

# Programa de monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro / Paso del Jaguar

### INFORME FINAL

Estudios y Apoyo a la Estrategia Ambiental y Social del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón



## **Índice General**

LISTA DE ACRÓNIMOS	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
ANTECEDENTES	12
<ul> <li>I. Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro / Paso del Jagu</li> <li>II. Proyecto Hidroeléctrico Reventazón del Instituto Costa</li> <li>Electricidad</li> </ul>	rricense de
JUSTIFICACIÓN DEL MONITOREO DE MAMÍFEROS MED GRANDES EN EL SUBCORREDOR BIOLÓGICO BARBILLA-	
	20
OBJETIVOS	21
ÁREA DE ESTUDIO	22
METODOLOGÍA	23
I. Mapa de uso de suelo II. Análisis de cambio de uso de suelo III. Análisis de conectividad con SIG	23
IV. Cámaras-trampa	27
B. COLA DEL EMBALSE  C. CUERPOS DE AGUA  D. CAMINOS	29
E. FRANJAS DE BOSQUE  F. ANÁLISIS DE DATOS CON CÁMARAS-TRAMPA	32
V. Variabilidad Genética de jaguar y puma  RESULTADOS	
I. Mapa de uso de sueloII. Análisis de cambio de uso de suelo 1989-2013	45
III. Análisis de conectividad	47

IV.	Cámaras-trampa	51
1.	ANÁLISIS GENERALES	51
2.	SELECCIÓN DE HÁBITAT	55
3.	ÍNDICE DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA (IIE)	62
4.	MOVIMIENTOS DE CAUCEL, MANIGORDO Y JAGUAR EN EL SBBD	63
5.	COLA DEL EMBALSE	67
6.	CUERPOS DE AGUA	71
7.	CAMINOS	76
PAS	OS AÉREOS EN LA RUTA 415 QUEBRADA LA HERMOSA-QUEBRADA LA LINDA	80
8.	Franjas de Bosque	82
V.	Variabilidad genética de jaguar y puma	82
1.	JAGUAR	
2.	Рима	87
	ESTA DE PROGRAMA DE MONITOREO	
1 (	Cambio de uso de suelo	98
	Conectividad estructural	pro No. 3
	Conectividad funcional e Índice de Integridad Ecológica	
	Convivencia de humanos con la vida silvestre	
AGRAD	ECIMIENTOS	105
BIBLIO	GRAFÍA	106
ANFXO:	<b>S</b>	115

## Índice de Figuras

_	r del Jaguar con las Unidades de Conservación del Jaguar (verde oscuro) y los
	to de dispersión (verde claro) delimitados con base a un análisis con
	Geográfica. L.Petracca/Panthera
=	ación del Jaguar (verde oscuro), Corredores de menor costo de dispersión
	egidas (gris difuminado) en Costa Rica. El círculo amarillo muestra el
	rbilla-Destierro/Paso del Jaguar. K.Zeller/Panthera14
_	Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar, con las áreas protegidas y
territorios indígenas resa	ltados en verde. K.Zeller/Panthera15
Figura 4. Mapa oficial de los Co	orredores Biológicos de Costa Rica según el MINAE (el CBVC-T está
identificado con un círcul	o amarillo). Programa Nacional de Corredores Biológicos, SINAC-mapa del
2009	
Figura 5. Vacíos de Conservacio	ón y Áreas Protegidas de Costa Rica (GRUAS II). El área del SBBD está
resaltada con el círculo a	marillo. SINAC 2007
_	d y Áreas Protegidas de Costa Rica (GRUAS II). El área del SBBD está resaltada NAC 200717
	del SBBD. Las flechas negras discontinuas muestran la menor distancia entre
_	la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y la Zona Protectora Cuenca
	Forestal Río Pacuare (entre las dos cordilleras) en el SBBD. K.Zeller/Panthera
·	19
	del SBBD y el embalse que formará la represa del PHR del ICE. Las cruces
- 100	ole obstáculo en que puede convertirse el embalse para la conectividad de
	ques de bosque más cercanos entre las dos cordilleras. K. Zeller/Panthera. 19
	<sup>2</sup> en el área de estudio27
	TVC, SBBD (bloques 1 y 2), Cuerpos de agua y Caminos
=	las cuadrículas de 16 km² y subcuadrículas de 4 km² y la distribución
	* Los puntos rojos representan las cámaras en los senderos hechos por el
·	rillos son cámaras colocadas fuera de los senderos hechos por el hombre 28
	taladas en los cuerpos de agua en la cola del embalse del SBBD31
	as 415, Ruta 10 y las cámaras trampa en cada una de ellas
=	zión de las cámaras-trampa (punto verde) en franjas de bosque en el SBBD.33
	BBD con base en las imágenes de 2009 y 2013. Fuente: Área de Sistemas de
=	Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 201444
_	
	a boscosa del año 1989 al 2013 en el área del SBBD. L.Petracca/Panthera.
=	t 5 (31 de diciembre de 1989) y World View 1 y 2 (2009 y 2013) y Área de
	Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 201446
•	para los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera
	o barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y
	s 50 m alrededor del embalse). L.Petracca/Panthera47
=	or costo para los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera
absoluta, 3. embalse com	o barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y
reforestación de 50 m alr	ededor del embalse), mostrando los parches de bosque > 50 hectáreas en la
parte central y oeste del s	SBBD. L.Petracca/Panthera48

Figura 20. Parches prioritarios (1 mayor prioridad - 5 menor prioridad) para la conectividad en el SBBD determinados por el índice de centralidad, en los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera absoluta, 3. embalse como barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y reforestación de 50 m alrededor del embalse). L.Petracca/Panthera	.9 el
Figura 22. Registros con cámaras-trampa de las especies presa grandes y el tepezcuintle (Cuniculus paca) e	n
2012, 2013-2014 en el SBBD	3
Figura 23. Registros con cámaras-trampa del caucel ( <i>Leopardus wiedii</i> ) y el yaguarundi ( <i>Puma</i>	
yagouaroundi) en 2012 y 2013-2014 en el SBBD	4
<b>Figura 24.</b> Registros con cámaras-trampa del manigordo ( <i>Leopardus pardalis</i> ) en 2012 y 2013-2014 en el SBBD	1
Figura 25. Registros con cámaras-trampa del jaguar ( <i>Panthera onca</i> ) y del puma ( <i>Puma concolor</i> ) en 2012 y	
2013-2014 en el SBBD	
Figura 26. Cuadrículas con detecciones de tigrillo en el área de estudio5	
Figura 27. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el jaguar y detección en el área de estudio5	8
Figura 28. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el puma y detección en el área de estudio5	8
Figura 29. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el manigordo y detección en el área de estudio 5	9
Figura 30. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el caucel y detección en el área de estudio5	
Figura 31. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el yaguarundi y detección en el área de estudio6	
<b>Figura 32.</b> Probabilidad de uso de hábitat potencial para la danta y detección en el área de estudio	
<b>Figura 33.</b> Probabilidad de uso de hábitat potencial para el cabro y detección en el área de estudio	
<b>Figura 34.</b> Probabilidad de uso de hábitat potencial para el saíno y detección en el área de estudio6 <b>Figura 35.</b> Probabilidad de uso de hábitat potencial para el tepezcuintle y detección en el área de estudio.	1
6	2
<b>Figura 36.</b> Distribución de las cámaras que registraron de 0 a 6 manigordos en el SBBD6	
<b>Figura 37.</b> Registros y movimientos de los manigordos a lo largo del SBBD (tomando en cuenta sólo el	
registro fotográfico del lado derecho de su cuerpo)6	5
Figura 38. Registros y movimientos de los manigordos a lo largo del SBBD (tomando en cuenta sólo el	
registro fotogáfico del lado izquierdo de su cuerpo)6	5
<b>Figura 39.</b> Registros y movimiento de tres individuos de <i>P. onca</i> (jaguar) a lo largo del SBBD (tomando en	
cuenta sólo las fotografías del lado derecho del cuerpo)	
<b>Figura 40.</b> Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes en un período de 16 mese	
en la Zona de la Cola del Futuro embalse en el SBBD.	7
Figura 41. Presencia de especies prioritarias, además de <i>Cabassous centralis</i> y <i>Urocyon cinereoargenteus</i>	
(no se incluye a <i>Leopardus pardalis</i> y <i>Leopardus wiedii</i> ) en la Zona de la Cola del Futuro Embalse en e SBBD6	
Figura 42. Parches de más de 10 ha, corredores de menor costo, cámaras con presencia de mamíferos	
grandes y tepezcuintle ( <i>Cuniculus paca</i> ), caminos importantes y área crítica (en rosado) en la cola del	
embalse, SBBD	
Figura 43. Presencia de más de 3 individuos de <i>Leopardus pardalis</i> o <i>Leopardus wiedii</i> en la Zona de la Cola	
del Futuro embalse en el SBBD7	0

Figura 44. Movimiento de individuos de felinos manchados (Leopardus pardalis y Leopardus wiedii) en la
Zona de la Cola del Futuro embalse en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. Panthera71
Figura 45. Estimaciones de Riqueza (a) y número de especies compartidas (b) de mamíferos medianos y
grandes en sitios con cuerpos de agua y sin cuerpos de agua cercanos a la cola del futuro embalse en
el SBBD. *M1 = número de especies estimadas presentes en sitios cercanos a cuerpos de agua que
fueron observadas en sitios sin cuerpos de agua; M2 = número de especies estimadas presentes en
sitios sin cuerpos de agua que fueron observadas en sitios cercanos a cuerpos de agua75
<b>Figura 46</b> . Número de registros de mamíferos medianos y grandes encontrados en sitios con cuerpos de
agua y en sitios sin cuerpos de agua del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro, mediante cámaras
trampa
Figura 47. Mapa que muestra la asociación entre los cuerpos de agua y los parches remanentes de bosque
en el área central del SBBD76
Figura 48. Presencia de felinos en los márgenes de los caminos en la Zona de la Cola del Futuro embalse en
el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. Panthera
Figura 49. Cuatro manigordos ( <i>L.pardalis</i> ) que cruzaron las Rutas 415 y 10 del SBBD80
Figura 50. Ubicación de pasos aéreos para especies arborícolas sobre la Ruta 415 en el Subcorredor
Biológico Barbilla-Destierro y especies detectadas mediante cámaras trampa. Panthera81
Figura 51. Análisis de agrupamiento espacial (K) Bayesiano de jaguares en Costa Rica con STRUCTURE y
STRUCTURE-HARVESTER. (a) Las barras dentro del gráfico representan individuos y el color de la barra
representa el porcentaje de pertenencia (Q) de cada individuo a diferentes grupos genéticos. (b)
Valores de Delta K (la tasa de cambio en la probabilidad logarítmica de los datos entre valores
sucesivos de K) estimados por K (que van desde 1-5). C. Wultsch/AMNH84
Figura 52. Análisis de agrupamiento espacial Bayesiano de jaguares en Costa Rica con GENELAND. El
número de grupos genéticos obtenido fue (K = 2). Las barras dentro del gráfico representan individuos
y el color de la barra representa el porcentaje de pertenencia (Q) de cada individuo a diferentes
grupos genéticos. C. Wultsch/AMNH85
Figura 53. Análisis de componentes principales (PCA) para los jaguares de Costa Rica. Los puntos
representan los genotipos individuales, las elipses de inercia en diferentes colores representan
regiones geográficas muestreadas (North-West: noroeste, North-East Central: noreste y central,
South: sur). El diagrama de barras (inferior izquierda) representa gráficamente valores propios (eigen
values) de los cuatro componentes principales en magnitud relativa. C. Wultsch/AMNH85
Figura 54. Aislamiento por patrones de distancia en jaguares costarricenses. Cada punto representa una
comparación por pares entre los felinos individuales. C.Wultsch/AMNH86
Figura 55. Cambio de cobertura forestal en Costa Rica de 1940 al 2010. FONAFIFO91
Figura 56. Esquema que muestra los pasos del monitoreo en el SBBD para medir el impacto del PHR y las
acciones de mitigación asociadas. Panthera98

## **Índice de Cuadros**

Cuadro 1. Variables utilizadas en la derivación de las superficies de resistencia	. 25
Cuadro 2. Valores de costo asignados a las variables en las superficies de costo	.26
Cuadro 3. Principales cuerpos de agua donde se determinó la presencia de mamíferos medianos y grando	
Cuadro 4. Covariables utilizadas para modelar la variación en el uso de hábitat de las especies	.35
Cuadro 5. Porcentaje de los distintos usos de suelo en el SBBD antes del embalse. Fuente: Área de Sistem	ıas
de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014 y Panthera	.45
detectadas y el tinamú ( <i>Tinamus</i> sp.) en la UCJ-CVC y el SBBD (bloques)	.52
Cuadro 7. Modelos de selección de hábitat de nueve de las diez especies prioritarias para el monitoreo. L modelos de una variable que estuvieran dentro de 4 puntos del delta AIC del modelo superior fuero promediados para calcular psi condicional para cada cuadrícula del monitoreo	os n
Cuadro 8. Índice de Integridad Ecológica para la UCJ-CVC y comparación con los tres sectores del SBBD	
<b>Cuadro 9.</b> Índices de Diversidad, Equidad e Integridad Ecológica para los Cuerpos de Agua en la Cola del Futuro Embalse en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. <i>En itálica se indican los valores más</i>	.03
-	.73
Cuadro 10. Índice de Abundancia Relativa para mamíferos medianos y grandes presentes en Cuerpos de Agua en la Zona de la cola del futuro embalse del SBBD.	.74
<b>Cuadro 11.</b> Índice de Diversidad, Equidad e Integridad Ecológica para los Caminos principales del SBBD. <i>E</i> .	
itálica se indican los valores más bajos y en <b>negrita</b> los más altos	
Cuadro 12. Índice de Abundancia Relativa para los Caminos principales del SBBD.	.78
Cuadro 13. Nombre científico y abundancia relativa (#fotos/1,000 noches trampa) de los mamíferos	
medianos y grandes en las franjas de bosque del SBBD	.82
Cuadro 14. Resumen de la diversidad genética estimada para los jaguares de Costa Rica. N <sub>A</sub> , número de	
alelos; A <sub>R</sub> , la riqueza alélica utilizando el método de rarefacción; H <sub>O</sub> , heterocigosidad observada; H <sub>E</sub> ,	,
heterocigosidad esperada; P <sub>HW</sub> , valor P - prueba de equilibrio de Hardy-Weinberg; F <sub>IS</sub> , coeficiente de	
endogamia; n, el número de felinos individuales. C.Wultsch/AMNH	
Cuadro 15. Relaciones de parentesco entre las distintas áreas de donde provenían las muestras de jaguar	
Cuadro 16. Resumen de la diversidad genética estimada para los pumas de Costa Rica. N <sub>A</sub> , número de	
alelos; A <sub>R</sub> , la riqueza alélica utilizando el método de rarefacción; H <sub>O</sub> , heterocigosidad observada; H <sub>E</sub> ,	,
heterocigosidad esperada; $P_{HW}$ , valor $P$ - prueba de equilibrio de Hardy-Weinberg; $F_{IS}$ , coeficiente de	ة
endogamia; n, el número de felinos individuales. A.Caragiulo/AMNH	.88
Cuadro 17. Relaciones de parentesco entre las distintas áreas de donde provenían las muestras de puma.	.89
Cuadro 18. Lista de los temas incluidos en la propuesta del plan de monitoreo en el SBBD	102

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Lista de especies de mamíferos medianos y grandes terrestres esperados para el SBBD con su
respectivo valor para el Índice de Integridad Ecológica. *Especies no registradas en el presente
estudio
Anexo 2. Marcadores de ADNmt para la identificación molecular de especies con sus respectivas
referencias y condiciones de PCR116
Anexo 3. Resumen de los genotipos individuales de jaguar identificados utilizando 12 loci de microsatélites
y confirmados aplicando la estimación de probabilidad de identidad en GIMLET. M: macho, H:
hembra, ?: Análisis falló después de múltiples repeticiones
Anexo 4. Resumen de los genotipos individuales de puma identificados utilizando 10 loci de microsatélites y
confirmados aplicando la estimación de probabilidad de identidad en GIMLET. M: macho, H: hembra,
NA: Información no disponible, ?: Análisis falló después de múltiples repeticiones
Anexo 5. Foto de jaguar (Panthera onca) en la Isla de Barro Colorado, Panamá, 2009
Anexo 6. Mapa que muestra el movimiento de un puma hacia una isla a través de un lago en la Patagonia
chilena. Fuente: Elbroch et al. 2010123
Anexo 7. Fotos de cámaras-trampa de mamíferos y aves en el SBBD obtenidas durante el presente estudio.
Anexo 8. Algunos mamíferos medianos y grandes detectados en el monitoreo en la cola del futuro embalse
(caminos y cuerpos de agua)130
Anexo 9. Instalación de Pasos de Fauna y mamíferos detectados en los pasos aéreos en La Linda y Hermosa.
132
Anexo 10. Algunos mamíferos detectados en la Unidad de Conservación del Jaguar, Cordillera Volcánica
Central. Panthera
Anexo 11. Fotos de talleres, personas y paisajes en el SBBD

#### LISTA DE ACRÓNIMOS

AMNH American Museum of Natural History
BID Banco Interamericano de Desarrollo

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

**CBVC-T** Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca

**COMCURE** Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón

**CONAI** Comisión Nacional de Asuntos Indígenas

CONAVI Consejo Nacional de Vialidad CVC Cordillera Volcánica Central

**EARTH** Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda

**FBS** Fondo de Biodiversidad Sostenible

**FONAFIFO** Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

**GRUAS** Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Conservación de la Biodiversidad

**GVI** Globa Vision International

ICE Instituto Costarricense de Electricidad

ICOMVIS Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

ICT Instituto Costarricense de Turismo IIE Índice de Integridad Ecológica INA Instituto Nacional de Aprendizaje INDER Instituto de Desarrollo Rural

JAPDEVA Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica

MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE Ministerio de Ambiente y Energía

MOPT Ministerio de Obras Públicas y Transportes
NCBI National Center for Biotechnology Information

ONG Organización No Gubernamental
PHR Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

PNB Parque Nacional Barbilla

PNBC Parque Nacional Braulio Carrillo
PNVT Parque Nacional Volcán Turrialba
Pagos por Servicios Ambientales

**RFCVC** Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central

**RFRP** Reserva Forestal Río Pacuare

SBBD Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar

SCBD Subcorredor Barbilla-Destierro

SINAC Sistema Nacional de Áreas de Conservación

**TEAM** Proyecto Tropical Ecology, Assessment and Monitoring

TINA Territorio Indígena Nairi Awari
UCJ Unidades de Conservación del Jaguar

UCR Universidad de Costa Rica

**UEN-PYSA** Unidad Estratégica de Negocios Proyectos y Servicios Asociados

UNA Universidad Nacional de Costa Rica
UNED Universidad Estatal a Distancia

WCS Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre ZPAGP Zona Protectora Acuíferos Guácimo y Pococí

**ZPLS** Zona Protectora La Selva

**ZPRS** Zona Protectora del Río Siquirres

# PROGRAMA DE MONITOREO DE MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES EN EL SUBCORREDOR BIOLÓGICO BARBILLADESTIERRO/PASO DEL JAGUAR INFORME FINAL

Autores: Roberto Salom-Pérez, Daniela Araya-Gamboa, Daniel Corrales-Gutiérrez, Javier Carazo-Salazar, Ever Urbina Ruiz, Deiver Espinoza-Muñoz, Esther Pomareda García, Cristina Aguilar Ruiz, Stephanny Arroyo-Arce, Claudia Wultsch, Anthony Caragiulo, Lisanne Petracca, Hugh Robinson, Nathaniel Robinson, Sofía Soto Fournier, Gustavo Gutiérrez Espeleta, Manuel Spínola, Mónica Chávez Ramos y Howard Quigley.

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

El área del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar (SBBD) forma parte del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca. Esta es un área crítica para la Iniciativa del Corredor del Jaguar cuyo objetivo es mantener la conectividad de esta especie a lo largo de toda su distribución. El jaguar (Panthera onca) es la especie bandera del SBBD y además es una especie sombrilla, lo que quiere decir que su protección garantizaría la conservación de una amplia gama de especies y el hábitat que necesitan para sobrevivir. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) está construyendo un Proyecto Hidroeléctrico sobre el Río Reventazón. Este proyecto, una vez en fase de generación, tendrá la capacidad de producir 305 MW, convirtiéndose así en el mayor proyecto en su especie en Centroamérica. Prácticamente la totalidad del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PHR) está inmerso en el SBBD. El embalse de 7km², así como las obras asociadas, podrían afectar la ya de por sí frágil situación del corredor, especialmente en la parte central del SBBD que se encuentra bastante fragmentada. El objetivo general del presente documento es establecer la base de un Programa de Monitoreo que permita medir los impactos del PHR y las acciones de mitigación asociadas. Para ello se utilizaron como información principal diferentes métricas relacionadas a las poblaciones de mamíferos medianos y grandes. Los mamíferos medianos y grandes son especies que necesitan de áreas relativamente grandes para su supervivencia y son afectados por diferentes acciones antropogénicas, lo que los hace un buen indicador de los impactos positivos y negativos que se pretenden medir. Los análisis realizados incluyeron análisis de Sistemas de Información Geográfica para tener un mapa de uso de suelo actual, una comparación del cambio de uso en un periodo aproximado de 24 años y varios análisis de conectividad en el SBBD (incluyendo corredores de menor costo y parches prioritarios). También se realizó un muestreo exhaustivo de un sector de la Cordillera Volcánica Central y de todo el SBBD con cámaras-trampa, así como de los cuerpos de agua ubicados principalmente en

la cola del futuro embalse. Con este se logró calcular y modelar la selección de hábitat de varias especies prioritarias y la estimación de índices de diversidad e integridad ecológica. Además, se realizó un estudio sobre el impacto de las principales carreteras en la conectividad. De esta manera se contabilizaron 26,728 días/trampa de muestreo, convirtiéndose en uno de los muestres con cámaras trampa más intensivos de Costa Rica y la región. Posteriormente, se midió la variabilidad genética para el jaguar y puma con base en 148 muestras colectadas por Panthera y otros colaboradores a lo largo del país, con énfasis en el SBBD y las áreas protegidas aledañas. Al final se propone un Programa de Monitoreo que permitirá medir los cambios que se presenten en el SBBD relacionados al PHR, así como de las acciones de mitigación y conservación asociadas.



