de la pavimentación? Con respecto al tránsito se espera un aumento en el flujo vehicular, tal y como se observó en este estudio, y un aumento en la velocidad de circulación de los vehículos. Con base en otros estudios, las características físicas del camino también podrían cambiar; un aumento en la temperatura, en la radiación y en la contaminación (sónica, del agua, del suelo y del aire) y una disminución en la humedad (Aroyave y Gómez 2006). Estos cambios previstos en las características del camino, el tránsito y sus alrededores pueden impactar la conectividad biológica del SBB. Además, el efecto barrera sobre la fauna, puede aumentar con el tiempo ya que está ligado al crecimiento de la población humana (ligado al mejor acceso al área). Así quedó evidenciado en esta investigación en donde el número de casas al lado de la carretera era casi seis veces mayor en la sección de pavimento que en la de lastre. De esta manera, se espera que el camino sea usado por menos especies, por menos individuos de estas

especies y que se den más atropellos a la fauna, tal y como se observó al comparar la sección de lastre con la de pavimento. Se recomienda replicar este estudio una vez pavimentada la parte de lastre para confirmar estas predicciones. Adicionalmente, en el ámbito social se espera un aumento en la población local, en la delincuencia, en el desarrollo y el aislamiento de las personas que antes de la pavimentación se desplazaban caminando o a caballo (Beckman et al. 2010).

Una vez pavimentado el camino será difícil mantener la conectividad actual de la fauna a través de este si no se implementan medidas ambientales que reduzcan el impacto de la pavimentación. Con base en los resultados del presente estudio y de una extensa revisión de publicaciones sobre el tema, se recomiendan medidas de mitigación (pasos inferiores, pasos aéreos, señalización y reductores de velocidad) para 14 sitios del camino. El detalle de éstas se puede consultar en Araya-Gamboa & Salom-Pérez (2013). Dado que el armadillo y el mapache cruzan el camino a través de las alcantarillas y al ser estas las especies más abundantes del grupo de los mamíferos, se recomienda la construcción de varias alcantarillas que tengan la función de pasos inferiores para fauna. Estos pasos también podrían servir para los felinos como el puma, ya que se ha demostrado que los utilizan (Torres 2011) y los prefieren con respecto a otro tipo de pasos (Schwender y Orning 2013). El paso de los mapaches es el claro ejemplo de un paso de fauna consolidado a través de una alcantarilla por lo que se recomienda replicar las características de esta en los pasos inferiores. Para el sitio donde se detectó al jaguar cruzando el camino, se recomienda que, en caso de instalarse un paso, el diámetro del paso inferior (alcantarilla) sea de 3m o más, que es la medida mínima reportada como funcional para pumas (Gloyne & Clevenger, 2001) y la recomendada para jaguares (Ruediger y Di Giorgio, 2007). Otra variable importante es la de asegurar la cobertura vegetal en la entrada y salida del paso inferior (Clevenger 2001). En esta investigación se notó una relación positiva entre los ríos, quebradas y humedales con el cruce de animales (D.Araya-Gamboa observación personal). Se encontró evidencia de que algunos ríos y quebradas aledañas a la Ruta 415 carecen de esta cobertura y por esto se recomienda restaurar los bordes de bosque de los ríos (20m) tal como lo estipula la legislación costarricense (Artículo 33 de la Ley 7575).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A nuestro conocimiento, esta es la primera vez que se utiliza esta metodología para identificar cruces de fauna, combinando la experiencia local, con la investigación científica. Además, a diferencia de otros estudios, se incluyen muestreos nocturnos y se incluyeron los avistamientos y otras señas de actividad animal

(además de atropellos). Igualmente, la investigación no se limita a la utilización de la cobertura boscosa como criterio para la ubicación de las medias, como se ha hecho anteriormente en proyectos viales.