#### **ANTECEDENTES**

#### I. Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro / Paso del Jaguar

El área del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar (SBBD) forma parte del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVC-T) y fue identificada como una de las zonas de importancia para la conectividad de las especies y las áreas protegidas de Mesoamérica en el marco del proyecto Paseo Panthera en 1990 (Barborak *et al.*, 1994). Posteriormente, su importancia fue ratificada en 1996 con el proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano, del cual resultó el documento GRUAS I - una propuesta técnica de ordenamiento territorial con fines de conservación (García, 1996). Como fruto de dicho proyecto se elaboró una Ficha Técnica de esa zona que recibió inicialmente el nombre de Corredor Biológico Barbilla, en alusión al Parque Nacional Barbilla, que se encuentra en su límite este. Uno de los principales objetivos del Corredor era garantizar la conexión de las áreas protegidas y las reservas de biosfera de la Cordillera de Talamanca con las de la Cordillera Volcánica Central. No obstante, durante varios años la propuesta no tuvo ningún avance.

El jaguar (Panthera onca) es una especie de amplio rango de distribución, que necesita un gran ámbito de hogar y que es sensible a las perturbaciones humanas. Estas características, entre otras, hacen que esta especie sea considerada como una especie paraguas o sombrilla (Roberger y Angelstam 2004, Isasi-Catalá 2011). Esto significa que la conservación de esta especie garantiza la protección de un gran número de especies simpátricas de fauna y la conservación del bosque en donde habitan. Asimismo, al estar en el tope de la cadena alimenticia cumple un rol fundamental en el control de las poblaciones de una gran variedad de especies de fauna que son parte de su dieta y estas, a su vez, tienen un papel esencial en la flora (por ejemplo mediante dispersión de semillas y el control de la abundancia de ciertas plantas). De esta manera, la conservación del jaguar y de otros mamíferos medianos y grandes tiene implicaciones positivas en una gran cantidad de ámbitos, incluyendo el equilibrio ecológico y la salud del ecosistema en general, la protección de los bosques productores de agua y oxígeno, el atractivo turístico y la identidad cultural (por ejemplo el jaguar aparece en un sinnúmero de piezas arqueológicas y era considerado como una deidad en varias culturas (Fernández et al. 2012)).

En 1999, la Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre, (WCS-por sus siglas en inglés), y la Universidad Nacional Autónoma de México reunieron a 35 expertos con el objetivo de llegar a un consenso sobre el primer plan de conservación e investigación de este felino a través de toda su distribución (Sanderson *et al.* 2002). Como resultado de esta reunión se definieron las poblaciones núcleo de los jaguares, llamadas Unidades de

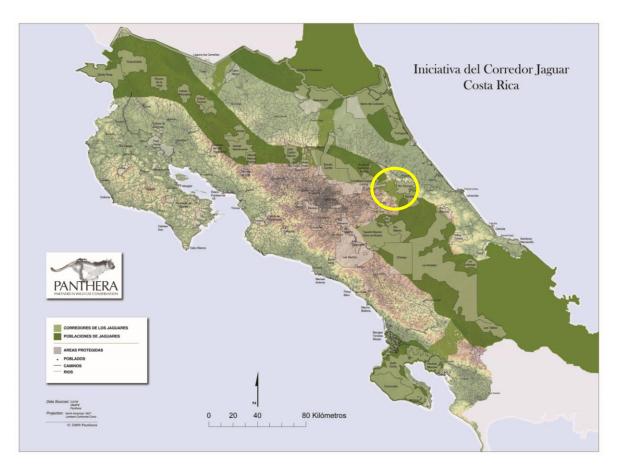
Conservación del Jaguar (UCJ) desde México hasta Argentina. En 2006, WCS realizó una revisión de dichas UCJ, actualizando así el plan para su conservación (Zeller 2007). En este documento se señalan a la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca como dos de las principales UCJ en Costa Rica.

Posteriormente, se planteó el establecimiento de varios corredores de dispersión entre las UCJ para garantizar la conectividad de la especie a lo largo de su distribución. Los corredores de menor costo para el movimiento de los jaguares fueron generados a partir del aporte de varios expertos y del análisis con Sistemas de Información Geográfica, usando los mapas más actualizados y de mayor resolución disponibles (Rabinowitz y Zeller 2010). Las variables que se utilizaron para generar la capa de menor costo de movimiento en el análisis, fueron aquellas que los especialistas determinaron que podían afectar o facilitar la dispersión de los jaguares (tipo de uso de suelo, porcentaje de árboles y arbustos, distancia a poblados, densidad poblacional humana, distancia a caminos y elevación). El resultado de este análisis fue un mapa con los corredores de menor costo de dispersión entre todas las UCJ en el continente (Figura 1).



**Figura 1.** Iniciativa del Corredor del Jaguar con las Unidades de Conservación del Jaguar (verde oscuro) y los Corredores de menor costo de dispersión (verde claro) delimitados con base a un análisis con Sistemas de Información Geográfica. L.Petracca/Panthera

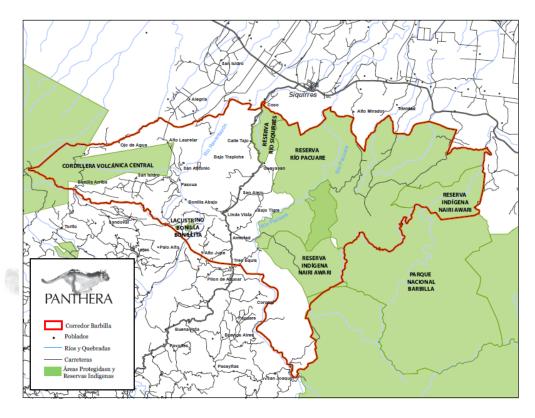
En 2007, en el marco de la Iniciativa del Corredor del Jaguar, WCS en conjunto con la organización no gubernamental Panthera, empiezan a verificar o validar en el campo los corredores de menor costo para la conectividad de las poblaciones del jaguar a lo largo de su distribución. Dicha "validación de campo" se realiza por medio de entrevistas a los pobladores locales. Esta técnica permite obtener información de manera rápida sobre la distribución del jaguar y sus presas, los proyectos de desarrollo en la zona e identificar los actores principales en dichos corredores (Zeller *et al.* 2011). El área entre la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca fue la primera en ser validada en el campo, debido a su importancia para la conectividad no solo a nivel nacional, sino también a nivel regional (Figura 2). Esta podría ser la única zona del país con suficientes condiciones (por ejemplo cobertura boscosa) para garantizar el paso de la vida silvestre de una cordillera a otra, especialmente en el caso de mamíferos medianos y grandes.



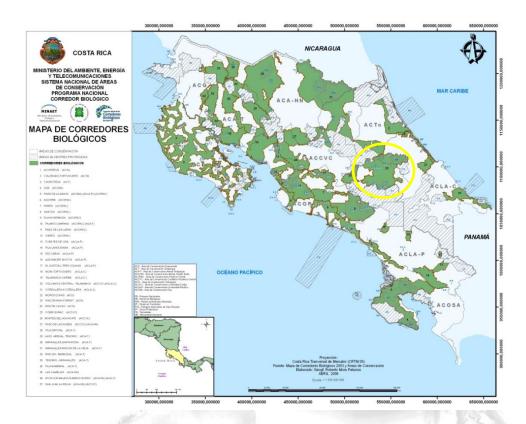
**Figura 2.** Unidades de Conservación del Jaguar (verde oscuro), Corredores de menor costo de dispersión (verde claro) y Áreas Protegidas (gris difuminado) en Costa Rica. El círculo amarillo muestra el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar. K.Zeller/Panthera.

Como resultado de este estudio se definió al SBBD como la zona ideal para enfocar los esfuerzos de conservación del jaguar, sus presas y los bosques asociados entre las dos

cordilleras (Figura 3) (Zeller y Salom-Pérez 2008). Paralelo al proceso de validación se contactó al Consejo Local del CBVC-T para unir esfuerzos. Este corredor venía trabajando desde el 2003 y su límite norte coincidía con el límite sur del área identificada como prioritaria por WCS y Panthera. De esta manera, el SBBD se convirtió en el sexto Subcorredor del CBVC-T. A la postre, en el 2009, el CBVC-T (con el SBBD incluido) fue reconocido como uno de los corredores biológicos oficiales del país por el Programa Nacional de Corredores Biológicos del SINAC-MINAE (Figura 4).

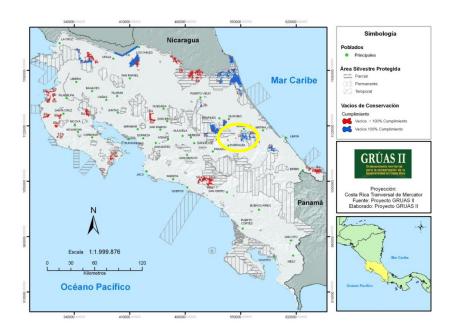


**Figura 3.**Área del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar, con las áreas protegidas y territorios indígenas resaltados en verde. K.Zeller/Panthera.



**Figura 4.** Mapa oficial de los Corredores Biológicos de Costa Rica según el MINAE (el CBVC-T está identificado con un círculo amarillo). Programa Nacional de Corredores Biológicos, SINAC-mapa del 2009.

De acuerdo con la propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad, GRUAS II (SINAC 2007), el CBVCT contiene un vacío de conservación (un área con una composición de flora única en el país y que no está siendo protegida de manera efectiva). Este vacío, junto con dos vacíos más de conservación de agua dulce se encuentran dentro del SBBD. Asimismo, esta propuesta identifica en esta zona una ruta de conectividad de alta prioridad (Figuras 5 y 6).



**Figura 5.** Vacíos de Conservación y Áreas Protegidas de Costa Rica (GRUAS II). El área del SBBD está resaltada con el círculo amarillo. SINAC 2007.



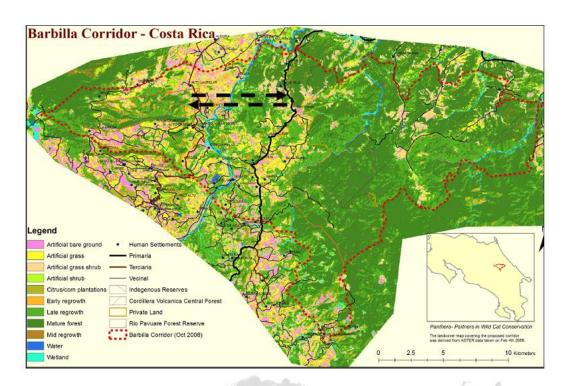
**Figura 6.** Rutas de Conectividad y Áreas Protegidas de Costa Rica (GRUAS II). El área del SBBD está resaltada con el círculo amarillo. SINAC 2007.

## II. Proyecto Hidroeléctrico Reventazón del Instituto Costarricense de Electricidad

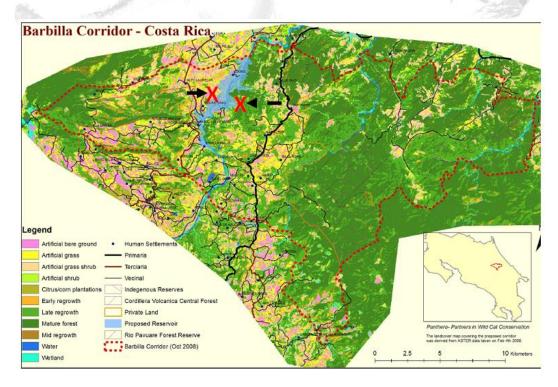
Las represas hidroeléctricas tienen un gran auge y son de especial atención, ahora y a futuro. El uso de recursos renovables para la generación de energía - tales como el uso de los ciclos del agua - es de creciente interés e importancia. El SBBD cuenta con dos ríos principales que lo cruzan de sur a norte, el Río Pacuare y el Río Reventazón. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) está construyendo el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PHR) sobre el río del mismo nombre.

En 1998 el ICE realiza el estudio de pre-factibilidad del PHR. El PHR es el cuarto proyecto grande de energía hidroeléctrica sobre el Río Reventazón y será el proyecto hidroeléctrico con la mayor generación de energía a nivel nacional (capacidad de 305 MW) (ICE 2008). El PHR es financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre otros agentes internacionales.

Este proyecto se encuentra en su totalidad dentro del SBBD, con el sitio de la represa ubicado cerca del límite norte del SBBD, junto al pueblo de Florida. El nivel del agua llegará hasta los 265 msnm e inundará aproximadamente 7 km² cerca de la parte central del SBBD (Figuras 7 y 8). El embalse que se formará cubrirá varios parches de bosque y consecuentemente disminuirá la cantidad de hábitat disponible para la vida silvestre, además de convertirse en un potencial obstáculo para el movimiento de la mayoría de especies de flora y fauna. También es importante considerar que su ubicación coincide con la zona que cuenta con la distancia más corta entre los parches de bosque de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central (RFCVC) y la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres (ZPRS)-Reserva Forestal Río Pacuare (RFRP) (o sea entre las dos Cordilleras). Asimismo, el trabajo en la represa requiere la mejora y la construcción de caminos, la creación de escombreras, el aumento del flujo vehicular y otros trabajos, lo cual podría llegar a tener un impacto sobre la conectividad de las especies.



**Figura 7.** Uso de suelo dentro del SBBD. Las flechas negras discontinuas muestran la menor distancia entre los bloques de bosque de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres/Reserva Forestal Río Pacuare (entre las dos cordilleras) en el SBBD. K.Zeller/Panthera.



**Figura 8.** Uso de suelo dentro del SBBD y el embalse que formará la represa del PHR del ICE. Las cruces rojas representan el posible obstáculo en que puede convertirse el embalse para la conectividad de las especies entre los bloques de bosque más cercanos entre las dos cordilleras. K. Zeller/Panthera.

# JUSTIFICACIÓN DEL MONITOREO DE MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES EN EL SUBCORREDOR BIOLÓGICO BARBILLA-DESTIERRO

El monitoreo consiste en un proceso de evaluación del estado de algo (por ejemplo un proyecto, un área, un grupo). Por definición el monitoreo requiere de una repetición a través del tiempo para poder medir los cambios generados por el impacto o las acciones llevadas a cabo en el sitio (Mokate 2000, Antón 2006, Murray y Rossi 2007).

La cuenca media del Río Reventazón ofrece una oportunidad para monitorear y analizar las respuestas de flora y fauna a la alteración potencialmente causada por el PHR en un área de corredor biológico. Sólo con estos estudios es posible generar recomendaciones que puedan efectivamente mitigar el impacto sobre la vida silvestre del área, mantener la conectividad de las poblaciones y la integridad ecológica del área, reducir el impacto humano en la cuenca, recopilar información novedosa e importante acerca de los cambios en la dinámica de los ecosistemas durante el desarrollo de un embalse, y eventualmente lograr una ganancia neta en la biodiversidad de la zona. Además, esto podría servir de modelo para la planificación y compensación de futuros proyecto hidroeléctricos en la región.

De acuerdo con el BID (2013), dentro de las prácticas emergentes de la conservación de la biodiversidad en proyectos hidroeléctricos se encuentra la "gestión de la reducción de impactos en la conectividad". También, define como puntos importantes específicamente para el PHR "la fragmentación, impactos aguas abajo, impactos cumulativos, offset acuático y restauración del corredor biológico". El monitoreo de mamíferos medianos y grandes iniciado por Panthera, detallado en el documento de Línea Base (Salom et. al 2013) y el presente documento, abarcan los temas de conectividad, fragmentación y restauración del corredor biológico mencionados por el BID.

Los mamíferos medianos y grandes son especies que necesitan de áreas relativamente grandes para su supervivencia. A grandes rasgos, se dice que para que una población sea viable a largo plazo, ésta debe ser de al menos 500 individuos (Franklin citado por Shaffer 1989). En el caso del jaguar por ejemplo, es posible que sólo en Suramérica existan áreas boscosas lo suficientemente grandes para albergar, por sí solas, 500 jaguares. Sin embargo, la conexión entre las poblaciones de las distintas áreas protegidas podría llegar a garantizar la supervivencia de la especie a largo plazo (Shaffer 1989, Swank y Teer 1991). Estas características hacen que los mamíferos medianos y grandes se vean fuertemente impactados por factores antropogénicos (como por ejemplo deforestación y fragmentación del hábitat). Asimismo, muchas de estas especies son las preferidas por los cazadores. Estos factores hacen que los mamíferos medianos y grandes sean buenos indicadores de los impactos relacionados con el ser humano.

Igualmente, la mayoría de estas especies se encuentran en peligro de extinción, por lo que su conservación es prioritaria para el país y a nivel internacional (UICN 2012). En el caso de los carnívoros grandes, estos son de gran importancia para la salud del ecosistema, controlando las poblaciones de herbívoros y por lo tanto afectando indirectamente la biomasa de la flora y la diversidad en general (Miller *et al.* 2001, Gittleman y Gompper 2005).

Si bien muchas de estas especies de mamíferos medianos y grandes están fuertemente asociadas a bosques, la cobertura boscosa no es garantía de su presencia y por lo tanto, no puede ser considerado como el único indicador de la salud del ecosistema (Redford 1992). No obstante, el análisis del uso de suelo y su cambio a través del tiempo se incluye aquí como uno de los indicadores, que en combinación con la evaluación del estado de los mamíferos medianos y grandes, se convierte en una herramienta de mayor peso.

Por otro lado, es importante destacar que el monitoreo propuesto en este documento debe ser complementado con otros indicadores (por ejemplo calidad de agua, fauna acuática, vegetación acuática, vegetación terrestre, murciélagos, otros vertebrados, factores culturales y socioeconómicos) que son esenciales para monitorear el impacto real del PHR y de las acciones de mitigación asociadas (Antón 2006, González-Diez 2011).

#### **OBJETIVOS**

El objetivo general del presente documento es establecer la base de un Programa de Monitoreo que permita medir los impactos del PHR y de las acciones de mitigación asociadas.

#### **Objetivos específicos**

- 1. Establecer una metodología que permita medir el cambio de uso de suelo en el SBBD por medio de Sistemas de Información Geográfica (mapas).
- 2. Evaluar la conectividad estructural y funcional (basada en mamíferos medianos y grandes) a lo largo del SBBD.
- 3. Determinar la presencia y el uso de hábitat de un grupo de especies prioritarias del SBBD y las áreas aledañas.
- 4. Determinar la presencia de mamíferos medianos y grandes en la zona de la Cola del Futuro Embalse.
- 5. Determinar la presencia de mamíferos medianos y grandes en los márgenes de los cuerpos de agua en la zona de la cola del futuro embalse y hacer una comparación con la presencia de estas especies en sitios sin cuerpos de agua.

6. Identificar la presencia de mamíferos medianos y grandes presentes en las Rutas 415 y 10 y determinar si existe impacto de estos caminos en la conectividad biológica.

#### **ÁREA DE ESTUDIO**

El SBBD (36,169 ha) está ubicado en las provincias de Limón y Cartago, y comprende parte de los cantones de Siquirres, Turrialba, Matina y Guácimo, dentro de las Áreas de Conservación La Amistad-Caribe, Cordillera Volcánica Central y una pequeña parte de Tortuguero (6 km²) (coordenadas: 9.877 y 10.090 latitud norte; -83.372 y -83.697 longitud oeste). El SBBD abarca un amplio gradiente altitudinal, desde 75 msnm en su punto más bajo hasta los 2,000 msnm en el punto más alto. Dentro de este gradiente se encuentran una variedad de ecosistemas, hábitats y zonas de vida, predominando el Bosque Muy Húmedo Premontano (35%) y el Bosque Muy Húmedo Tropical Transición a Premontano (30%) (Bolaños y Watson 1993).

El SBBD es uno de los 6 Subcorredores que componen el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca. Este corredor permite la conectividad entre 9 áreas silvestres protegidas y 3 territorios indígenas, así como entre dos Reservas de Biosfera: Cordillera Volcánica Central y La Amistad; estas áreas protegidas en conjunto abarcan más del 10% del territorio de Costa Rica. Cerca del 58% del Subcorredor se encuentra bajo una categoría de manejo o en territorio indígena, mientras que el restante 42% son tierras no protegidas (Figura 3). Las áreas protegidas o territorios indígenas que forman parte del Subcorredor son: el Humedal Lacustrino Bonilla-Bonillita, la Zona Protectora Cuenca del Río Siquirres, la Reserva Forestal Río Pacuare, el Territorio Indígena NairiAwari (TINA) y el Parque Nacional Barbilla (PNB), así como una fracción de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central (SINAC 2003).

Cerca del 70% del área del SBBD es bosque en diferentes estados (Figura 14). El resto del área se divide en las principales actividades de la zona, que son la ganadería y la agricultura (culantro de coyote, café, caña de azúcar, banano, pejibaye, y macadamia, entre otros) y el turismo (ICE 1993, González y Poltronieri 2002, Avendaño *et al.* 2006, este estudio).

El SBBD cuenta con dos carreteras nacionales que lo cruzan de norte a sur. La Ruta 10 es una carretera pavimentada de dos carriles que va desde la ciudad de Turrialba hasta Siquirres. Por otro lado, la Ruta 415 es un camino de dos carriles que fue asfaltado como medida de compensación del PHR y que conecta el pueblo de Oriente (la entrada al Llano) con el pueblo de La Alegría, y continúa hasta la Ruta 32. También hay una serie de caminos secundarios y en total se estima que la red de vías dentro del SBBD

suman aproximadamente 186 km. Dentro del SBBD se encuentran un total de 26 poblados de gente mestiza, la mayoría ubicados en las cercanías de las dos rutas principales ya mencionadas. El número de pueblos indígenas no ha sido descrito, sin embargo en su mayoría estos se componen de unas pocas casas rodeadas de bosque.

El área también comprende secciones importantes de algunos ríos como el Río Pacuare, Río Reventazón y Río Siquirres, que tienen una gran importancia local y nacional en términos de fuentes de agua, turismo (por ejemplo: rafting), valor cultural indígena y producción de energía hidroeléctrica.

#### **METODOLOGÍA**

A continuación se detallan las distintas metodologías utilizadas en el Programa de Monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el SBBD y la UCJ-CVC.

#### I. Mapa de uso de suelo

Para construir un mapa actualizado de uso de suelo del SBBD se utilizó una caracterización de la cobertura del uso de suelo proporcionada por el Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014. Esta caracterización se hizo utilizando imágenes satelitales de 2009 y 2013 de alta resolución (World View 1 y 2) de Digital Globe, con un escala 1: 5,000.

#### II. Análisis de cambio de uso de suelo

Se realizó un análisis del cambio de uso de suelo en el SBBD de 1989 a 2013. Para el uso de suelo de 1989 se utilizó la imagen del satélite Landsat 5 (31 de diciembre de 1989). Se utilizó la herramienta Layer Stack en ERDAS Imagine 2014 para crear una imagen de satélite de 1989, compuesta por sus respectivas bandas visuales e infrarrojas. Posteriormente, se realizó una clasificación no supervisada (# clases = 40, # iteraciones = 20, umbral de convergencia = 0,98) y posteriormente se utilizó la inspección visual para clasificar cada clase como bosque o no bosque.

El siguiente paso fue determinar la magnitud de la pérdida, aumento o no cambio en el área de la cobertura de bosque entre la clasificación de 1989 con la de 2013. Para ello, se extrajeron los valores de pérdida de bosque y el aumento del bosque del raster. Luego se convirtieron estas capas en polígonos y el área fue calculada utilizando el datum WGS 1984, proyección UTM 17N.

#### III. Análisis de conectividad con SIG

Utilizando la caracterización del uso de suelo de la imagen de 2009 y 2013, se realizó un análisis de los corredores de menor costo y de los parches más importantes para la conectividad. Para ello se tomaron en cuenta sólo los parches de más de 50 ha según la clasificación del Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014. El aumento en el tamaño de los parches a 50 ha (inicialmente se hizo con 10 ha), se debe a que se obtuvieron pocos registros con las cámaras-trampa en los parches <50 ha, por lo que se cree que este tamaño de parche de 50 ha o más podría ser más apropiado para que las especies más grandes lo usen como un lugar seguro de paso (stepping stone) entre las dos cordilleras.

Posteriormente, se creó un buffer o área de amortiguamiento de 100 m a ambos lados de las principales carreteras (Ruta 10 y Ruta 415) y se removió el bosque que estuviera dentro de esta área. En la literatura y en los estudios de Panthera en el área se ha visto como este tipo de carreteras pueden tener un efecto barrera para algunas especies de mamíferos medianos y grandes (Forman y Alexander 1998, Trombulak y Frissell 2000, Araya-Gamboa y Salom-Pérez 2013, Salom-Pérez *et al.* 2014).

Luego se conectaron todos los parches de bosque que estuvieran a una distancia ≤100 m (excluyendo los parches a lados opuestos de las carreteras mencionadas). Finalmente, se calcularon las áreas y se aseguró que los parches cumplieran con el criterio mínimo de medir al menos 50 ha para ser tomados en cuenta en el análisis.

Se evaluaron cuatro escenarios diferentes: (1) previo a la construcción de la represa del PHR, (2) después de la construcción de la represa, en el que el embalse se toma como una barrera total al movimiento de los mamíferos, (3) cinco años (estimado) después de la construcción, en donde el embalse no es una barrera completa (es semi-permeable) al movimiento de los mamíferos, y (4) 15-20 años (estimado) después de la construcción, en donde la reforestación de una franja de al menos 50 m alrededor del embalse y de las propiedades adyacentes compradas por el ICE ha logrado aumentar la cobertura.

Durante los primeros años se podría esperar que el embalse sea una barrera infranqueable para la mayoría de los mamíferos dado que no están acostumbrados a nadar en un cuerpo de agua extenso (escenario 2). Este escenario se podría mantener a largo plazo o de manera permanente para las especies medianas y pequeñas. Después de unos años, algunas especies se acostumbrarán al cuerpo de agua y podrían eventualmente llegar a cruzarlo a nado por lo que el embalse podría pasar a ser una barrera semi-permeable (escenario 3). El escenario final (4) ilustra el posible efecto positivo de la reforestación planteada por el PHR de al menos 50 m alrededor del

embalse. Los resultados de estos modelajes deberán ser verificados y adecuados a futuro enriquecidos con información de campo.

Para cada escenario se calculó una superficie de costo, los corredores de menor costo, así como los parches prioritarios para la conectividad. Las variables utilizadas en esta actualización, así como su resolución y fuente se detallan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Variables utilizadas en la derivación de las superficies de resistencia.

Сара	Resolución/Escala	Fuente	
Uso de suelo/Cobertura de Suelo	50 cm	Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014 (2009 y 2013)	
Elevación	30 m	ASTER Global Digital ElevationModel Versión 2 (GDEM V2); NASA/METI 2011	
Pendiente	30 m	ASTER Global Digital ElevationModel Versión 2 (GDEM V2); NASA/METI 2011	
Poblados		Proyecto Atlas Digital Costa Rica (2008)	
Ríos	1:50000	Proyecto Atlas Digital Costa Rica (2008)	
Carreteras	Marie and State of the state of	Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014 (2009 y 2013)	
Caminos de lastre		Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014 (2009 y 2013)	

Las superficies de resistencia individuales fueron creadas para cada uno de los cuatro escenarios de interés mencionados previamente. Los valores de costo asignados a cada fuente de datos en la creación de las superficies de resistencia se encuentran en el Cuadro 2. Esta información está basada en el análisis de Rabinowitz y Zeller (2010), pero adaptada a la realidad del SBBD y su escala. Los principales cambios a los valores asignados por Rabinowitz y Zeller (2010) están en los valores de costo para la distancia a poblados y la distancia a caminos principales. Dado a nuestra experiencia en campo y a las múltiples entrevistas realizadas por Panthera a lo largo del continente (i.e. Petracca et al. 2014) se ha notado que el efecto de la cercanía a los poblados no es tan alto como originalmente se planteó por los autores mencionados. Igualmente, se disminuyeron los valores de costo con respecto a la distancia a caminos principales, dado que con los datos de cámaras hemos podido confirmar no solo la presencia de algunas especies en las cercanías de las carreteras principales (incluido el jaguar), sino también el cruce de algunas de ellas. El embalse tuvo un valor de 99,999 para el escenario (2) de barrera completa y de "6" (igual al de cuerpo de agua) para el escenario (3) barrera semipermeable.

**Cuadro 2**. Valores de costo asignados a las variables en las superficies de costo.

Uso de suelo	Costo				
Área quemada	8				
Bosque	0				
Cuerpo de agua	6				
Cultivo agrícola	8				
Cultivo de bambú	7				
Cultivo de banano	7	Elevación (m)	Costo	Distancia a camino	Costo
Cultivo de omamentales	8	0-1000	0	de lastre (m)	
Cultivo de piña	8	1000-2000	2	0-100	2
Deslizamiento	9	2000-3000	7	100-3000	1
Herbazal	7	(A. 10.00 (A. 10		3000-10000	0
Herbazal acuático	5	3000-5000	10	3000-10000	0
Herbazal arbolado	5	Pendiente	Costo	Distancia a ríos	Costo
Herbazal arbolado acuático	5	(grados)	COSCO	(m)	
Herbazal pantanoso	5	0-30	0	0-500m	0
Infraestructura	10	100			
Laguna de oxidación	7	30-45	2	500-1000m	1
Matorral	3	45-60	4	1000+	2
Matorral arbolado	2	60-90	6		
Matorral arbolado de frutales	3			Distancia a	Costo
Piscicultura	7	Distancia a	Costo	poblados (m)	
Plantación de café	7	carreteras		0-2000	6
Plantación de café con sombra	5	(m)		2000-4000	3
Plantación de caña de azúcar	8	0-100	10	4000-8000	1
Plantación de chancho	5	100-3000	6	8000+	0
Plantación de citricos	7	3000-10000	2		
Plantación de macadamia	7				
Plantación de palma de aceite	5	10000-20000			
Plantación de pejibaye	8	20000+	0		
Plantación de pipa	8	fue.			
Plantación forestal	5				
Plantación de frutales	7				
Playón	1				
Terreno agrícola en preparación	8				
Terreno descubierto	S				

Tras realizar la clasificación del uso de suelo antes y después de la represa y la creación de cuatro superficies de costo (una para cada escenario), se utilizó Linkage Mapper, Build Network y MapLinkages de ArcGIS10.1. Estas extensiones se usaron para modelar los corredores de menor costo entre los parches de bosque de al menos 50 hectáreas, para cada uno de los escenarios.

Finalmente, se utilizó la herramienta Centrality Mapper para calcular el índice de centralidad de los parches de bosque en cada escenario. Un parche de bosque con un alto índice de centralidad tiene más corredores de menor costo que pasan a través de él en comparación con un parche de bosque con un índice de centralidad más bajo, lo que significa que el de mayor valor es más "central" para la conectividad del paisaje. Se

resaltaron los cinco parches de bosque con los índices de centralidad más altos para cada escenario y se designaron como los parches de bosque prioritarios.

#### IV. Cámaras-trampa

#### a. Uso de hábitat

Se evaluó el uso del hábitat de los mamíferos medianos y grandes en el SBBD en la UCJ-CVC. Con base en los datos de estas dos áreas se estimó el uso de hábitat potencial para las cuadrículas no muestreadas dentro del área de estudio y para la UCJ-Talamanca. El área de estudio se dividió en 63 cuadrículas de 16 km² (Figura 9). Estas, a su vez se dividieron en cuatro subcuadrículas de 4 km² cada una.

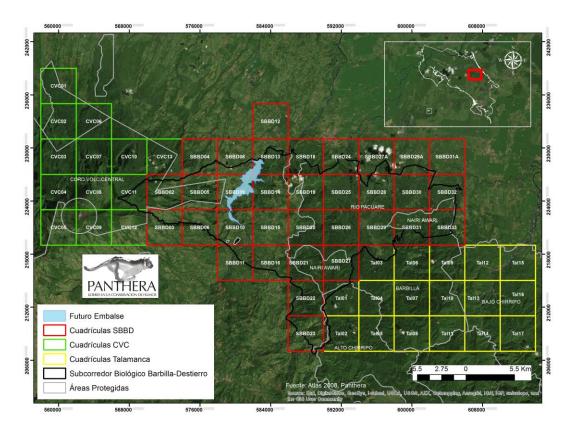


Figura 9. Cuadrículas de 16 km² en el área de estudio.

El área del SBBD se muestreó en dos bloques separados en el tiempo para poder aumentar la densidad de cámaras-trampa en cada uno. Cada bloque se muestreó durante tres meses, el primer bloque (14 cuadrículas y 56 cámaras) del 1º de octubre del 2013 al 10 de enero del 2014 y el segundo (16 cuadrículas y 64 cámaras) del 28 de enero al 12 de mayo del 2014. Por su parte en la UCJ-CVC se establecieron 13 cuadrículas y 52 cámaras trampa del 23 de enero al 23 de abril del 2015 (Figura 10). Las cámaras se colocaron en dos de las cuatro subcuadrículas que componen cada cuadrícula. Esto

garantizó una distribución uniforme de las cámaras a lo largo de cada bloque. Cada subcuadrícula tuvo dos cámaras (Figura 11). Las cámaras se colocaron en zonas boscosas. Una de las cámaras se colocó en un sendero hecho por el ser humano (si estaba presente) y la otra se colocó fuera de senderos hechos por el hombre (senderos de caza, filas de las montañas, orillas de ríos, etc.).

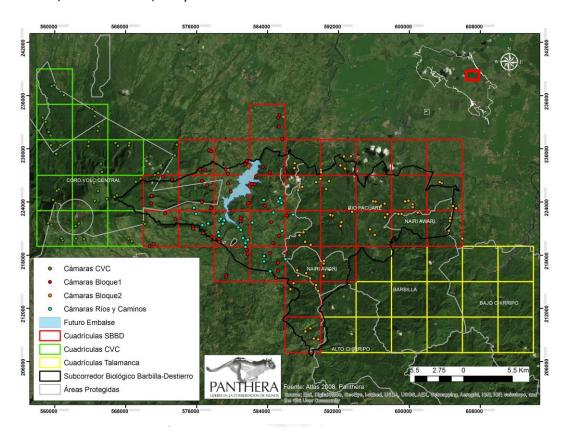
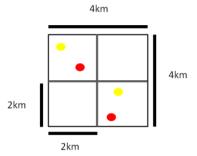


Figura 10. Cámaras de la UCJ-CVC, SBBD (bloques 1 y 2), Cuerpos de agua y Caminos.



**Figura 11.** Esquema gráfico de las cuadrículas de 16 km² y subcuadrículas de 4 km² y la distribución planeada de las cámaras. \* Los puntos rojos representan las cámaras en los senderos hechos por el hombre y los puntos amarillos son cámaras colocadas fuera de los senderos hechos por el hombre.

Las cámaras trampa utilizadas eran digitales y de la marca Panthera V3, V4 y V5<sup>®</sup>. Dichos dispositivos son sensibles al calor en movimiento, esto quiere decir que se activan cuando un cuerpo con temperatura diferente a la ambiental pasa frente de la cámara.

Se capacitó (en tres talleres) a un grupo de ocho personas de diferentes comunidades alrededor del SBBD, tanto en el manejo de las cámaras como en otros aspectos de monitoreo (caminos, recolección de muestras, etc.) (Anexo 11). Su ayuda fue fundamental para buscar los mejores sitios en cada cuadrícula para la ubicación de las cámaras trampa. Las cámaras se colocaron en los sitios que tuvieran la mayor posibilidad de registrar mamíferos medianos y grandes, basado en señas de la presencia de los animales, en el conocimiento de los baquianos y en el criterio de experto. Cada cámara fue colocada a una altura entre 40 y 50 cm desde el suelo, se fijaron en un árbol, se programaron para funcionar las 24 horas del día y sin tiempo de espera entre eventos. En cada estación se colocó un rótulo donde se advierte sobre la presencia de la cámara y su finalidad. Finalmente cada estación fue georreferenciada mediante un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés). Las cámaras fueron revisadas una vez al mes para guardar las fotografías, hacer cambio de baterías y asegurarse que estuvieran funcionando correctamente.

#### b. Cola del Embalse

Se determinó la presencia de mamíferos medianos y grandes en el área de la cola del futuro embalse del PHR (en adelante Cola del Embalse) dentro del SBBD. Esta área abarca principalmente la zona en donde el cauce del Río Reventazón tendrá su tamaño actual, sin embargo, el muestreo se extendió considerablemente alrededor de esta área para poder tener una mejor representación de la situación de los mamíferos medianos y grandes de la zona (Figura 12). Para este monitoreo se capacitó a dos personas de la localidad que han sido parte del equipo de trabajo. Se utilizaron 38 cámaras trampa marca Panthera V3, V4 y V5®. Las cámaras registraron datos por 16 meses, desde octubre del 2013 hasta enero del 2015 (a excepción de las Lagunas Bonilla y Bonillita que se empezaron a muestrear a partir de agosto del 2014). Estas cámaras son las mismas utilizadas para el monitoreo de Cuerpos de agua y de Caminos (ver sección más adelante), solo que para el análisis de la Cola del Embalse se fusionaron todos los datos, mientras que los análisis específicos relacionados a Cuerpos de Agua o Caminos se hicieron por aparte. Se identificaron los individuos de felinos manchados para describir sus movimientos en la zona de la cola del embalse.

#### c. Cuerpos de agua

Se investigó la presencia de los mamíferos medianos y grandes en los márgenes de 25 cuerpos de agua en el SBBD (Cuadro 3). En esta área se seleccionaron las principales

nacientes, quebradas, ríos y lagunas. En estos cuerpos de agua se instaló una cámara a menos de 10 m del cauce. En total se instalaron 30 cámaras trampa. (Figura 12).

**Cuadro 3.** Principales cuerpos de agua donde se determinó la presencia de mamíferos medianos y grandes.

Principa	lles cuerpos de agua evalua	dos	
Al oeste	e del Reventazón	Al este	del Reventazón
1.	Naciente Cerro	1.	Río Calvario
2.	Quebrada Trapiche	2.	Río Reventazón
3.	Quebrada Linda	3.	Quebrada La Moncha
4.	Quebrada Hermosa	4.	Quebrada Patincho
5.	Laguna Silvino	5.	Quebrada Colombiano
6.	Río Bonilla	6.	Laguna Colombiano
7.	Quebrada Caño	7.	Quebrada Planche
8.	Quebrada Puente	8.	Quebrada Tista
9.	Quebrada Roy	9.	Quebrada Terciopelo
10.	Quebrada Mapaches	10	. Laguna Lankaster
11.	Laguna Bonilla*	11	. Quebrada Grisones
12.	Laguna Bonillita*	12	. Río Pacuare
*muestr	eo inició el 30-8-2014	13	. Laguna Miura

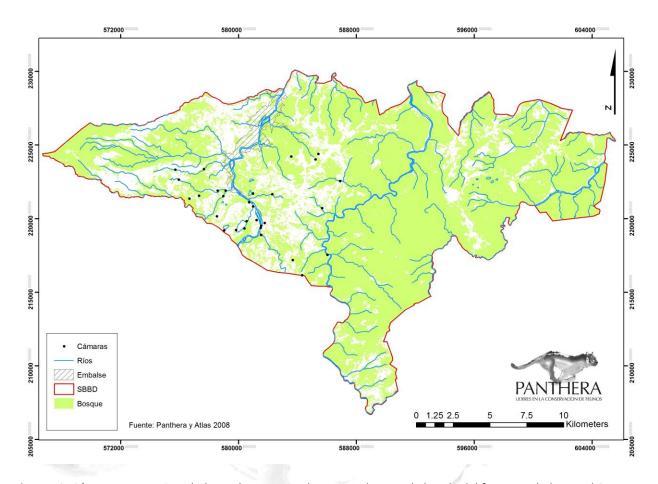


Figura 12. Cámaras trampa instaladas en los cuerpos de agua en la zona de la cola del futuro embalse en el SBBD.

Para identificar si había movimiento de individuos de felinos manchados a lo largo de los cuerpos de agua, se instalaron varias cámaras en: Río Reventazón, Quebrada Hermosa, Quebrada Caño, Laguna Bonilla y Quebrada La Linda. En el resto de los cuerpos de agua solo se instaló una cámara.

#### d. Caminos

Se determinó la presencia de mamíferos medianos y grandes en los dos principales caminos (Ruta 415 y Ruta 10) del SBBD (Figura 13), mediante cámaras trampa.

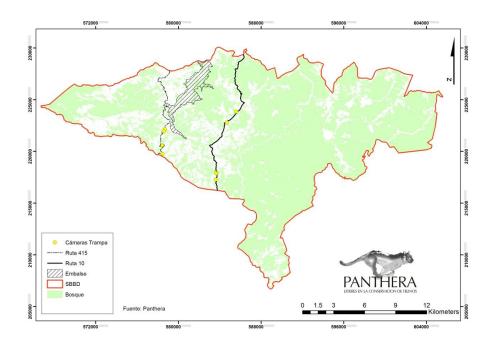


Figura 13. Ubicación de las Rutas 415, Ruta 10 y las cámaras trampa en cada una de ellas.

Se instalaron un total de 9 cámaras trampa, cuatro en la Ruta 415 y cinco en la Ruta 10. Las cámaras se colocaron en los márgenes del camino a una distancia menor de 20 m, en puntos identificados anteriormente (Araya-Gamboa y Salom-Pérez 2013) como sitios de cruce de animales. Se colocó solo una cámara por sitio.

#### Monitoreo de pasos Aéreos Ruta 415

También se monitorearon los dos pasos de fauna aéreos instalados por el ICE en la Ruta 415, uno en la Quebrada la Hermosa y otro en la Quebrada La Linda. El monitoreo se ha realizado mediante cámaras trampa instaladas en los dos extremos de cada paso. Las cámaras trampa utilizadas fueron marca Panthera V3, V4, Bushnell y Reconyx. En la Quebrada La Hermosa el monitoreo inició en noviembre del 2014 hasta junio del 2015, momento en el cual uno de los árboles de soporte se cayó y el monitoreo no se pudo continuar debido a que el paso no fue reinstalado. En la Quebrada La Linda el monitoreo inició el 8 de abril del 2015 y se presentan los datos hasta octubre del 2015.

#### e. Franjas de Bosque

Como parte de las acciones de mitigación planteadas por el PHR se comprarán y reforestarán los terrenos alrededor del futuro embalse, de un ancho de al menos 50 m (ICE 2008; Expediente Setena No.0331-08). Esto pretende servir como un área de protección del embalse y a su vez un potencial corredor para la vida silvestre. Sin

embargo, no está claro si esta franja de bosque será funcional para todas las especies de mamíferos medianos y grandes, en especial para las más sensibles a la perturbación.

Con el fin de poder evaluar la eficacia de esta franja como un corredor para los mamíferos medianos y grandes se colocaron 12 cámaras trampa (Panthera V3, V4 y Reconyx) en seis franjas de bosque dentro del SBBD. La mayoría de ellas están asociadas a un río, quebrada o laguna, en donde la cobertura boscosa es de un ancho relativamente pequeño pero continuo a lo largo de varios kilómetros (tal y como se espera que suceda en la futura franja de bosque asociada al embalse) (Figura 14).



Figura 14. Ejemplo de la ubicación de las cámaras-trampa (punto verde) en franjas de bosque en el SBBD.

#### f. Análisis de datos con cámaras-trampa

#### 1. Análisis generales

Se estimó el número de días trampa, con base al número de cámaras y a los días que estuvieron activas cada una. Las especies en las fotografías se identificaron por aspectos físicos como tamaño, color y forma. En el caso de los felinos manchados es posible la identificación individual por medio de las manchas en su pelaje (comparando el mismo lado de los diferentes individuos). Los datos fueron ordenados en una base de datos de Excel®, en donde se registró la especie, el día, la hora y el número de individuos de cada fotografía.