En este estudio el levantamiento de la información se hizo de manera previa a la intervención o mejora del camino, lo cual permite contar con las recomendaciones para la toma de decisiones, en la ubicación y diseño de las medias. Consideramos que esta es una metodología de fácil aplicación y análisis que permite generar recomendaciones más detalladas y en un corto tiempo. Además, este método permite identificar no solo puntos de cruce, sino sectores de más de 100m de actividad de fauna sobre el camino, en donde se pueden aplicar medidas de mitigación más generales (e.g. rotulación). También permite superponer distintas fuentes de información para respaldar la selección del sitio como un cruce de animales (en lugar de depender de una sola fuente). La variedad de fuentes de información permite tener un mejor criterio para generar las medidas de mitigación. Aun cuando los recorridos aportaron la mayor cantidad de registros de especies, las cámaras trampa permitieron registrar el jaguar y las entrevistas permitieron determinar la presencia de puma en la zona, registrar el atropello del caucel y durante el pre-muestreo identificar la alcantarilla que usan como paso los mapaches. Es de nuestro parecer que esta metodología, con ciertas variaciones o adecuaciones, podría ser aplicada a proyectos de ampliación o a la construcción de nuevas carreteras.

En este estudio las cámaras trampa se utilizaron como confirmación de los sitios identificados por las otras fuentes de información. No obstante, si se instalan de manera tal que permitan un esfuerzo de muestreo equitativo a lo largo del camino estudiado podrían ser consideradas como otra fuente de peso para seleccionar los sitios y sectores de cruce. Asimismo, se recomienda usar cámaras de vigilancia sobre el camino (colocadas sobre los postes de luz por ejemplo) para tener evidencia más directa del cruce de animales. Es importante crear un mapa cultural (mapa con sitios conocidos por las personas sobre el camino) del camino para una ubicación más precisa de los reportes de las entrevistas. La telemetría sería ideal para tener un panorama más claro de los puntos específicos de paso de un o varias especies en particular, pero su costo suele ser prohibitivo para la mayoría de los estudios.

Existe la necesidad de investigar la Ruta 10 (la ruta principal del SBBB que se encuentra asfaltada y que comunica Siquirres con Turrialba). Ésta puede ser una barrera para el movimiento del jaguar y sus presas, porque también se localiza de manera perpendicular a la línea de conectividad del SBBB. Consideramos que se deberían plantear estudios para determinar el uso de pasos de fauna o alcantarillas por jaguares ya que no hay evidencia hasta la fecha a lo largo de la distribución de esta especie (Ruediger y Di Giorgio 2007). Del mismo modo, se debería estudiar el papel que juegan los ríos y otras fuentes de agua en la conectividad biológica. En general, para mantener la conectividad de los felinos, se debe evitar la creación y mejora de carreteras en las Unidades de Conservación del Jaguar y en las áreas de conectividad. Los caminos nuevos, entre otros efectos, fragmentan el ámbito de hogar de las hembras del jaguar principalmente (Conde 2008 y Conde et al. 2010).