Posteriormente, se calculó el número de registros fotográficos por cada 1,000 díastrampa como un índice de abundancia relativa (IAR). Esto se realizó aplicando la fórmula: IAR= número de foto capturas por especie/1,000 días-trampa. En donde un día trampa (también llamado noche trampa) es un período de 24 horas. Se calculó el IAR para los animales captados dentro del SBBD (sólo muestreo de bloques) y aparte para la UCJ-CVC.

Con base en los registros de cámaras trampa de Panthera en el 2012 (Salom-Pérez et al. 2013), y de la presente investigación (datos de bloques, cuerpos de agua y caminos), se realizaron mapas de distribución de algunas especies presa sólo dentro del SBBD. Asimismo, se generaron mapas de los registros de las cinco especies de felinos registradas en el SBBD (el tigrillo -Leopardus tigrinus- no fue registrado en el SBBD sólo en la UCJ-CVC). En el caso del jaguar, puma (Puma concolor) y manigordo (L. pardalis) también se incluyeron en los mapas los registros de heces recolectadas del 2010 a la fecha (verificados genéticamente).

#### Selección de hábitat

Se hicieron historias de detección ("1"=detectado, "0"=no detectado, "-"=cámara inactiva) por cuadrícula por cada ocasión de muestreo (1 ocasión= 3 semanas) para estimar el uso de hábitat de las siguientes especies, categorizadas como prioritarias para el monitoreo del presente proyecto: jaguar, puma, manigordo, yaguarundi, caucel, danta (*Tapirus bairdi*), chancho de monte (*Tayassu pecari*), saíno (*Pecari tajacu*), cabro de monte (*Mazama temama*) y tepezcuintle (*Cuniculus paca*). También se intentó hacer el análisis para el tigrillo (*L.tigrinus*). Los datos utilizados para este análisis son los de bloques del SBBD y los de la UCJ-CVC (aproximadamente 3 meses en cada sitio).

Si bien es cierto que aquellas especies cuyo ámbito de hogar es menor a las cuadrículas (16 km²) este análisis lo que mide es su la probabilidad de ocupación en cada cuadrícula, para efectos de este reporte nos referiremos a este análisis como probabilidad de selección o uso de hábitat indiferentemente.

El análisis de uso de hábitat (utilizando modelos de ocupación) se hizo con el programa R (R Core Team 2015) y el software RStudio (Version 0.98.1103). Los paquetes utilizados en el análisis incluyeron: "unmarked" (Fiske y Chandler 2011), "Hmisc" (Harrell et al. 2015), "detect" (Solymos 2014), "AlCcmodavg" (Mazerolle 2015) y "MuMIn" (Barton 2015). Se modeló cada especie por separado en una sola temporada (single season), siguiendo lo propuesto por MacKenzie et al (2002). Se evalúo la variación en el uso del hábitat como una función de 16 covariables espaciales (Cuadro 4). Todas las covariables fueron normalizadas utilizando una transformación de "Z", a excepción de la que se presentaban como una proporación (ver Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Covariables utilizadas para modelar la variación en el uso de hábitat de las especies.

Covariable	Descripción	Fuente
Bosque Primario	Proporción de bosque primario en cada cuadrícula	Imágenes Landsat 8, 2015 (Landsat 5, 2001 para las zonas con nubes).
Bosque	Proporción de bosque primario y secundario en cada cuadrícula	Imágenes Landsat 8, 2015 (Landsat 5, 2001 para las zonas con nubes).
Cobertura del dosel	Proporción de la cobertura del dosel en cada cuadrícula	MOD 44B (DiMiceli et al. 2011)
Producción Neta Primaria (NPP)	Productividad promedio en cada cuadrícula	MOD 17 (Running et al. 2004)
Producción Bruta Primaria (GPP)	Productividad promedio en cada cuadrícula	MOD 17 (Running et al. 2004)
Índice de vegetación de diferencia normalizada (normalized difference vegetation index -NDVI)	Índice promedio en cada cuadrícula	MODIS Daily NDVI (Promedio diario del 2013-2014)
Índice de vegetación mejorado (enhanced vegetation index -EVI)	Índice promedio en cada cuadrícula	MODIS Daily EVI (Promedio diario del 2013-2014)
Elevación	Elevación promedio en cada cuadrícula	SRTM 30m
Índice Topográfico de la Escabrosidad (Topographic Ruggedeness Index-TRI)	Índice promedio en cada cuadrícula	SRTM 30m
Precipitación	Precipitación promedio en cada cuadrícula	WorldClim (Hijmans et al. 2005)
Distancia a poblados	Distancia promedio a poblados en cada cuadrícula	Atlas Digital de Costa Rica 2014 y verificación con Google Earth y de campo
Distancia a Ríos	Distancia promedio a ríos en cada cuadrícula	Atlas Digital de Costa Rica 2014, escala 1:200,000
Distancia a Caminos Principales	Distancia promedio a caminos principales en cada cuadrícula	Atlas Digital de Costa Rica 2008

Distancia	а	Caminos	Distancia promedio a Atlas Digital de Costa
Vecinales			caminos vecinales en Rica 2008
			cada cuadrícula
Distancia	а	Áreas	Distancia promedio a Atlas Digital de Costa
Protegidas			áreas protegidas en Rica 2008
			cada cuadrícula
Distancia a	Uni	dades de	Distancia promedio a Panthera
Conservació	n de	l Jaguar	Unidades de
			Conservación del
			Jaguar en cada
			cuadrícula

Para obtener la información de cada una de las covariables se utilizó el software Arc Map 10.1. (ESRI®). Se hizo un buffer de 4 km a las cuadrículas para seleccionar solamente los poblados que se encontraran dentro de las cuadrículas o de este buffer. Se asumió que los poblados que están a 4 km o menos son los que pueden tener una mayor influencia sobre los mamíferos medianos y grandes presentes en el área de estudio. A esta capa de poblados seleccionados se le hizo una verificación con Google Earth (sólo los puntos en donde hubieran al menos 5 casas eran considerados poblados, de lo contrario no eran tomados en cuenta). También se usó el conocimiento en campo para algunos puntos en donde se sabía que no existía un pueblo como tal a pesar de que estuviera en la capa utilizada (Atlas 2008).

Para calcular la distancia promedio de cada cuadrícula a poblados, caminos principales, caminos vecinales, ríos, áreas protegidas y UCJs se utilizó la herramienta "Euclidean distance". Posteriormente, se usó "Zonal Statistics as Table" para obtener las estadísticas por cuadrículas de todas las capas.

Todas las covariables fueron modeladas de forma independiente para cada especie. Se utilizó el Criterio de Información de Akaike con la corrección para muestras pequeñas (AICc) para clasificar los modelos. Para el modelo final se consideraron sólo los modelos con un Delta AICc  $\leq$  4 y que tuvieran un valor Delta AICc mayor al modelo nulo (Burnham y Anderson 2004). Se usó el software R para ver cuáles de estas covariables estaban correlacionadas. Aquellas que tuvieran un R  $\geq$  0.60 significativo no fueron seleccionadas juntas para el modelo final (se mantuvo la que tuviera un Delta AICc menor).

Los modelos seleccionados para cada especie se evaluaron con la prueba de bondad de ajuste con la estadística de Chi-cuadrado de Pearson y 500 repeticiones (bootstraps) paramétricas (MacKenzie y Bailey 2004, Mazerolle 2015). Si existía evidencia de sobre dispersión (c-hat > 1.0), este valor c-hat se incorporó en un factor de inflación de la varianza para ajustar el valor AICc del modelo y el error estándar (MacKenzie y Bailey

2004). Posteriormente, se utilizó la herramienta "ranef" del paquete de R "unmarked" (Fiske y Chandler 2011) para estimar el psi condicional para las unidades de muestreo (cuadrículas) en donde hubo cámaras. Finalmente, se utilizó la herramienta "predict" para estimar el psi incondicional ("unconditional") para las cuadrículas que no fueron muestreadas (incluyendo la totalidad de las cuadrículas de la UCJ-Talamanca). Estos psi (condicional e incondicional) se utilizaron para graficar la probabilidad de uso de hábitat para cada especie. En el caso de los modelos con más de una covariable seleccionada, éstas se promediaron utilizando el peso de cada modelo simple. La probabilidad de detección se mantuvo constante para todos los modelos.

# 3. Índice de Integridad Ecológica

Con el fin de tener una medida de la riqueza de las especies de mamíferos medianos y grandes se generó un Índice de Integridad Ecológica (IIE). Este se calculó de la siguiente manera: primero se generó una lista de las especies de mamíferos medianos y grandes terrestres esperados en el SBBD y la UCJ-CVC y se les asignó una puntuación con base en su relación a bosque, hábitats semi-alterados, y alterados y las presiones humanas asociadas (-1: asociada a hábitats semi-alterados y alterados; 1: asociada a bosques y hábitats semi-alterados, 2: asociada a bosque, 3: muy asociado a bosque, 4: extremadamente asociado a bosque) (Anexo 1). Esta asignación para cada especie se hizo basada en la bibliografía y en la experiencia de Panthera en estudios en Costa Rica, pero principalmente en el SBBD. Posteriormente, se calculó el valor máximo que da el sumar todas las especies esperadas que tienen una puntuación positiva (34 puntos). Este valor se usó como el divisor para calcular el IIE en cada uno de los casos:

valor observado = IIE valor máximo

De esta manera entre más cercano a "1" sea el valor del índice, mayor será la integridad ecológica del sitio. Se calculó el IIE para todo el SBBD y para cada una de los sectores definidos en el Plan Maestro para Mitigar los Efectos del PHR; sector 1: del límite oeste del SBBD al Río Reventazón, 2: del Río Reventazón al Río Pacuare, 3: del Río Pacuare al límite este del SBBD (ICE 2013). Asimismo, se estimó el índice para el área muestreada de la UCJ-CVC. También se calculó el IIE para cuatro categorías, según el porcentaje de bosque de cada cuadrícula (16 km²) del SBBD; 1: 0-25% de bosque, 2: 25-50%, 3: 50-75% y 4: 75-100%. Para el cálculo de estos índices se usaron tanto los datos de los bloques como los de ríos y caminos. Debido a que el número de días trampa era desigual para cada sector y para cada categoría de porcentaje de bosque, se eliminaron cámaras de

manera aleatoria hasta lograr un equilibrio en el número de días trampa en cada sector; equiparación del esfuerzo de muestreo.

### 4. Movimientos de caucel, manigordo y jaguar

Se hizo un análisis descriptivo del movimiento de los individuos de los felinos manchados a lo largo del SBBD. Estos fueron identificados por medio de sus manchas. Debido a que sólo se contó con una cámara por sitio, se identificaron únicamente los individuos de un solo lado (se escogió el lado con mayor número de individuos para cada especie). Se calcularon las distancias máximas recorridas (cuando había más de una captura del individuo) y el mínimo polígono convexo (cuando habían más de dos capturas de los individuos). En este análisis se utilizaron los registros de todas las cámaras del SBBD (bloques, cuerpos de agua y caminos).

Para los manigordos se calculó la densidad por medio de un modelo de captura-recaptura espacialmente explícito para población cerrada. El ajuste del modelo se hizo mediante le paquete de R SECR versión 2.8.2 (Efford *et al.* 2009). Se utilizaron los datos de todas las cámaras del SBBD.

#### 5. Cola del Embalse

Para determinar la presencia de mamíferos medianos y grandes en la zona de la cola del embalse se fusionaron los datos generados por las 38 cámaras de Cuerpos de Agua y de Caminos. Se calculó la curva de acumulación de especies, se identificó la presencia de especies prioritarias y se identificaron los individuos de felinos manchados para registrar sus movimientos específicamente en la Cola del Embalse.

### 6. Cuerpos de agua

Para el análisis en cuerpos de agua se contabilizó el número de especies de mamíferos medianos y grandes. Se calcularon los Índices de Diversidad y de Equidad (Shannon y Weaver 1949), así como el Índice de Integridad Ecológica por cuerpo de agua y el IAR por especie.

Se hizo una comparación entre las cámaras colocadas en los márgenes de cuerpos de agua vs. aquellas que no estuvieran asociadas a cuerpos de agua en el mismo periodo (dentro del muestreo en bloques del SBBD) y que se ubicaran dentro de una misma cuadrícula de 16 km². Para realizar la comparación se utilizan solo cámaras en la zona de la cola del embalse y solo los datos del 28 octubre del 2013 al 8 enero del 2014 y del 14 febrero al 17 marzo del 2014 en ambos casos, con el fin de estandarizar el esfuerzo de

muestreo. Se utilizaron un total de 26 cámaras en cuerpos de agua y 27 cámaras en sitios sin cuerpos de agua (muestreo del SBBD en bloques).

Para comparar la riqueza de las comunidades de mamíferos medianos y grandes entre sitios con cuerpos de agua y sin éstos, se estimaron las riquezas para ambas condiciones. La riqueza se estimó mediante datos de detección/no detección usando un estimador de Jacknife (Burnham y Overton 1978, Nichols *et al.* 1998). El análisis se realizó mediante el software COMDYN (Hines *et al.* 1999).

#### 7. Caminos

Se contabilizó el número de especies y de registros de éstas, en ambos caminos. Se calcularon los Índices de Diversidad y de Equidad (Shannon y Weaver 1949), así como el IIE (Salom-Pérez et al. 2014a) por sitio y el IAR por especie.

También se contabilizaron las especies de felinos que fueron fotografiadas, así como el número de individuos (en el caso de felinos manchados) y se resaltaron los sitios donde se identificó el cruce del camino por felinos.

Finalmente, también se identificaron las especies de mamíferos registradas en los pasos de fauna aéreos.

# 8. Franjas de Bosque

Se realizó un análisis descriptivo de las especies encontradas en las franjas de bosque. Se calculó el número total de días trampa, el número de especies y el IAR total. No fue posible detectar el movimiento de individuos de felinos manchados a través de las franjas debido a que sólo se logró la identificación clara de un caucel y de un manigordo.

## V. Variabilidad Genética de jaguar y puma

Con el fin de determinar la variabilidad genética y los movimientos de jaguar y puma en las Unidades de Conservación del Jaguar de Costa Rica, Panthera ha colectado muestras biológicas (heces, pelo y otros tejidos) de estos felinos.

Las muestras fueron colectadas cuando eran encontradas por los investigadores o asistentes de campo en varias giras de los proyectos de Panthera desde el año 2010. Para este estudio se realizó una mayor cantidad de giras del 2013 a la fecha en el área del SBBD y las áreas protegidas que conecta; en la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca. Para aumentar la probabilidad de localizar muestras fecales, se utilizó un perro detector (de nombre Google) de raza Braco Alemán, el cual ha sido entrenado para localizar heces de felinos por la organización Hablemos de Perros® (Figura 15). El perro

fue acompañado por un equipo compuesto por un manejador y un investigador. Se realizaron búsquedas a lo largo de caminos, senderos y fuera de ellos, sitios de uso probable por el jaguar y puma, tales como bordes de ríos y senderos de animales. Algunas muestras fueron colectadas de individuos en cautiverio y especímenes de museo. Las muestras fueron colectadas en bolsas plásticas y etiquetadas con la siguiente información: código de la muestra, localización geográfica (coordenadas), fecha, lugar y colector. Las muestras fueron almacenadas en un congelador hasta su procesamiento. Para este informe también se incluyen muestras enviadas por otros investigadores y colaboradores (ver sección de Agradecimientos).



**Figura 15.** "Google" el perro detector de heces de Panthera buscando muestras de felinos (izquierda) y marcando una muestra sentándose junto a ella (derecha).

Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los protocolos estandarizados en el Centro de Genética de la Conservación y el Programa Global de Genética de Felinos del Instituto Sackler de Genómica Comparativa en el Museo de Historia Natural (AMNH, por sus siglas en inglés) de Nueva York, EE.UU. La extracción de ADN a partir de heces, tejidos, huesos, etc. de los felinos se realizó con QIAamp DNA Stool Mini Kit (QIAGEN) con modificaciones por Simone Loss Chaves, Isabela Dias y Cristina Pomilla. Esta fue realizada por el equipo de trabajo del Laboratorio de Genética para la Conservación de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

La identificación molecular, incluyendo la identificación de especies, identificación individual, identificación de género y la matriz de parentesco, fue realizada por el AMNH. Esta se realizó por medio de la secuenciación de siete pares de marcadores de ADNmt. En total se amplificaron cinco regiones mitocondriales. Estos iniciadores fueron amplificados por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) a partir del ADN extraído siguiendo las condiciones respectivas (Anexo 2).

Los productos del PCR fueron visualizados en un gel de agarosa 1,5% con SYBR Safe (Invitrogen). Se purificaron 10µl de producto de PCR con el protocolo de limpieza de AngecourtAMPure XP (BeckmanCoulter). Se utilizó 1µl de PCR purificado para la secuenciación con BigDyeTerminator v3.1 (AppliedBiosystem), y luego fue purificado con AgencourtCleanSeq (BeckmanCoulter) en una estación de automatización de trabajo de laboratorio Biomek FX. Luego el producto fue visualizado y analizado en el Analizador Genético 3730xl (AppliedBiosystems).

Las secuencias fueron verificadas visualmente y corregidas manualmente utilizando Sequencher 4.9. Luego fueron alineadas con Geneious Pro 5.3.6, junto con secuencias de referencia a partir de sangre y heces de felinos de zoológicos o de carnívoros simpátricos de GenBank, NCBI (por sus siglas en inglés, Centro Nacional de Información Biotecnológica). Luego se realizó un análisis de NeighborJoining para inferir el origen de las muestras. Las muestras que se agruparon con las secuencias de referencia se consideraron diagnóstico en cuanto a la identificación de especies. Aunque se obtuvieran secuencias que no fueran completamente idénticas a las secuencias de referencia, se identificaron especies cercanamente relacionadas al construir el árbol filogenético o a partir de secuencias de bases de datos. También se compararon con las entradas en el GenBank utilizando el programa BLAST (NCBI) para identificar fragmentos de ADN de alta similitud.

Para la amplificación de los microsatélites y el análisis genotípico se usaron 12 loci polimórficos de microsatélites (Menotti-Raymond y O'Brien 1995; Menotti-Raymond et al 1999) dispuestos en cinco reacciones multiplex PCR (múltiplex 1 - FCA032, FCA100, FCA124; multiplex 2 - FCA126, FCA212, FCA229; multiplex 3 - FCA096, FCA132, FCA275; múltiplex 4 - FCA075, FCA208; múltiplex 5 - FCA225). El multiplex 1 consistió de 10 μL 1 x Qiagen Master Mix concentrado (Qiagen, Inc., Valenica, CA, USA), 4.4 µL de primers (primers) (0.4μM para FCA032, 0.6μM para FCA100, 0.1μM para FCA124), 2.0 μL de 0.5 x Qiagen Q solución concentrada (Qiagen, Inc., Valencia, CA, USA), 0.6 μL H2O, y 3.0 μL de extracto de ADN. El multiplex 2 consistió de 10 µL 1 x Qiagen Master Mix concentrado (Qiagen, Inc.), 2.4 µL de primers (0.2µM para FCA126, 0.2µM para FCA212, 0.2µM para FCA229), 2.0 μL de 0.5 x Qiagen Q solución concentrada (Qiagen, Inc.), 0.6 μL H2O, y 5.0 μL de extracto de ADN. El multiplex 3 consistió de 10 μL 1 x Qiagen Master Mix concentrado (Qiagen, Inc.), 2.4 μL de primers (0.2μM para FCA096, 0.2μM para FCA132, 0.2μM para FCA275), 2.0 μL de 0.5 x Qiagen Q solución concentrada (Qiagen, Inc.), 0.6 μL H2O, y 4.0 μL de extracto de ADN. El multiplex 4 consistió de 10 μL 1 x Qiagen Master Mix concentrado (Qiagen, Inc.), 4.0 µL de primers (0.2µM para FCA075, 0.8µM para FCA208), 2,0 μL de 0.5 x Qiagen Q solución concentrada (Qiagen, Inc.), y 3.0 μL de extracto de ADN. El multiplex 5 consistió de 10 µL 1 x Qiagen Master Mix concentrado (Qiagen, Inc.), 3.0 µL

de primers (0.8 $\mu$ M para FCA225), 2,0  $\mu$ L de 0.5 x Qiagen Q solución concentrada (Qiagen, Inc.), 1.8  $\mu$ L H2O, y 3.0  $\mu$ L de extracto de ADN.

Se llevaron a cabo amplificaciones de PCR de microsatélites comenzando con una etapa de desnaturalización inicial de 15 min a 95 °C; seguido por 13 ciclos de 30 s a 94 °C para la desnaturalización, 1.5 min a 60.4 °C para el multiplex 1, 62.4 °C para el multiplex 2, 59.4 °C para multiplex 3 y 4, 57.4 °C para el múltiplex 5 con una disminución en temperatura de hibridación de 0.3 °C en cada ciclo, y 1 min de elongación a 72 °C; seguido por 32 ciclos de 30 s a 94 °C para la desnaturalización, 1.5 min a 58 °C durante el multiplex 1, 60 °C durante el multiplex 2, 57 °C durante el multiplex 3 y 4, 55 °C durante el multiplex 5 para el recocido, y 1 min de elongación a 72 °C; y 30 min a 58 °C durante el multiplex 1, 60 °C durante el multiplex 2, 57 °C durante multiplex 3 y 4, 55 °C durante 5 múltiplex para la elongación final. Un negativo de PCR fue incluido en cada grupo de reacciones PCR para el control de la contaminación.

Se identificó el sexo de las muestras utilizando un conjunto de primers ZF-1F/ZFX-1R y ZFY-2F/ZF-2R desarrollados para tigres (*Panthera tigris*) (Wei *et al.* 2008). Las reacciones de PCR se realizaron utilizando reacciones de 25  $\mu$ L incluyendo 0.60  $\mu$ L de cada 0.25  $\mu$ M primer, 5  $\mu$ L de ADN molde, y una cama de PCR illustraTMpuReTaqReady-To-Go (GE Healthcare, Piscataway, Nueva Jersey, EE.UU.).

Los primers se marcaron fluorescentemente y se visualizaron los productos del PCR utilizando un analizador de ADN ABI 3730xl (AppliedBiosystems ™, Carlsbad, CA, EE.UU.). Los genotipos se identificaron utilizando el software GeneMapper, versión 5.0 (AppliedBiosystems ™, Carlsbad, CA, EE.UU.). Para finalizar el genotipo de consenso y minimizar el error de genotipificación, se utilizó un enfoque de multi-tubos (Taberlet *et al.* 1996) con un mínimo de 4 repeticiones para cada múltiplex de microsatélites y por muestra de felino analizada. Para confirmar la identificación individual y evaluar el poder de resolución de los 12 loci microsatélites, se utilizó GIMLET, versión 1.3.3. (Valiere 2002) para calcular las probabilidades de identidad (P(ID)), y la probabilidad de identidad entre hermanos(P(ID)sibs).

#### Análisis de Datos de Genética

Se estimó la diversidad genética para jaguares y pumas en un solo loci, y a través de todos los loci mediante el cálculo del número de alelos (NA) y la estimación de heterocigosidad observada (HO) y esperada (HE), y el índice de fijación/endogamia (FIS) usando GenAlEx, versión 6.41 (Peakall y Smouse 2006). Adicionalmente, se determinó la riqueza alélica (AR) utilizando el método de rarefacción con HP-RARE, versión 1.0 (Kalinowski 2005). El Equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE) fue evaluado usando

GENEPOP, versión 4.0 (Raymond y Rousset 1995). Además, se estimó la relación de pares individuales para jaguares y pumas en Costa Rica, que incluía las clases no relacionadas (U), medio-hermanos (HS), hermanos de padre y madre (FS) y padres e hijos (PO), en ML-RELATE (Kalinowski et al., 2006). Si bien estos parámetros no son garantía de que esa es la relación exacta entre dos individuos, si indica de alguna manera si hay un parentesco cercano o no.

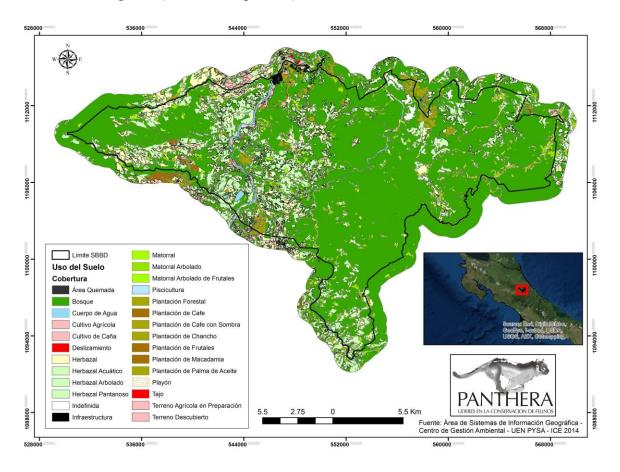
Para determinar la estructura genética de jaguar, se utilizaron tres enfoques diferentes: (1) análisis de agrupamiento espacial y no espacial y Bayesiano implementado en STRUCTURE, versión 2.3.4 (Pritchard et al 2000), utilizando el método Delta K (Evanno et al 2005) en STRUCTURE-HARVESTER (Earl y Vonholdt 2012), (2) el análisis de agrupamiento Bayesiano espacial en GENELAND, versión 4.0.3 (Guillot et al. 2005) en R, versión 3.1.3 (R Core Team 2015), y (3) un método de ordenación multivariable (análisis de componentes principales, PCA) en Adegenet, versión 1.4.2 (Jombart 2008) en R, versión 3.1.3 (R Core Team 2015).

También se examinó el aislamiento por distancia (EII) para determinar si existía una correlación significativa entre pares de distancia genética (distancia genotípica codominante calculada en GenAlEx, versión 6.41; Peakall y Smouse 2006) y de distancia geográfica, mediante la aplicación de una prueba de Mantel simple con 10,000 permutaciones en EcoDist, Versión 1.2.9 (Goslee y Urban 2007) utilizando R, versión 3.1.3 (R Core Team 2015).

## **RESULTADOS**

# I. Mapa de uso de suelo

De acuerdo con la clasificación hecha, el SBBD cuenta con aproximadamente 70% de bosque (incluye bosque primario y secundario), seguido de un 18% de herbazal en sus diferentes categorías (Cuadro 5, Figura 16).



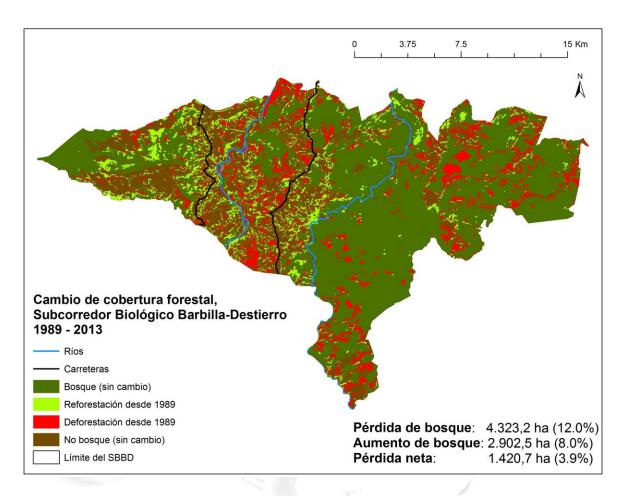
**Figura 16.** Uso de suelo en el SBBD con base en las imágenes de 2009 y 2013. Fuente: Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014.

**Cuadro 5.** Porcentaje de los distintos usos de suelo en el SBBD antes del embalse. Fuente: Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014 y Panthera.

Uso de Suelo	Porcentaje (%)
Área Quemada	0.00
Bosque	70.11
Cuerpo de Agua	0.97
Cultivo Agrícola	0.32
Deslizamiento	0.06
Herbazal	4.89
Herbazal Acuático	0.01
Herbazal Arbolado	13.45
Herbazal Pantanoso	0.02
Indefinida	0.74
Infraestructura	0.37
Matorral	1.89
Matorral Arbolado	3.40
Matorral Arbolado de Frutales	0.03
Piscicultura	0.00
Plantación de Café	0.16
Plantación de Café con Sombra	0.09
Plantación de Chancho	0.00
Plantación de Frutales	0.01
Plantación de Macadamia	0.01
Plantación Forestal	2.03
Playón	0.88
Tajo	0.00
Terreno Agrícola en Preparación	0.10
Terreno Descubierto	0.47
TOTAL	100

### II. Análisis de cambio de uso de suelo 1989-2013

La pérdida de bosque en el transcurso de esos 24 años fue de 4,323.2 ha, mientras que la ganancia representó 2,902.5 ha. La pérdida neta fue de 1,420.7 ha (Figura 17). Esta pérdida neta (equivalente a aproximadamente 1,400 canchas de futbol) de bosque en el área se debe revertir para garantizar que el corredor siga siendo funcional.



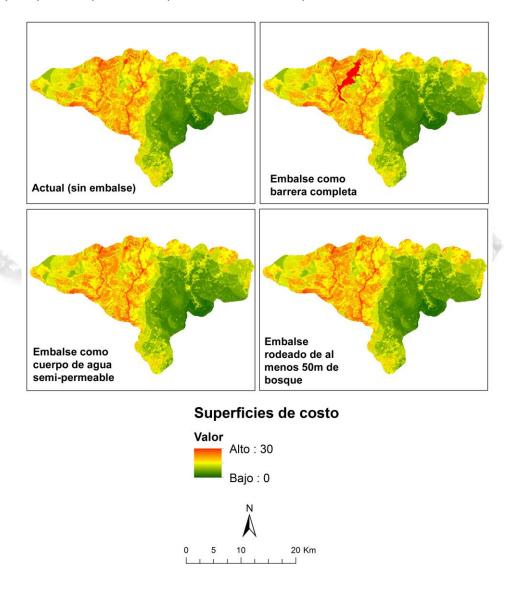
**Figura 17.** Cambio de cobertura boscosa del año 1989 al 2013 en el área del SBBD. L.Petracca/Panthera. Fuente: Imágenes Landsat 5 (31 de diciembre de 1989) y World View 1 y 2 (2009 y 2013) y Área de Sistemas de Información Geográfica - Centro de Gestión Ambiental - UEN PYSA - ICE 2014.

La pérdida de bosque se presenta a lo largo de todo el SBBD, dentro y fuera de las áreas protegidas (RFCVC, ZPRS, RFRP). Esta pérdida se presenta tanto en bloques pequeños (que podrían ser parches de bosque dentro de las fincas) y también en parches de gran tamaño. Muchas de las áreas deforestadas están asociadas a rutas de acceso (caminos, carreteras y ríos grandes). Por otro lado, la ganancia de bosque también se presenta tanto en bloques pequeños como grandes. De estos últimos, algunos no representan una recuperación de cobertura natural sino que más bien son plantaciones forestales (como por ejemplo los casos de la Finca Las Brisas, camino a Ojo de Agua, la propiedad actual del PHR que antes era sembrada por la Compañía Plywood y las plantaciones de la Compañía Heartwood Forest camino al PNB, que antes eran de laurel, pilón, botarrama y amarillón y ahora son principalmente de pino). En contraste, el cambio en la cobertura del bosque en el TINA en esos 20 años es muy pequeño.

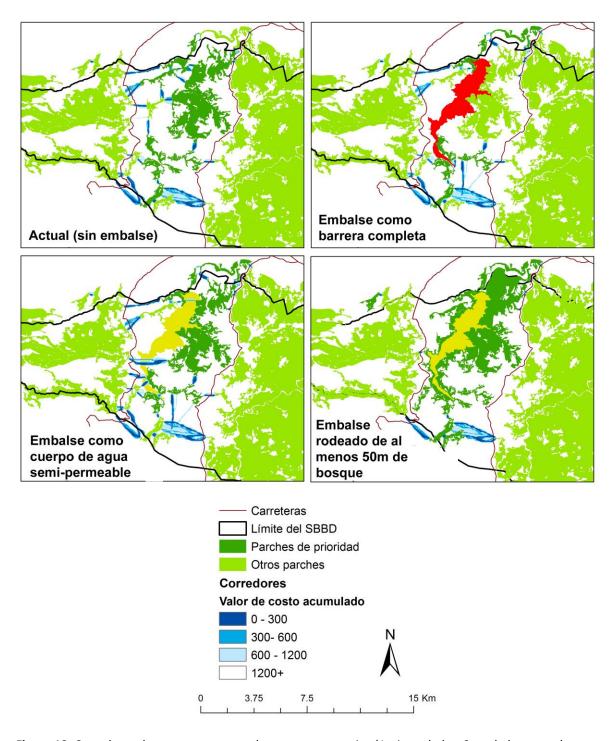
### III. Análisis de conectividad

Es importante destacar que este es un ejercicio con Sistemas de Información Geográfica y podría no ser un fiel reflejo de la realidad. Sin embargo, el ensayo es importante para tratar de definir zonas prioritarias y posteriormente, con los datos de campo verificar, destacar y refinar.

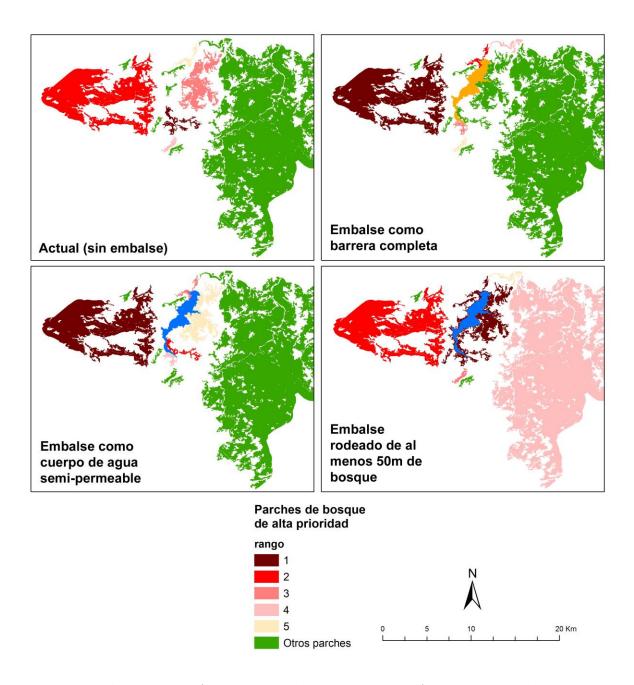
En la Figuras 18, 19 y 20 se aprecian las superficies de costo, los corredores de menor costo y los parches prioritarios para la conectividad para cada uno de los escenarios.



**Figura 18.** Capas de resistencia para los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera absoluta, 3. embalse como barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y reforestación de al menos 50 m alrededor del embalse). L.Petracca/Panthera.



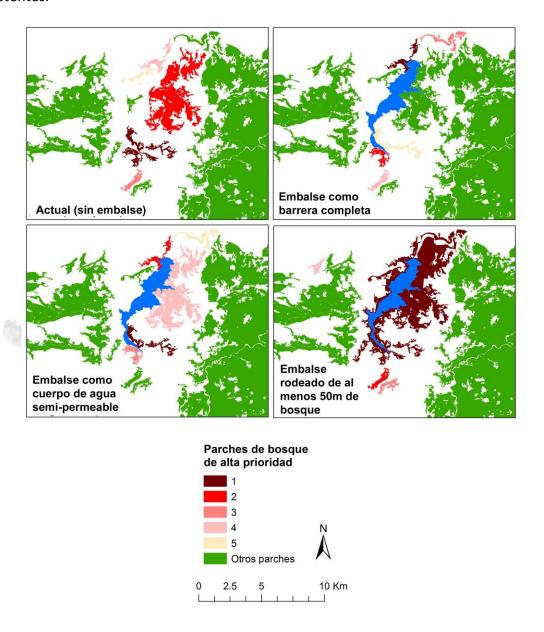
**Figura 19.** Corredores de menor costo para los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera absoluta, 3. embalse como barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y reforestación de 50 m alrededor del embalse), mostrando los parches de bosque > 50 hectáreas en la parte central y oeste del SBBD. L.Petracca/Panthera.



**Figura 20.** Parches prioritarios (1 mayor prioridad - 5 menor prioridad) para la conectividad en el SBBD determinados por el índice de centralidad, en los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera absoluta, 3. embalse como barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y reforestación de 50 m alrededor del embalse). L.Petracca/Panthera.

Los corredores de menor distancia del área central detectados en el escenario actual son los más afectados tanto en el escenario del embalse como barrera completa como en el de barrera semi-permeable. Los corredores hacia la cola del embalse se ven poco afectados en estos mismos escenarios.

También se hizo el análisis de parches prioritarios, pero solo tomando en cuenta los parches localizados en el área central del corredor (Figura 21). Esta área es la que está más fragmentada, donde todos los parches están fuera de áreas protegidas y que por lo tanto es prioritaria para acciones de recuperación y conservación de los bosques existentes.



**Figura 21.** Parches prioritarios (1 mayor prioridad - 5 menor prioridad) para la conectividad solamente en el sector central del SBBD determinados por el índice de centralidad, en los cuatro escenarios (1. sin embalse, 2. embalse como barrera absoluta, 3. embalse como barrera semi-permeable, 4. embalse como barrera semi-permeable y reforestación de 50 m alrededor del embalse). L.Petracca/Panthera.

En la figura anterior se logra observar como los parches prioritarios para la conectividad en el área central se encuentran distribuidos de norte a sur tanto en el escenario actual como en el del embalse como barrera semi-permeable. Por otro lado, si el embalse se considera una barrera completa, los parches centrales pierden importancia y los ubicados al norte y sur se vuelven críticos. En el escenario en el que el embalse está rodeado por una banda de bosque de al menos 50 m, se unen varios parches formando un bloque grande y continuo que permitiría, en teoría, la conectividad estructural de gran parte del área central del SBBD. Sin embargo, la línea de bosque en la margen izquierda del embalse sería delgada y larga por lo que debe aún probarse si será funcional como un mini-corredor.

## IV. Cámaras-trampa

### 1. Análisis generales

Se colocaron un total de 56 cámaras en el bloque 1, 64 cámaras en el bloque 2, 38 cámaras en la cola del embalse (cuerpos de agua y caminos) y 52 cámaras en la UCJ-CVC. De ellas 4 cámaras fueron robadas y 2 fueron dañadas (macheteadas). En total se contabilizaron 8,870 días trampa en los bloques, 10,274 en los cuerpos de agua 3,105 en los caminos y 3,640 en la UCJ-CVC. Para los análisis de franjas se utilizaron algunas de las cámaras de bloques y cuerpos de agua, pero se colocaron 4 nuevas (839 días trampa adicionales). Para un esfuerzo de muestreo total de 26,728 días trampa, convirtiéndose así en uno de los estudios más intensivos con cámaras trampa en el país.

Sólo en el SBBD (bloques) se registraron un total de 32 especies de mamíferos (22 mamíferos medianos y grandes terrestres), con un total de 3,312 registros individuales. También hubo 596 registros de aves y 10 de reptiles (Anexo 7). Se detectaron cinco animales domésticos en las cámaras (con más de 1,000 registros) y humanos (807 registros). Las especies con mayor abundancia relativa fueron: el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), la guatusa (*Dasyprocta punctata*) y el manigordo. Los carnívoros más abundantes (además del manigordo) fueron el pizote (*Nasua narica*), el coyote (*Canis latrans*), el mapache (*Procyon lotor*) y el Tolomuco (*Eira barbara*). Otros felinos detectados en orden de abundancia fueron: yaguarundi, caucel, puma y jaguar (Cuadro 6). No se registró chancho de monte.

Por su parte en la UCJ-CVC se registraron un total de 22 especies de mamíferos medianos y grandes (Cuadro 6). Las especies más abundantes fueron el armadillo, el zorro pelón (*Didelphis marsupialis*) y la guatusa. Los carnívoros más abundantes fueron el coyote, el pizote y el puma. Además del puma, se detectaron los siguientes felinos en orden de

abundancia: manigordo, yaguarundi, caucel y tigrillo. El reporte de este último felino es interesante debido a que es una especie poco conocida. No se registró jaguar ni chancho de monte.

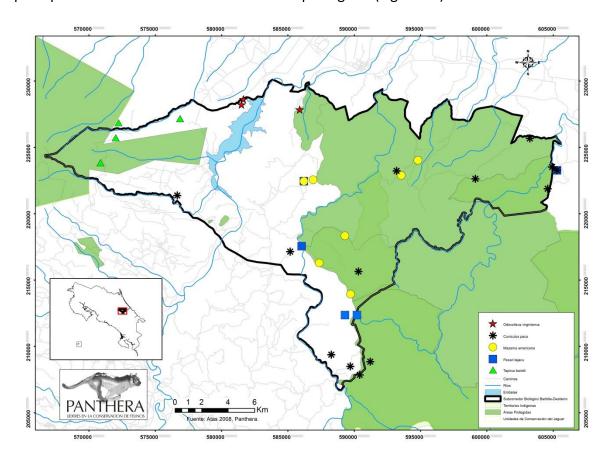
**Cuadro 6.** Índice de abundancia relativa de las 23 especies de mamíferos medianos y grandes terrestres detectadas y el tinamú (*Tinamus* sp.) en la UCJ-CVC y el SBBD (bloques).

	Especie	Nombre común	UCJ-CVC (#fotos/1000 noches trampa)	SBBD (#fotos/1000 noches trampa)
1	Dasypus novemcinctus	Armadillo	27.2	35.17
2	Didelphis marsupialis	Zorro pelón	20.33 8.79	
3	Dasyprocta punctata	Guatusa	16.48	29.88
4	Canis latrans	Coyote	15.93	16.35
5	Nasua narica	Pizote	11.81	20.29
6	Sylvilagus gabbii	Conejo	11.26	0
7	Puma concolor	Puma	9.62	1.69
8	Leopardus pardalis	Manigordo	9.34	28.97
9	Tapirus bardii	Danta	9.34	0.34
10	Mazama temama	Cabro de monte	4.12	0.56
11	Pecari tajacu	Saíno	3.85	0.23
12	Puma yagouaroundi	Yaguarundi	2.47	4.4
13	Eira barbara	Tolomuco	2.2	14.43
14	Leopardus wiedii	Caucel	2.2	2.14
15	Conepatus semistriatus	Zorro hediondo	1.92	3.38
16	Procyon lotor	Mapache	1.92	15.45
17	Leopardus tigrinus	Tigrillo	1.37	0
18	Galictis vitatta	Grisón	0.55	0.79
19	Tamandua mexicana	Oso hormiguero	0.55	1.92
20	Cuniculus paca	Tepezcuintle	0.27	1.47
21	Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	0.27	0.45
22	Cabassous centralis	Armadillo zopilote	0	1.35
23	Panthera onca	Jaguar	0	1.24
24	Tinamus sp.	Tinamú	3.57	7.22

<sup>\*</sup>Los valores en rojo indican abundancias relativas menores en la UCJ-CVC con respecto a al SBBD. Los valores en verde indican lo contrario. Los felinos están resaltados en negrita.

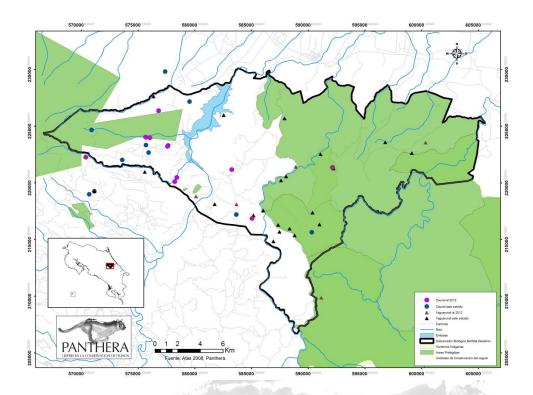
En general se nota una menor abundancia de los meso-predadores (coyote, pizote, tolomuco, manigordo, mapache y yaguarundi) en la UCJ-CVC en comparación con el SBBD, mientras que el puma es casi seis veces más abundante. Otras especies importantes que se encuentran con mayor abundancia en la UCJ-CVC son la danta, el cabro de monte y el saíno.