Mediante esta investigación se pudo identificar sitios y sectores de cruce de fauna en la sección de lastre de la ruta 415 dentro del SBBB. En estos sitios y sectores identificados deben implementarse medidas ambientales para reducir el impacto de la pavimentación. En el periodo posterior a la realización de este estudio hasta el 2015 el PHR ha instalado 9 señales de tránsito para los sitios de cruce de fauna, aislantes para evitar que los animales utilicen el cableado eléctrico para desplazarse y 2 pasos aéreos. Los pasos inferiores fueron solicitados a CONAVI, pero la entidad carece de presupuesto para su construcción.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los que compartieron y disfrutaron con nosotros la toma de datos en este estudio: Gabriel Sibaja, Jorge E. Rojas, Viviana Gamboa, Viviana Araya y Nora Cordero. A Rodrigo Ureña y Evelio Romero, en representación de las comunidades, se les agradece el compartir sus conocimientos. A Lisanne Petracca se le agradece su colaboración con SIG. A Howard Quigley y a Panthera por apoyar este aventurero proyecto. A Tista Salom Araya y Coralía Villalobos Araya se les agradece su entusiasmo y colaboración en campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araya-Gamboa, D. y Salom-Pérez, R. (2013). Informe: Identificación de pasos de fauna y medidas de mitigación sobre el camino de la Ruta 415 dentro del Subcorredor Biológico "Paso del Jaguar", Costa Rica. Panthera. Mimeografiado. 39p.
2. Arévalo, E., Arce, A. y Honda, W. (2012). Mortalidad de vertebrados en el límite sur oeste del Parque Nacional Carara, Costa Rica. Revista Mesoamericana 12(2): 103.
3. Aroyave, M. & Gómez, C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. Revista EIA 5, 45-57.
4. Beckman, J., Clevenger, A., Huijser, M. & Hilty J. (Eds.) (2010). Safe passages highways, wildlife, and habitat connectivity. Washington DC: Island Press. 396p.
5. Cáceres, N. C. (2011). Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest-Cerrado interface in south-western Brazil. Italian Journal of Zoology, 78(3), 379-389.
6. Chinchilla, F. (1997). La dieta del jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*), y el manigoro (*Felis pardalis*) (Carnivora: Felidae) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 45(3), 1223-1229.
7. Clevenger, A. P., Chruszcz, B., & Gunson, K. (2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. Journal of Applied Ecology, 38(6), 1340-1349.
8. Colchero, F., Conde, D. A., Manterola, C., Chávez, C., Rivera, A., & Ceballos, G. (2011). Jaguars on the move: modeling movement to mitigate fragmentation from road expansion in the Mayan Forest. Animal Conservation, 14(2), 158-166.
9. Conde, D.A. (2008). Road Impact on Deforestation and Jaguar Habitat Loss in the Mayan Forest. Ecology Ph.D., Nicholas School of the Environment. Duke University.
10. Conde, D. A., Colchero, F., Zarza, H., Christensen, N. L., Sexton, J. O., Manterola, C., Chávez, C., Rivera, A., Azuara, D. & Ceballos, G. (2010). Sex matters: Modeling male and female habitat differences for jaguar conservation. Biological Conservation, 143(9), 1980-1988.
11. Corrales, D. & Cardenal, J. (2008). Ecología poblacional de jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) y dieta de jaguar, en el sector Pacífico de la Cordillera de Talamanca. Costa Rica. Trabajo de grado. Universidad Latina.
12. Figueroa, O. A. (2013). The ecology and conservation of jaguars (*Panthera onca*) in central Belize: conservation status, diet, movement patterns and habitat use. PhD Dissertation. University of Florida, Gainesville, FL.
13. Fischer, W. A., Ramos-Neto, M. B., Silveira, L., & Jacomo, A. T. (2003). Human transportation network as ecological barrier for wildlife on Brazilian Pantanal-Cerrado corridors. University of California: Road Ecology Center.
14. Forman, R. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. Annual Review of ecology and systematics, 207-C2.
15. Gloyne, C.C. & Clevenger, A.P. (2001). Cougar Puma concolor use of wildlife crossing structures on the Trans-Canada highway in Banff National Park, Alberta. Wildlife Biology, 7, 117-124.