Con el fin de identificar la presencia y distribución de las especies en el SBBD y tener una línea base para medir el potencial impacto del PHR (principalmente del embalse) y de las acciones de mitigación, a continuación se presentan una serie de mapas de puntos de detección. Los registros obtenidos dentro del SBBD por medio de las cámaras trampa de Panthera en 2012 (Salom-Pérez *et al.* 2013) y en el presente estudio, de la danta, cabro de monte, saíno, tepezcuintle y venado cola blanca en menor medida, están principalmente en las cercanías de las áreas protegidas (Figura 22).

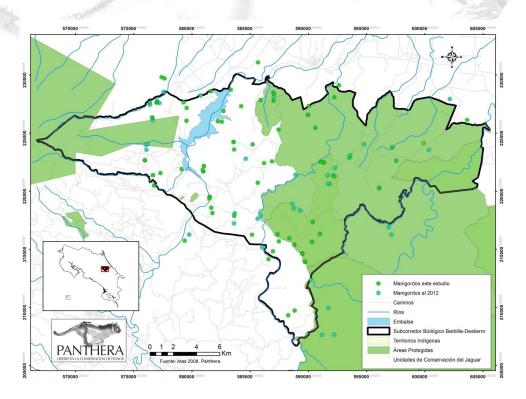


**Figura 22.** Registros con cámaras-trampa de las especies presa grandes y el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) en 2012, 2013-2014 en el SBBD.

En cuanto a los felinos pequeños, el caucel fue mayormente registrado en las cercanías de la UCJ-CVC y la parte sur del SBBD. El yaguarundi se logró detectar en mayor cantidad de ocasiones en la RFRP y en la parte sur del SBBD (Figura 23). Los manigordos están distribuidos a lo largo de todo el SBBD, a excepción del sector más hacia el oeste (Figura 24).

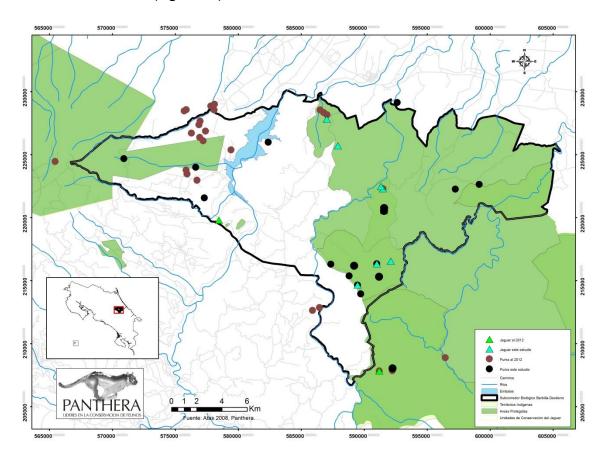


**Figura 23.** Registros con cámaras-trampa del caucel (*Leopardus wiedii*) y el yaguarundi (*Puma yagouaroundi*) en 2012 y 2013-2014 en el SBBD.



**Figura 24.** Registros con cámaras-trampa del manigordo (*Leopardus pardalis*) en 2012 y 2013-2014 en el SBBD.

Tanto el jaguar como el puma se registran en mayor cantidad dentro o en las cercanías de las áreas protegidas y sus cercanías. El puma se ha registrado en varias ocasiones a ambos lados, mientras que el jaguar está sobre todo en el lado este (principalmente dentro del territorio indígena y la RFRP) y el registro más al oeste fue en el 2011, sobre la Ruta 415 cerca del Río Bonilla (Figura 25).



**Figura 25.** Registros con cámaras-trampa del jaguar (*Panthera onca*) y del puma (*Puma concolor*) en 2012 y 2013-2014 en el SBBD.

### 2. Selección de hábitat

Los datos (número de detecciones) fueron suficientes para modelar la selección de hábitat para todas la especies prioritarias, excepto para el tigrillo que sólo fue encontrado en las cuadrículas cercanas al Volcán Turrialba (Figura 26) y el chancho de monte que no fue detectado. La detección de tigrillo es de especial importancia, debido a que es una especie que tiene poblaciones reducidas (categoría UICN: vulnerable), las cuales se encuentran principalmente en las zonas altas de las Cordilleras Volcánica Central y Talamanca (aunque existe un registro reciente en Monteverde) y en general es poco conocida y tiende a ser confundida con el caucel (Reid 1997, de Oliveira et al 2008). Con

el registro de esta especie, se han detectado (en el SBBD y la UCJ-CVC) las seis especies de felinos presentes en el país.

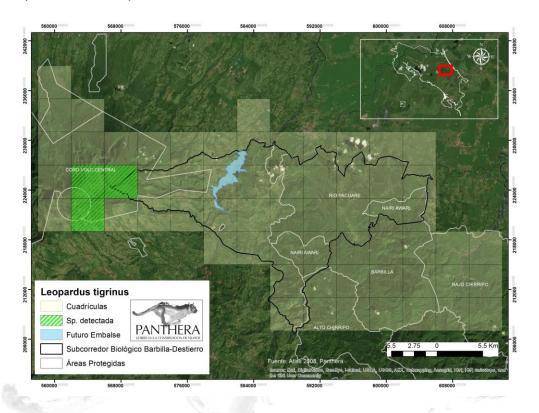


Figura 26. Cuadrículas con detecciones de tigrillo en el área de estudio.

El modelo que mejor describió la selección de hábitat por parte del puma y el jaguar fue la distancia a los caminos principales y el porcentaje de dosel respectivamente (p < 0.05). Tanto el caucel como el manigordo mostraron relaciones significativas con la elevación. Por un lado, el manigordo parece evitar las áreas más altas, mientras que la relación del caucel fue al contrario. El manigordo también tuvo una relación significativa positiva con la distancia a UCJs, lo que ratifica el hecho de que esta especie puede adaptarse a hábitats semi-alterados. En general, las especies presa tuvieron relación con covariables relacionadas a buena calidad de hábitat (índices de vegetación, % de dosel, % de bosque, distancia a caminos principales, etc.), aunque estas sólo fueron significativas para el caso del cabro y la danta (Cuadro 7, Figuras 27-35).

**Cuadro 7.** Modelos de selección de hábitat de nueve de las diez especies prioritarias para el monitoreo. Los modelos de una variable que estuvieran dentro de 4 puntos del delta AIC del modelo superior fueron promediados para calcular psi condicional para cada cuadrícula del monitoreo.

	Modelo de una	ΔΑΙ		Intercepto	Coeficiente	Intercepto p
Especie	variable	Ca	w <sup>b</sup>	Psi (SE)	Beta (SE)	(SE)
Leopardus wiedii	Elevación	0.00	0.55	1.27 (1.47)	7.21 (3.67)*	-1.49 (0.29)
Leopardus pardalis	Elevación	0.00	0.63	1.64 (0.54)	-1.29 (0.44)*	0.31 (0.17)
	Distancia a					
	UCJs	2.85	0.15	1.42 (0.58)	1.81 (0.84)*	0.33 (0.17)
Puma	Distancia a					
yagouaroundi	Ríos	0.00	0.33	0.74 (0.69)	1.66 (0.99)	-0.94 (0.27)
	% Dosel	1.91	0.13	-2.38 (1.59)	4.65 (2.92)	-0.95 (0.28)
	Distancia a					
_ ,	caminos				(	
Puma concolor	principales	0.00	0.48	1.11 (0.88)	2.82 (1.71)*	-1.98 (0.22)
Panthera onca	% Dosel	0.00	0.75	-17.30 (8.21)	23.8 (11.90)*	-1.08 (0.55)
Cuniculus paca	NDVI	0.00	0.16	-1.37 (0.61)	1.26 (0.78)	-1.09 (0.45)
	% Dosel	0.45	0.13	-5.37 (2.60)	7.29 (4.20)	-1.13 (0.47)
	GPP	1.27	0.09	-1.22 (0.54)	0.86 (0.54)	-1.12 (0.46)
	Distancia a				4.8	
The same of the sa	caminos		710			
	secundarios	1.52	0.08	0.05 (1.36)	2.60 (2.31)	-1.24 (0.52)
	% Bosque			T		
	primario y	1				
	secundario	2.10	0.06	-3.34 (1.66)	3.12 (2.16)	-1.14 (0.47)
	% Bosque				()	
Pecari tajacu	primario	0.00	0.16	-3.46 (1.50)	3.59 (2.17)	-1.33 (0.56)
	TRI	1.29	0.08	-1.70 (0.68)	-0.85 (0.64)	-1.33 (0.57)
Mazama temama	EVI	0.00	0.76	-1.90 (0.74)	-2.41 (0.98)*	-1.00 (0.38)
	Distancia a					
	caminos				,	
	principales	3.11	0.16	-0.74 (0.67)	2.96 (1.10)*	-1.09 (0.40)
Tapirus bairdii	NDVI	0.00	0.78	-3.41 (1.12)	-2.24 (0.83)*	-0.90 (0.23)

a Diferencia en el valor de AIC con respecto al mejor modelo

b Peso del Akaike

<sup>\*</sup>Relación significativa (p < 0.05)

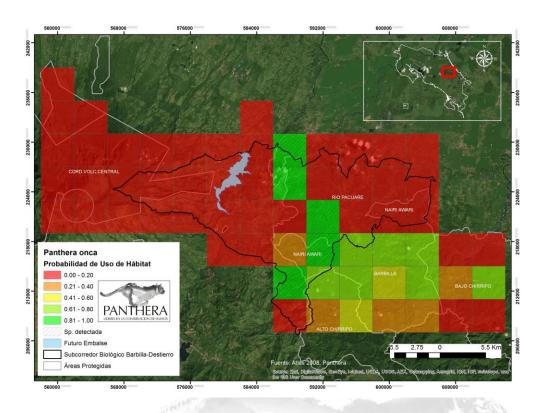


Figura 27. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el jaguar y detección en el área de estudio.

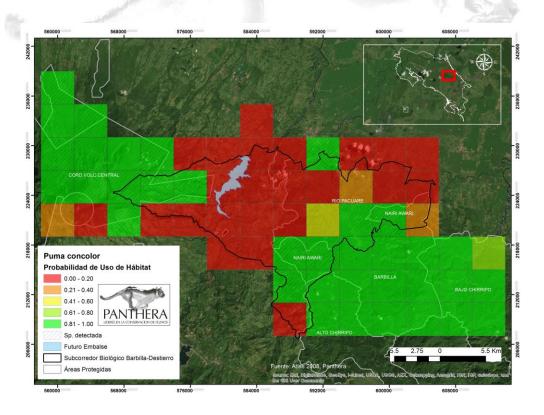


Figura 28. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el puma y detección en el área de estudio.

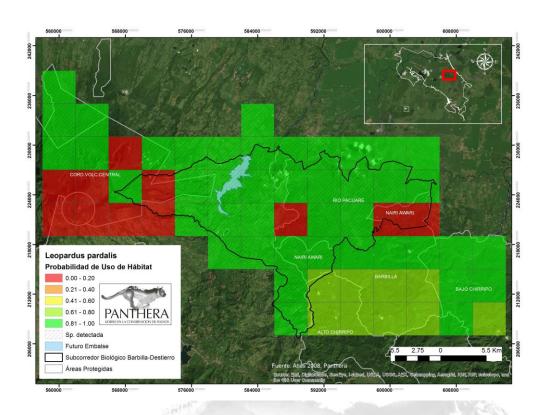


Figura 29. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el manigordo y detección en el área de estudio.

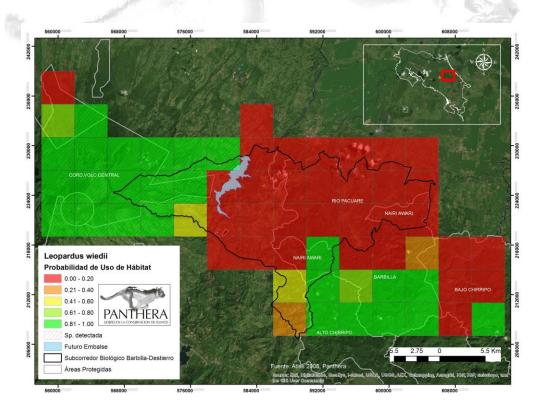


Figura 30. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el caucel y detección en el área de estudio.

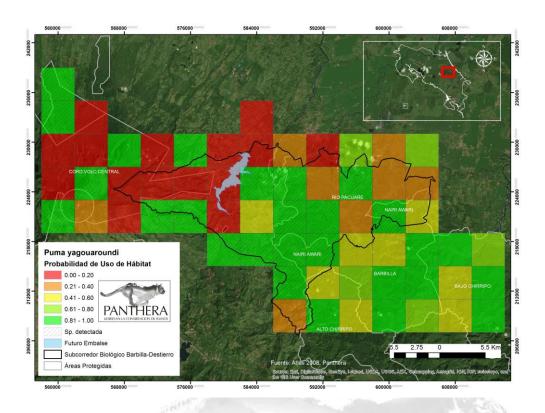


Figura 31. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el yaguarundi y detección en el área de estudio.

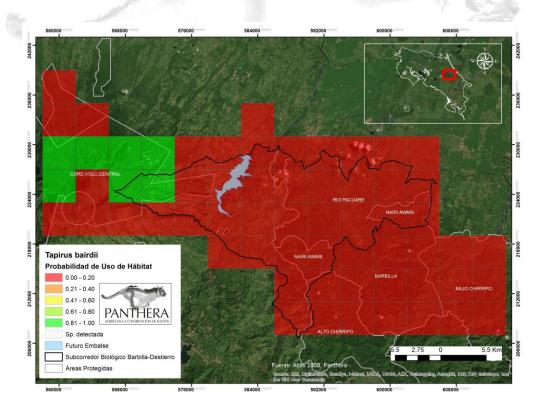


Figura 32. Probabilidad de uso de hábitat potencial para la danta y detección en el área de estudio.

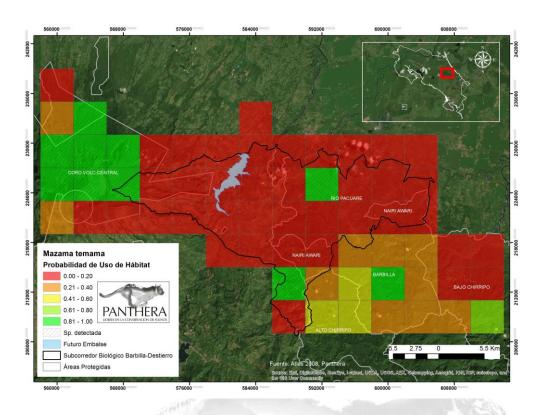


Figura 33. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el cabro y detección en el área de estudio.

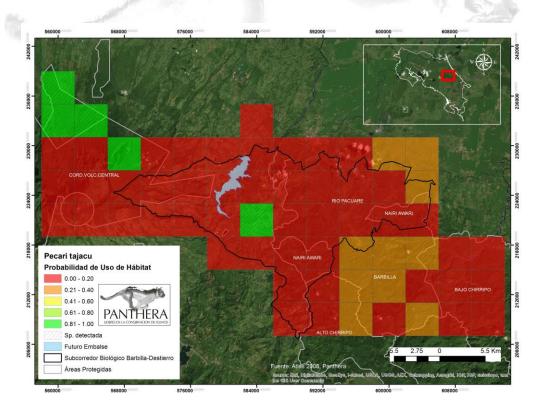


Figura 34. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el saíno y detección en el área de estudio.

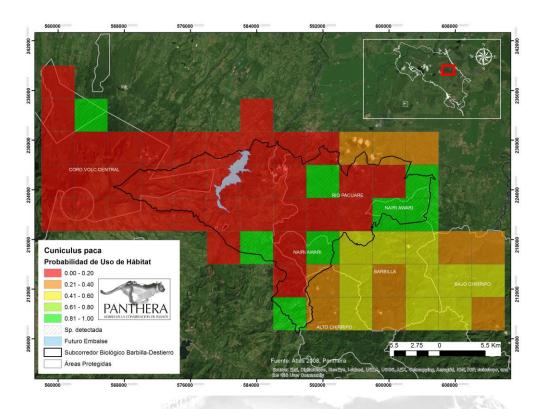


Figura 35. Probabilidad de uso de hábitat potencial para el tepezcuintle y detección en el área de estudio.

Las predicciones sobre la selección o uso de hábitat deben tomarse con precaución porque en muchos casos están basados en pocos registros. Asimismo, debido a que no hubo datos de campo de la UCJ-Talamanca es posible que la probabilidad de uso de hábitat en esa zona pueda llegar a cambiar para algunas especies al obtener registros de las especies en el área. No obstante, creemos que los resultados generados aquí y los mapas predictivos podrán ayudar a medir los cambios generados por el impacto y/o las acciones de mitigación del PHR y otros actores, en especial si se continúa el muestreo en la zona.

Un detalle adicional a tomar en cuenta fue que durante el muestro en la UCJ-CVC el Volcán Turrialba estaba activo y presentó varias erupciones. Esto, acompañado de la degradación del bosque asociada a la ceniza y lluvia ácida puede haber tenido un efecto negativo en la presencia de la mayoría de las especies.

# 3. Índice de Integridad Ecológica (IIE)

El IIE para todo el SBBD, fue de 0.76. El área con mayor IIE fue el Sector comprendido entre el Río Pacuare y el PNB (el más conservado dentro del SBBD). La UCJ-CVC tuvo un

IIE ligeramente mayor al del Sector entre el Río Reventazón y el Río Pacuare y el de menor calificación se localizó entre el Río Reventazón y la UCJ-CVC (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Índice de Integridad Ecológica para la UCJ-CVC y comparación con los tres sectores del SBBD.

Área	IIE	Esfuerzo de muestreo (noches/trampa)
UCJ-CVC	0.68	3,640
Sector 1 (CVC-Río Reventazón)	0.56	3,462
Sector 2 (Río Reventazón-Río Pacuare)	0.65	3,468
Sector 3 (Río Pacuare-Parque Nacional Barbilla)	0.74	3,438

Para el sector de la Cola del Embalse el IIE fue de 0.62 (12,968 noches/trampa), el mismo valor de IIE obtuvieron los cuerpos de agua (10,274 noches/trampa). Los caminos juntos obtuvieron un IIE=0.29. Los caminos (Ruta 10; 1,627 noches/trampa y Ruta 415; 1,478 noches/trampa) por separado obtuvieron 0.18 cada uno.

Finalmente, el IIE fue mayor conforme aumentó el porcentaje de bosque: [0-25%]: 0.35 (2,016 noches/trampa); [25-50%]: 0.44 (2,028 noches/trampa); [50-75%]: 0.53 (2,024 noches/trampa) y [75-100%]: 0.71 (2,034 noches/trampa), lo que demuestra que el índice puede ser un buen indicador de áreas con buena calidad de hábitat y presencia de especies asociadas a este.

## 4. Movimientos de caucel, manigordo y jaguar en el SBBD

Dentro del SBBD se detectaron un mínimo de 7 individuos de caucel. Sólo uno fue detectado en más de una cámara, con un distancia entre ellas de 532.27 m.

Los manigordos fueron los felinos manchados más abundantes. Hubo 257 registros de un mínimo de 60 individuos (sólo lado derecho) (11 hembras, 19 machos, 28 de sexo no identificado y dos juveniles). En cuanto al número de individuos de manigordo por cámara, se registraron en 33 de las cámaras un individuo, en 14 se registraron dos individuos, en 16 se registraron 3 individuos, en una se registró 4 individuos, en dos se registraron 5 individuos y hubo una cámara que registró un total de 6 individuos. El promedio del mínimo polígono convexo, para manigordos, fue de 2.64 km² (desv.est.: 2.83 km²) y de la distancia máxima recorrida fue de 3.89 km (desv.est.: 3.27 km). Para estos cálculos se usaron los datos tanto de los manigordos identificados por el lado

derecho del cuerpo como los del lado izquierdo, tomando el lado con mayor distancia o # de individuos. La mayor distancia recorrida por una hembra (F01) fue 10.95 km y la mayor para un macho (M06) fue de 13.22 km. Este último individuo cruzó el Río Pacuare y Reventazón, así com la Ruta 10. La densidad estimada de ocelotes fue de 14.31 ind/100 km² (EE = 1.97, IC 95 %: 10.92 - 18.73 ind/100 km²) (Figuras 36, 37 y 38).

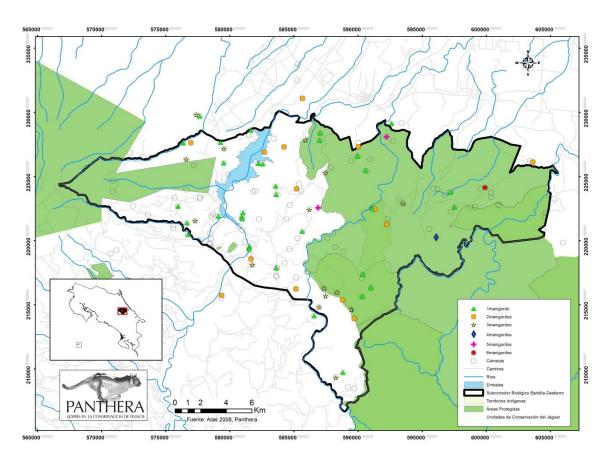
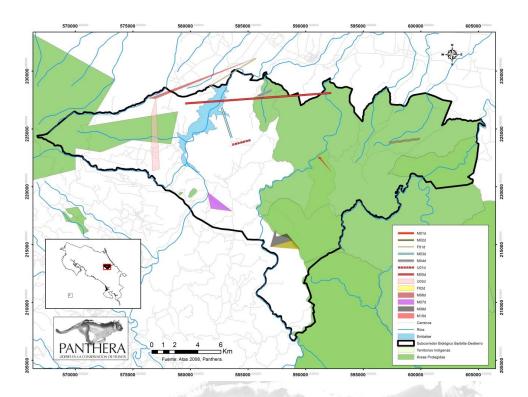
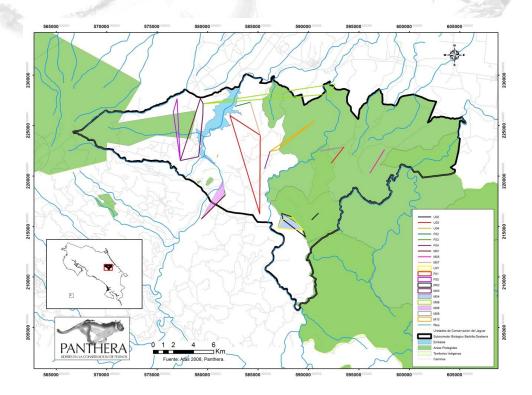


Figura 36. Distribución de las cámaras que registraron de 0 a 6 manigordos en el SBBD.

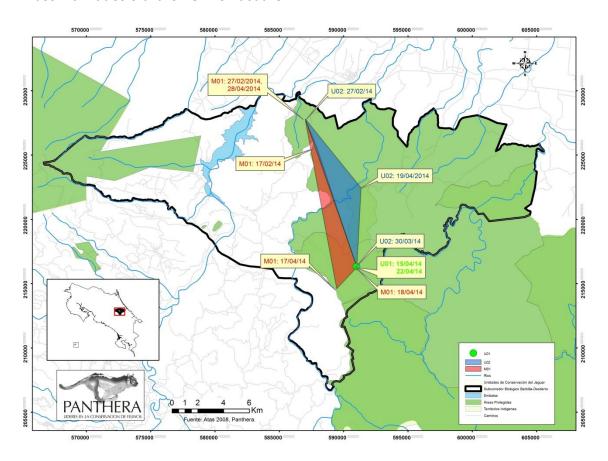


**Figura 37.** Registros y movimientos de los manigordos a lo largo del SBBD (tomando en cuenta sólo el registro fotográfico del lado derecho de su cuerpo).



**Figura 38.** Registros y movimientos de los manigordos a lo largo del SBBD (tomando en cuenta sólo el registro fotogáfico del lado izquierdo de su cuerpo).

Hubo un total de 11 registros de jaguar de un mínimo de tres individuos (1 macho y dos de sexo no identificado). Existió un traslape en sus ámbitos de hogar, en donde en una cámara se registraron dos jaguares (M01 y U02) diferentes con una diferencia de unas horas, mientras que en otra cámara se registraron los tres individuos en un lapso de 18 días (dos de ellos-M01 y U01- separados sólo por tres días) (Figura 39). El macho M01 tuvo un mínimo polígono convexo de 13.12 km² y una distancia máxima recorrida de 13.40 km. Cabe destacar que esta distancia la recorrió en cuestión de 10 días. El individuo U01 tuvo un mínimo polígono convexo de 14.14 km² y una distancia máxima de 12.15 km. Ambos individuos cruzaron el Río Pacuare.



**Figura 39.** Registros y movimiento de tres individuos de *P. onca (*jaguar) a lo largo del SBBD (tomando en cuenta sólo las fotografías del lado derecho del cuerpo).

El 25 de febrero en Bajos del Tigre se recibe una notificación de depredación de un animal doméstico y se confirma que fue hecha por un jaguar. La ubicación de la depredación se encuentra dentro del mínimo polígono convexo de M01 y la fecha es muy cercana a cuando él estuvo en ese sector.

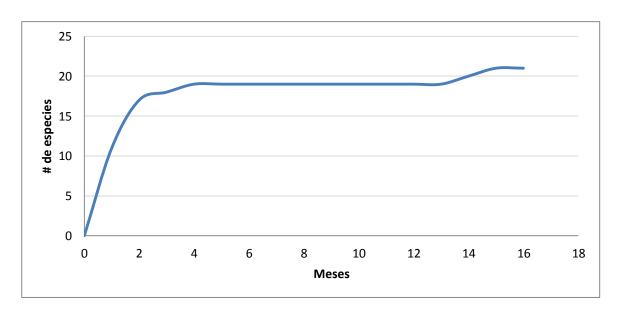
Es importante resaltar que el jaguar macho M01, ya había sido fotografiado por la investigadora Carolina Sáenz del ICOMVIS en el TINA en 2010. Para esa fecha M01 ya se

veía como un jaguar adulto, por lo que podríamos calcular su edad mínima en seis años al momento de nuestra fotografía. El resto de los jaguares son diferentes a los fotografiados por Panthera en 2011 y 2012. Por lo tanto, tenemos registrados un mínimo de 4 jaguares en el SBBD (tres de ellos en TINA y RFRP y uno en la Ruta 415, cerca del límite sur del SBBD).

#### 5. Cola del Embalse

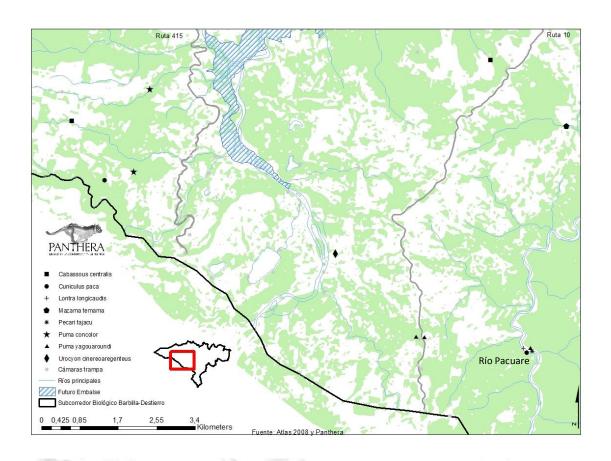
Se determinó la presencia de 21 especies de mamíferos medianos y grandes en la zona de la cola del embalse, mediante cámaras trampa, con un esfuerzo de muestreo de 12,968 noches/trampa.

Al cabo de cuatro meses ya se habían registrado 18 de las 21 especies totales y después de 12 meses más, se registraron las tres especies restantes (Figura 40).



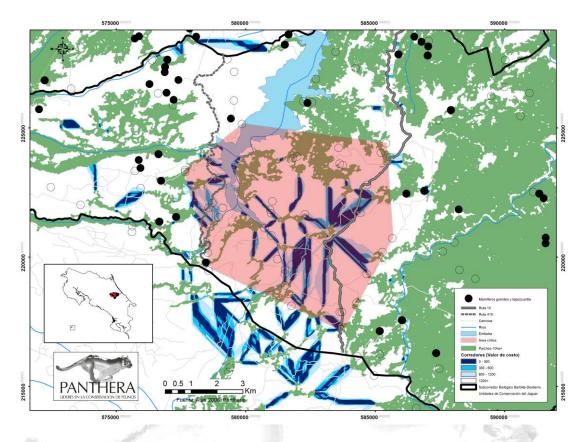
**Figura 40.** Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes en un período de 16 meses en la Zona de la Cola del Futuro embalse en el SBBD.

De las especies prioritarias se pudo registrar en un mismo sitio al saíno, al yaguarundi y al tepezcuintle, en el margen del Río Pacuare. Cabe resaltar que en este sitio también se registró una nutria (*Lontra longicaudis*). Las restantes especies prioritarias detectadas fueron registradas en los extremos del SBBD; el puma en la zona montañosa de San Isidro y el cabro de monte en la Quebrada la Terciopelo. También se obtuvo un registro de yaguarundi en los márgenes de la Ruta 10. No se detectó jaguar, danta ni chancho de monte en la zona de la cola del embalse (Figura 41).



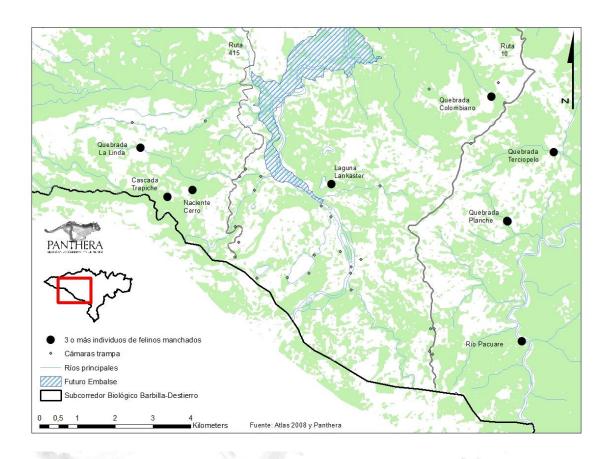
**Figura 41.** Presencia de especies prioritarias, además de *Cabassous centralis* y *Urocyon cinereoargenteus* (no se incluye a *Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii*) en la Zona de la Cola del Futuro Embalse en el SBBD.

No se registraron mamíferos grandes (jaguar, puma, danta, venado cola blanca, cabro de monte y saíno) ni tepezcuintle utilizando gran parte del área central del SBBD; incluyendo los parches y corredores de menor costo localizados en la cola del futuro embalse (Figura 42). Cabe resaltar que esta área central con poca presencia de estos mamíferos está entre las Rutas 415 y la Ruta 10.



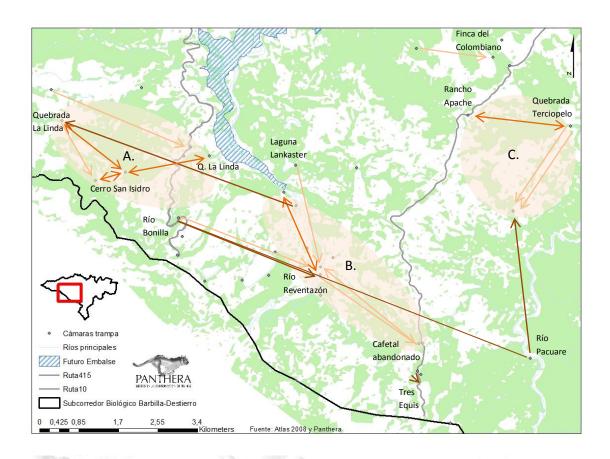
**Figura 42.** Parches de más de 10 ha, corredores de menor costo, cámaras con presencia de mamíferos grandes y tepezcuintle (*Cuniculus paca*), caminos importantes y área crítica (en rosado) en la cola del embalse, SBBD.

En el área central del SBBD, comprendida entre los dos caminos principales, de las especies prioritarias solo se registraron manigordos y cauceles. Solamente en dos sitios de esa parte central (Laguna Lankaster y Quebrada de la Finca del Colombiano), se registró la presencia de tres individuos de felinos manchados. Por otro lado, en los extremos del SBBD se registraron seis sitios con tres o más felinos manchados distintos, tres sitios en cada extremo. La Quebrada La Terciopelo (sector este de la cola) cuenta con el mayor número de registros (26) y el mayor número de individuos (5). En el extremo oeste, la naciente en el Cerro en San Isidro reportó 24 registros y 4 individuos distintos (Figura 43).



**Figura 43.** Presencia de más de 3 individuos de *Leopardus pardalis* o *Leopardus wiedii* en la Zona de la Cola del Futuro embalse en el SBBD.

Mediante la identificación individual de cauceles y manigordos se pudo registrar su desplazamiento. Se agruparon los movimientos en tres unidades geográficas, A, B y C (Figura 44). Para cada unidad se contabilizaron los movimientos de un mismo individuo de ida y de regreso. Las flechas con dos puntas indican individuos que realizaron el desplazamiento y regresaron. Las flechas con una sola punta indican el desplazamiento del individuo en una sola dirección y las flechas largas y oscuras indican los desplazamientos de individuos de mayores distancias.



**Figura 44.** Movimiento de individuos de felinos manchados (*Leopardus pardalis* y *Leopardus wiedii*) en la Zona de la Cola del Futuro embalse en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. Panthera.

La unidad B, muestra conexión con la unidad A y la C. No se registraron movimientos directos entre estas dos últimas. Hubo un desplazamiento de 11.4 km de un manigordo desde el Río Pacuare hasta el Río Bonilla y luego fue registrado en el Reventazón en la parte central de la unidad B (Figura 44).

#### 6. Cuerpos de agua

Del total de cámaras trampa colocadas en la zona de la Cola del futuro Embalse, 30 estaban colocadas en los márgenes de cuerpos de agua. Se obtuvo un esfuerzo de muestreo de 10,274 noches/trampa para la zona.

Las Lagunas con presencia de ganado (Colombiano-Silvino y Miura) obtuvieron valores muy bajos de foto capturas, posiblemente causadas por la presión del ganado en las especies silvestres sumado al impacto del ganado en las cámaras (las apagaban y movían al morderlas). Las cámaras de la Laguna Bonilla y laguna Bonillita solo estuvieron

colocadas por 8 meses, la mitad del tiempo que estuvieron las otras cámaras. La Quebrada Moncha, Calvario y Patincho cuentan con escasa cobertura boscosa en sus márgenes, al igual que el Río Reventazón, lo cual puede estar afectando su diversidad e IIE (Cuadro 9).

El Río Pacuare obtuvo el valor más alto de diversidad e IIE; este sitio es de acceso restringido para las personas y cuenta con muy buena cobertura boscosa. En la zona de San Isidro en el Cerro y la Quebrada la Linda se cuenta con buena cobertura; éstos obtuvieron valores altos de Integridad Ecológica, al igual que La Quebrada Terciopelo, la cual es de difícil acceso y cuenta con buena cobertura boscosa. Cabe resaltar que la zona baja de la Quebrada la Linda obtuvo el valor más alto de diversidad y es un sitio que cuenta con buena cobertura boscosa, aun y cuando se encuentra rodeado de potreros y hay presencia ocasional de ganado (Cuadro 9).



**Cuadro 9.** Índices de Diversidad, Equidad e Integridad Ecológica para los Cuerpos de Agua en la Cola del Futuro Embalse en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. *En itálica se indican los valores más bajos y en negrita los más altos.* 

Sitio	Н	E	IIE
Laguna del Colombino	0	***	-0,03
Laguna Bonilla (Espabelito)	0	***	-0,03
Laguna Silvino	0,6	0,55	-0,03
Río Calvario	0,64	0,58	0,03
Laguna Bonilla (El Caño)	0,74	0,67	0,03
Quebrada Moncha	0,84	0,52	0,03
Laguna Miura	1	0,91	0,03
Río Bonilla	1,07	0,66	0,03
Quebrada Hermosa Arriba	1,08	0,78	0,03
Río Reventazón Mapaches	0,52	0,37	0,06
Quebrada Patincho	0,77	0,56	0,06
Laguna Lankaster	0,78	0,43	0,06
Quebrada Roy	0,91	0,51	0,06
Laguna Bonillita	0,98	0,71	0,06
Quebrada Caño	1,09	0,79	0,06
Quebrada Tista	1,44	0,8	0,06
Río Reventazón Bambú	0,64	0,33	0,09
Laguna Bonilla (Callejón)	1,16	0,65	0,09
Quebrada Puente	1,18	0,61	0,09
Quebrada Mapaches	0,56	0,31	0,12
Quebrada Planche	1,7	0,82	0,12
Quebrada Linda Miguel	2,01	0,87	0,12
Quebrada Hermosa Media	1,51	0,84	0,15
Quebrada Grisones	1,51	0,78	0,18
Naciente Cerro	1,7	0,82	0,18
Quebrada del Colombiano	1,75	0,76	0,18
Quebrada Linda Arriba	1,31	0,53	0,21
Quebrada Terciopelo	1,67	0,81	0,21
Cascada Trapiche	1,63	0,74	0,29
Río Pacuare	1,77	0,74	0,35

<sup>\*\*\*</sup>No aplica: solo se registró una especie

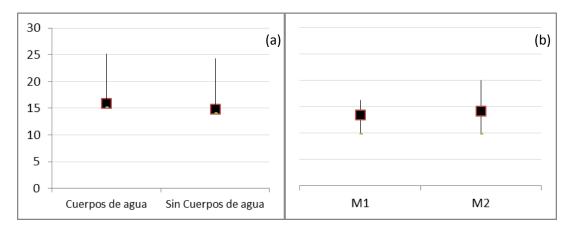
Las especies más abundantes en los cuerpos de agua fueron el mapache, el armadillo y el pizote. Cabe resaltar que en la zona solo se obtuvo un registro de zorra gris y de nutria. En los cuerpos de agua no se detectaron jaguar, danta, ni chancho de monte (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Índice de Abundancia Relativa para mamíferos medianos y grandes presentes en Cuerpos de Agua en la Zona de la cola del futuro embalse del SBBD.

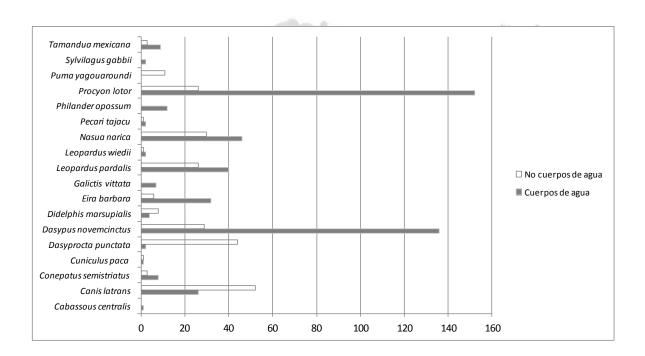
	Especie	Nombre común	IAR Cuerpos de agua (#fotos/1000 noches trampa)
1	Procyon lotor	Mapache	70.37
2	Dasypus novemcinctus	Armadillo	23.55
3	Nasua narica	Pizote	19.37
4	Leopardus pardalis	Manigordo	11.78
5	Eira barbara	Tolomuco	11.58
6	Canis latrans	Coyote	5.55
7	Tamandua mexicana	Oso hormiguero	3.41
8	Galictis vitatta	Grisón	2.73
9	Conepatus semistriatus	Zorro hediondo	2.63
10	Didelphis marsupialis	Zorro pelón	1.46
11	Leopardus wiedii	Caucel	1.07
12	Cabassous centralis	Armadillo zopilote	0.49
13	Puma concolor	Puma	0.49
14	Dasyprocta punctata	Guatusa	0.39
15	Mazama temama	Cabro de monte	0.29
16	Cuniculus paca	Tepezcuintle	0.19
17	Pecari tajacu	Saíno	0.19
18	Sylvilagus gabbi	Conejo	0.19
19	Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	0.19
20	Lontra longicaudis	Nutria	0.10
21	Puma yagouaroundi	Yaguarundi	0.10

Comparación de sitios con cuerpos de agua vs sitios sin cuerpos de agua.

Se hizo una comparación entre las cámaras colocadas en los márgenes de cuerpos de agua vs. aquellas que no estuvieran asociadas a cuerpos de agua, pero que se ubicaran dentro de una misma cuadrícula de 16 km². No se observan mayores diferencias en cuanto a la riqueza y a las especies presentes en sitios con cuerpos de agua vs. sitios sin cuerpos de agua (Figura 45 y 46).



**Figura 45.** Estimaciones de Riqueza (a) y número de especies compartidas (b) de mamíferos medianos y grandes en sitios con cuerpos de agua y sin cuerpos de agua cercanos a la cola del futuro embalse en el SBBD. \*M1 = número de especies estimadas presentes en sitios cercanos a cuerpos de agua que fueron observadas en sitios sin cuerpos de agua; M2 = número de especies estimadas presentes en sitios sin cuerpos de agua que fueron observadas en sitios cercanos a cuerpos de agua.

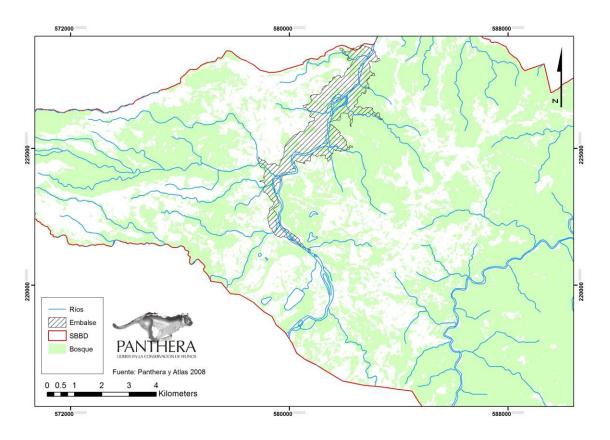


**Figura 46**. Número de registros de mamíferos medianos y grandes encontrados en sitios con cuerpos de agua y en sitios sin cuerpos de agua del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro, mediante cámaras trampa.

Al comparar los Índices de Integridad Ecológica entre cuerpos de agua y sin cuerpos de agua, se observa que el de cuerpos de agua es menor que el de los sitios sin cuerpos de agua (0.35 vs. 0.44 respectivamente). Esta diferencia puede deberse al hecho de que

algunas de las cámaras colocadas cercanas a cuerpos de agua estaban en sitios con deficiente cobertura boscosa, mientras que todas la cámaras sin cuerpos de agua asociados fueron colocadas exclusivamente en bosques.

No obstante lo anterior, las quebradas, ríos y lagunas son importantes para la conectividad de los mamíferos medianos y grandes y otras especies, sobre todo si tomamos en cuenta que muchos de los bosques remanentes en las áreas más alteradas están asociados a estos cuerpos de agua (Figura 47). Es importante lograr la recuperación de los márgenes de estos cuerpos de agua, al menos al mínimo establecido por ley, para mejorar el flujo de la vida silvestre a través del SBBD.



**Figura 47.** Mapa que muestra la asociación entre los cuerpos de agua y los parches remanentes de bosque en el área central del SBBD.

#### 7. Caminos

En los principales caminos del SBBD en la zona de la cola del embalse se colocaron por 16 meses 9 cámaras trampa, para un total de 3,105 noches/trampa. Para cada uno de los 9 sitios se calcularon los Índices de Diversidad, Equidad (Shannon y Weaver 1949), e Integridad Ecológica. Los sitios que obtuvieron el valor más alto de IIE fueron Saco en la

Ruta 10 y Fósil en la Ruta 415. El valor más alto de diversidad lo obtuvo el sitio Tolomuco al margen del Río Bonilla en la Ruta 415 (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Índice de Diversidad, Equidad e Integridad Ecológica para los Caminos principales del SBBD. *En itálica se indican los valores más bajos y en negrita los más altos.* 

Sitio	Н	E	IIE
R10 Hormiguero	0,69	1	-0,06
R415 Mandarino	1,19	0,66	0
R10 Laurel	0,75	0,47	0,03
R10 Odisea	0,79	0,72	0,03
R415 Tolomuco	1,67	0,8	0,12
R415 Quebrada Mapaches	0,56	0,31	0,12
R10 Cafetal	1,45	0,63	0,15
R10 Saco	1,59	0,72	0,18
R415 Fósil	1,41	0,73	0,18

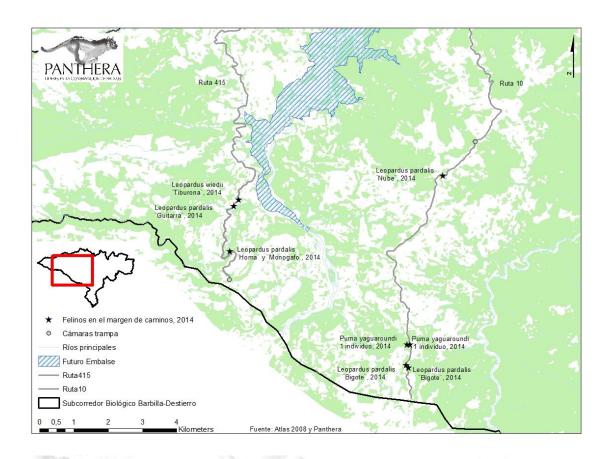
La especie más abundante en los márgenes de la Ruta 10 fue el coyote y en la Ruta 415 fue el mapache. Cabe resaltar que en la Ruta 10 no se detectó tolomuco y en la Ruta 415 sí.