16. Hidalgo M., Hernández J., Pérez F., González A., Oliveras de Ita A., Vázquez de la Torre R., Vázquez O., Llorens C., y A. Chacón. 2014. Uso de hábitat y patrones de movimiento de felinos silvestres como herramienta para ubicación de pasos de fauna en una carretera al norte de la Península de Yucatán, México. En: Memoria del Simposio Internacional Conservación de Felinos en América. Panthera. Costa Rica. 40 p.
17. Instituto Costarricense de Electricidad. (2008). Estudio de Impacto Ambiental: Proyecto Hidroeléctrico Reventazón. Limón, Costa Rica. Pp: 1265.
18. Johnson, W.E., Eizirik, E. & O'Brien, S.J. (2002). Evolución y genética de poblaciones de jaguar: implicaciones para los esfuerzos futuros de conservación, p. 519-534. En Medellín, R.A., Equihua, C., Chetkiewicz, C.L.B., Crawshaw, P.G., Rabinowitz, A., Redford, K.H., Robinson, J.G., Sanderson, E.W. y Taber, A.B. (Eds.). El jaguar en el nuevo milenio. Universidad Nacional Autónoma de México & Wildlife Conservation Society.
19. Monge-Nájera, J. (1996). Vertebrate mortality in tropical highways: The Costa Rican case. Vida Silvestre Neotropica, 5(2), 154-156.
20. Montalvo V. (2012). Cambios en la abundancia, actividad temporal y dieta del jaguar (*Panthera onca*), otros felinos y sus presas en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Costa Rica.
21. Nigro, N. A. & Lodeiro, N. (2009). Atropellamiento de fauna silvestre en las rutas de la provincia de Misiones, Argentina. Reportes Tigres. Red Yaguareté. 2da Serie.
22. Pomareda, E. (2012). Atropello de fauna Silvestre y su rescate en Cañas, Guanacaste. Presentación en Foro: "Marco Legal para la Regulación del Impacto de Infraestructura Vial y Eléctrica en la Vida Silvestre en Costa Rica". UNED. San José, Costa Rica. 38 p.
23. Rabinowitz, A. & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. Biological Conservation, 143(4), 939-945.
24. Rojas, E. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. Centro de Rescate de Tortufoauna. Research Journal of the Costa Rica Distance Education University (online Edition, ISSN: 1659-441x), 3(1), 81-84.
25. Ruediger, W., & Di Giorgio, M. (2007). Safe Passage: A User's Guide to Developing Effective Highway Crossings for Carnivores and Other Wildlife. Southern Rockies Ecosystem Project.
26. Salom-Pérez, R., Polisar, J., Quigley, H. & Zeller, K. (2010). Iniciativa del Corredor del Jaguar: un Corredor Biológico y un Compromiso a Largo Plazo para la Conservación. Mesoamericana, 14(3), 25-34.
27. Salom-Pérez R., Araya-Gamboa D., Corrales-Gutiérrez D., Carazo-Salazar J., Urbina-Ruiz E., Espinoza-Muñoz, D., Pomareda E., Aguilar-Ruiz C., Arroyo-Arce S., Wulsch C., Caragiulo A., Petracca L., Robinson H., Robinson N., Fournier S., Gutiérrez G., Spínola M., Chávez M., y H. Quigley. (2015). Programa de monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del jaguar. Informe Final para el Banco Interamericano de Desarrollo. Panthera. San José, Costa Rica. 141 p.
28. Sáenz, J., Langen, T. y Torres, L. (2012) Mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento en la carretera interamericana que cruza el Área de Conservación Guanacaste y Determinación de pasos de fauna. Presentación en Foro: "Marco Legal para la Regulación del Impacto de Infraestructura Vial y Eléctrica en la Vida Silvestre en Costa Rica". UNED. San José, Costa Rica. 52 p.
29. Sanderson, E. W., K. H. Redford, C. L. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. R. Rabinowitz, J. G. Robinson, and A. B. Taber. (2002). Planning to save a species: the jaguar as a model. Conservation Biology 16:58-72.
30. Schwender, M. R. & Orning, E. K. (2013). Felid use of wildlife crossing structures in Utah, USA. Wild Felid Monitor. 6(1), 16.
31. Torres, M. (2011). Funcionalidad de estructuras subterráneas como pasos de fauna en la carretera Interamericana Norte que cruza el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
32. Zeller, K. A. (2007). Jaguars in the New Millennium Data Set Update: The State of the Jaguar in 2006. Wildlife Conservation Society, Bronx, New York. 77 p.