Aún y cuando estas Rutas presentan una composición de especies distintas, ambas obtuvieron el mismo valor (0.18) del IIE. Se esperaba que la Ruta 415 obtuviera un mayor valor de Integridad Ecológica por que presenta menor desarrollo urbano. Una posibilidad es que el reciente asfaltado de la Ruta 415 puede estar teniendo un efecto negativo sobre algunas especies. Es importante mencionar que en los caminos no se tiene registro de puma, tepezcuintle, saíno, cabro, ni danta. En el 2011, se detectó jaguar en la Ruta 415 (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Índice de Abundancia Relativa para los Caminos principales del SBBD.

			IAR (#fc	otos/1000noches
#	Especie	Nombre común	trampa)	
			R10	R415
1	Canis latrans	Coyote	59.62	8.80
2	Conepatus semistriatus	Zorro hediondo	0.61	4.74
3	Dasyprocta punctata	Guatusa	1.84	0.00
4	Dasypus novemcinctus	Armadillo	28.27	50.07
5	Didelphis marsupialis	Zorro pelón	17.21	0.68
6	Eira barbara	Tolomuco	0.00	4.74
7	Galictis vitatta	Grisón	0.61	1.35
8	Leopardus pardalis	Manigordo	1.84	1.35
9	Leopardus wiedii	Caucel	0.00	0.68
10	Nasua narica	Pizote	2.46	37.89
11	Procyon lotor	Mapache	20.90	99.46
12	Puma yagouaroundi	Yaguarundi	1.23	0.00
13	Sylvilagus gabbi	Conejo	26.43	0.68
14	Tamandua mexicana	Oso hormiguero	1.23	12.86

Mediante las cámaras trampa en los márgenes de los caminos se ha podido detectar la presencia de caucel, manigordo y yaguarundi. El caucel se detectó en una quebrada a unos 25 metros de la Ruta. Con los datos se pudo evidenciar el cruce de la Ruta 10 por un manigordo en el Punto el saco, en las cercanías de Tres Equis. Con los datos de monitoreo durante el 2012 y los datos actuales podemos demostrar el cruce del camino por otro manigordo cerca del Rancho Apache. Además, se tiene evidencia de yaguarundi en ambos lados del camino en el sector del cafetal abandonado y en el 2012 se fotografío yaguarundi a ambos lados de la calle con poca diferencia de tiempo entre los dos eventos. De esta manera, hay tres puntos importantes de cruce de felinos en la Ruta 10 (Figura 48).



**Figura 48.** Presencia de felinos en los márgenes de los caminos en la Zona de la Cola del Futuro embalse en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro. Panthera.

Mediante la identificación de individuos de manigordo, con las imágenes de todas las cámaras trampa del monitoreo (bloques, cuerpos de agua y caminos), se logró determinar que estos felinos cruzan ambas Rutas. Tanto en la Ruta 10 como en la Ruta 415 se registraron dos individuos que cruzaron el camino (Figura 49). Sin embargo, para estos casos no se logró identificar el sitio específico de cruce.

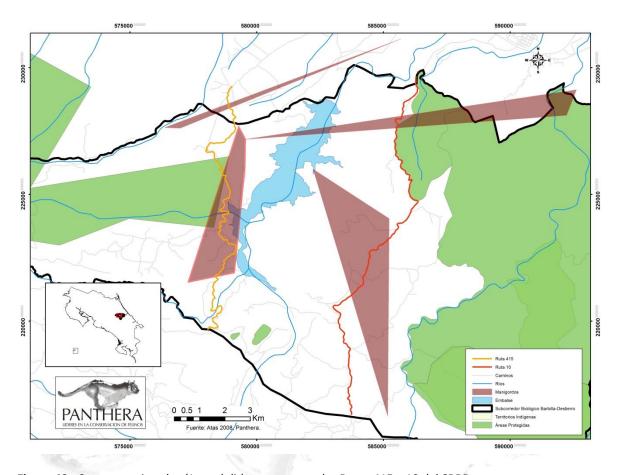
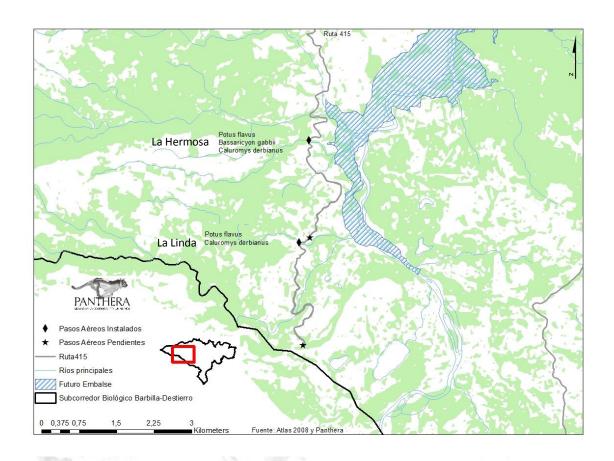


Figura 49. Cuatro manigordos (*L. pardalis*) que cruzaron las Rutas 415 y 10 del SBBD.

## Pasos aéreos en la Ruta 415 Quebrada la Hermosa-Quebrada la Linda

En los dos pasos aéreos instalados, Quebrada La Linda y Quebrada La Hermosa, tenemos evidencia del uso de éstos por mamíferos arbóreos (Figura 50, Anexo 9). Se han registrado tres especies, martilla (*Potos flavus*), zorro de balsa (*Caluromys derbianus*) y olingo (*Bassaricyon gabbii*). Las tres especies han sido detectadas en la Quebrada la Hermosa. En la Quebrada La Linda solo han sido detectados el zorro de balsa y la martilla. El monitoreo continua en el Paso la Linda, pero en Hermosa no se ha podido reanudar porque el paso no ha sido reinstalado, después de que el árbol de anclaje se cayó.



**Figura 50.** Ubicación de pasos aéreos para especies arborícolas sobre la Ruta 415 en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro y especies detectadas mediante cámaras trampa. Panthera.

El paso aéreo en la Quebrada Hermosa fue instalado el 17 de noviembre del 2014 y el 20 de enero del 2015 se obtuvo el primer registro, un zorro de balsa (*Caluromys derbianus*). El 12 de febrero del 2015 ya se habían registrado dos especies más; un olingo y un martilla (*Bassaricyon gabbii* y *Postus flavus*). En este paso se ha tenido el inconveniente de que los árboles usados para el paso se han caído en dos ocasiones. En la Quebrada la Linda el paso se instaló el 8 de abril del 2015 y 5 días después se registró un zorro de balsa, 5 meses después se registró una martilla. Hasta el momento se tiene evidencia de la presencia de individuos en los pasos, pero no hay certeza de que hayan cruzado, ya que no se ha logrado obtener una fotografía al otro lado del paso. Esto podría indicar que el ángulo de la cámara al otro extremo no es el adecuado o que se devuelven en lugar de cruzar.

# 8. Franjas de Bosque

Se encontraron un total de 14 especies de mamíferos medianos y grandes en las franjas de bosque evaluadas en un total de 1,743 noches/trampa. Las más comunes son el armadillo, el pizote, el coyote y el mapache (Cuadro 13). En general las especies encontradas son aquellas que se adaptan bien a la alteración del hábitat. El único mamífero de tamaño grande es el venado cola blanca, que también tiene cierta asociación con áreas abiertas.

**Cuadro 13**. Nombre científico y abundancia relativa (#fotos/1,000 noches trampa) de los mamíferos medianos y grandes en las franjas de bosque del SBBD.

	Nombre	
Nombre científico	común	IAR
Dasypus novemcinctus	Armadillo	109.01
Nasua narica	Pizote	56.22
Canis latrans	Coyote	39.59
Procyon lotor	Mapache	36.72
	Oso	
Tamandua mexicana	hormiguero	11.47
Didelphis marsupialis	Zorro pelón	9.18
Eira barbara	Tolomuco	7.46
Dasyprocta punctata	Guatusa	4.59
Leopardus wiedii	Caucel	4.02
Leopardus pardalis	Manigordo	2.87
	Zorro	
Conepatus semistriatus	hediondo	1.72
	Armadillo	
Cabassous centralis	zopilote	0.57
	Venado	
Odocoileus virginianus	cola blanca	0.57
Puma yagouaroundi	Yaguarundi	0.57

# V. Variabilidad genética de jaguar y puma

Se han encontrado 148 excretas, de las cuales el perro detector "Google" ha encontrado un 90%. Se ha recorrido una distancia total del 157 km. La tasa promedio de detección de Google fue de 0.80 excretas/km, y la humana fue de 0.07 excretas/km.

# 1. Jaguar

Se obtuvieron y confirmaron multi-locus de 37 jaguares diferentes (17 machos, 7 hembras, 13 de sexo no identificado) usando una probabilidad de umbral de la identidad de  $P_{(ID) \ sib} \leq 0.010$  como

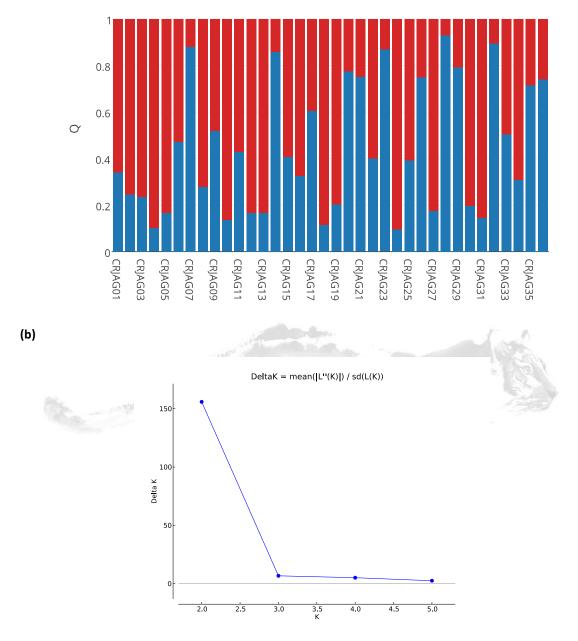
sugiere Waits et al. (2001) (Anexo 3). Las probabilidades promedio de identidades fueron 2.92E-08 y 1.09E-03 asumiendo ya sea apareamiento al azar ( $P_{(ID)ramdom}$ ) o el apareamiento entre hermanos ( $P_{(ID)sib}$ ) respectivamente. En total, los jaguares se detectaron 80 veces usando muestreo genético no invasivo. Todos los loci de microsatélites fueron polimórficos, con un promedio ( $\pm$ desviación estándar) de alelos por locus de 6.08 ( $\pm$  2.19), con un rango de 3 a 11 alelos. La estimación de la riqueza alélica promedio ( $\pm$ desviación estándar) utilizando rarefacción fue 5.94 ( $\pm$  2.09). El promedio esperado y observado de heterocigosidad para todos los loci fue HE= 0.65 ( $\pm$  0.11) y HO= 0.55 ( $\pm$  0.10). Los valores de  $F_{IS}$  fueron positivos para 11 loci, en un rango de 0.08 a 0.29. Tres de los loci mostraron desviaciones significativas del HWE (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Resumen de la diversidad genética estimada para los jaguares de Costa Rica.  $N_A$ , número de alelos;  $A_R$ , la riqueza alélica utilizando el método de rarefacción;  $H_O$ , heterocigosidad observada;  $H_E$ , heterocigosidad esperada;  $P_{HW}$ , valor P - prueba de equilibrio de Hardy-Weinberg;  $F_{IS}$ , coeficiente de endogamia; n, el número de felinos individuales. C.Wultsch/AMNH

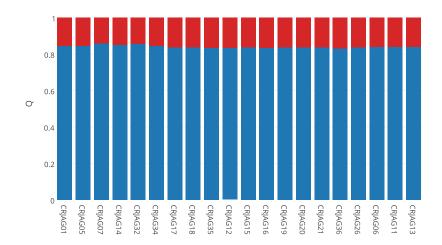
Panthera onca (n = 37)						
Locus	N <sub>A</sub>	$A_R$	Ho	H <sub>E</sub>	P <sub>HW</sub>	F <sub>IS</sub>
FCA032	6.00	6.00	0.64	0.70	0.75	0.08
FCA075	8.00	7.59	0.54	0.74	0.02	0.27
FCA096	7.00	6.98	0.63	0.77	0.03	0.19
FCA100	4.00	4.00	0.43	0.50	0.60	0.15
FCA124	6.00	5.93	0.47	0.62	0.06	0.25
FCA126	4.00	3.99	0.50	0.65	0.00	0.23
FCA132	7.00	6.61	0.59	0.55	0.11	-0.08
FCA208	11.00	10.58	0.72	0.80	0.13	0.10
FCA212	4.00	3.73	0.36	0.51	0.09	0.29
FCA225	7.00	6.90	0.65	0.81	0.03	0.20
FCA229	6.00	5.99	0.55	0.60	0.27	0.09
FCA275	3.00	3.00	0.50	0.60	0.10	0.17
Promedio	6.08	5.94	0.55	0.65		0.16
Desviación						
estándar	2.19	2.09	0.10	0.11		0.10

El análisis de agrupamiento Bayesiano preliminar en STRUCTURE y GENELAND indicó una débil estructura genética con K = 2 y un alto grado de mezcla, lo que sugiere que los jaguares en Costa Rica son genéticamente similares y no forman grupos genéticos diferenciados (Figuras 51a, 51b, 52). Igualmente, los componentes 1 y 2 de la PCA no detectaron ninguna diferenciación genética o agrupación de los jaguares (Figura 53). No se encontró una relación entre las distancias genéticas y geográficas de acuerdo con la prueba de Mantel simple (R² = 0.00283, P = 0.470) (Figura 54).

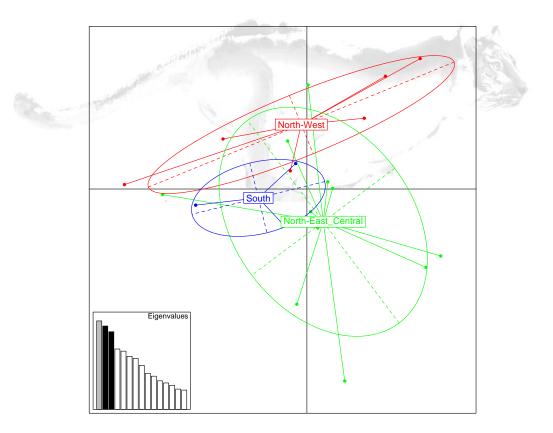




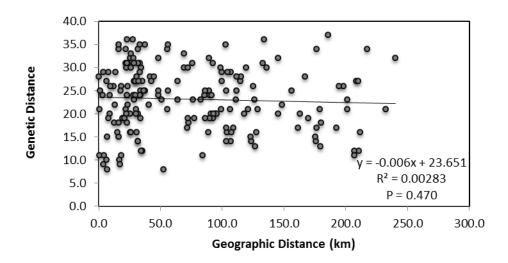
**Figura 51.** Análisis de agrupamiento espacial (K) Bayesiano de jaguares en Costa Rica con STRUCTURE y STRUCTURE-HARVESTER. (a) Las barras dentro del gráfico representan individuos y el color de la barra representa el porcentaje de pertenencia (Q) de cada individuo a diferentes grupos genéticos. (b) Valores de Delta K (la tasa de cambio en la probabilidad logarítmica de los datos entre valores sucesivos de K) estimados por K (que van desde 1-5). C. Wultsch/AMNH.



**Figura 52.** Análisis de agrupamiento espacial Bayesiano de jaguares en Costa Rica con GENELAND. El número de grupos genéticos obtenido fue (K = 2). Las barras dentro del gráfico representan individuos y el color de la barra representa el porcentaje de pertenencia (Q) de cada individuo a diferentes grupos genéticos. C. Wultsch/AMNH



**Figura 53.** Análisis de componentes principales (PCA) para los jaguares de Costa Rica. Los puntos representan los genotipos individuales, las elipses de inercia en diferentes colores representan regiones geográficas muestreadas (North-West: noroeste, North-East Central: noreste y central, South: sur). El diagrama de barras (inferior izquierda) representa gráficamente valores propios (eigen values) de los cuatro componentes principales en magnitud relativa. C. Wultsch/AMNH.



**Figura 54.** Aislamiento por patrones de distancia en jaguares costarricenses. Cada punto representa una comparación por pares entre los felinos individuales. C.Wultsch/AMNH

El promedio (±desviación estándar) de relación entre pares de jaguares fue 0.069 (± 0.11), con coeficientes de relación que van desde 0.00 hasta 0.50. Veinticuatro pares jaguar estaban estrechamente relacionados (nueve relaciones de hermanos de padre y madre y 15 de padres e hijos). Varios otros pares de jaguar mostraron un menor grado de parentesco (por ejemplo, medio-hermano, primo hermano, primo segundo). Entre las muestras de origen conocido, se detectaron varias relaciones padre-hijo y hermanos de padre y madre entre jaguares muestreados en el noreste (Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado y Parque Nacional de Tortuguero) y el área central este (El Cairo de Siquirres y el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca) (Cuadro 15). Ninguna relación de este tipo fue detectada entre estas áreas y jaguares del noroeste (varios sitios) y el suroeste (varios sitios en la Península de Osa) Costa Rica.

**Cuadro 15.** Relaciones de parentesco entre las distintas áreas de donde provenían las muestras de jaguar.

Danie and	Relación			Takal
Regiones	РО	FS	HS	Total
СВVСТ	0	0	1	1
CBVCT-NE	4	1	1	6
Guanacaste	0	1	0	1
Guanacaste-NE	0	0	3	3
Guanacaste- Upala	0	0	1	1
NE	5	1	5	11
NE-CBSS	0	0	4	4
NE-Cairo	0	0	1	1
Osa	0	0	1	1
Osa-Cairo	0	0	1	1
Osa-NE	0	0	1	1
Total	9	3	19	31

\*(PO: padres e hijos, FS: hermanos de padre y madre, HS: medios hermanos) (CBAS: Corredor Biológico Alexander Skutch, CBPC: Corredor Biológico Pájaro Campana, CBPD: Corredor Biológico Paso de la Danta, CBPL: Corredor Biológico Paso de las Lapas, CBSS: Corredor Biológico San Juan-La Selva, CBVCT: Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Cairo: Cairo, Siquirres, CVC: Unidad de Conservación del Jaguar Cordillera Volcánica-Central, Florencia: Florencia, San Ramón, Guanacaste: Unidad de Conservación Cordillera de Guanacaste, Nic: Karawala, Nicaragua, NE: Unidad de Conservación del Jaguar Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero, Osa: Unidad de Conservación del Jaguar Osa, Talamanca: Unidad de Conservación del Jaguar Talamanca, Upala: Guatuso, Upala).

#### 2. Puma

En el caso del puma se identificaron locus para 54 individuos diferentes (14 machos, 11 hembras y 29 de sexo no identificado). Las probabilidades promedio de identidades fueron 2.95E-12 y 7.77E-5 asumiendo ya sea apareamiento al azar ( $P_{(ID)ramdom}$ ) o el apareamiento entre hermanos ( $P_{(ID)sib}$ ), respectivamente. El total de muestras de puma fue de 68 (Anexo 2).

Todos los loci de microsatélites para puma fueron polimórficos, con un promedio ( $\pm$ desviación estándar) de alelos por locus de 9.30 ( $\pm$  4.00), con un rango de 3 a 15 alelos. Por su parte la estimación de la riqueza alélica promedio ( $\pm$ desviación estándar) utilizando rarefacción fue 8.88 ( $\pm$  3.68). El promedio esperado y observado de heterocigosidad para todos los loci fue HE= 0.75 ( $\pm$  0.21) y HO= 0.50 ( $\pm$  0.13). Nueve de los 10 loci tuvieron valores de F<sub>IS</sub> positivos, con un rango de 0.18 a 0.46 (Cuadro 16).

**Cuadro 16.** Resumen de la diversidad genética estimada para los pumas de Costa Rica. N<sub>A</sub>, número de alelos; A<sub>R</sub>, la riqueza alélica utilizando el método de rarefacción; H<sub>O</sub>, heterocigosidad observada; H<sub>E</sub>, heterocigosidad esperada; P<sub>HW</sub>, valor P - prueba de equilibrio de Hardy-Weinberg; F<sub>IS</sub>, coeficiente de endogamia; n, el número de felinos individuales. A.Caragiulo/AMNH

Puma concolor (n = 54)						
Locus	N <sub>a</sub>	$A_R$	Ho	H <sub>E</sub>	P <sub>HW</sub>	F
FCA032	3.00	2.92	0.18	0.16	1.00	-0.08
FCA075	6.00	5.99	0.54	0.75	0.00	0.28
FCA096	6.00	6.00	0.48	0.81	0.00	0.41
FCA100	14.00	13.19	0.55	0.85	0.00	0.35
FCA124	9.00	8.36	0.44	0.82	0.00	0.46
FCA126	11.00	10.22	0.57	0.84	0.00	0.32
FCA132	13.00	12.64	0.46	0.80	0.00	0.43
FCA208	10.00	10.00	0.58	0.83	0.00	0.30
FCA229	15.00	13.76	0.57	0.86	0.00	0.35
FCA275	6.00	5.71	0.63	0.77	0.00	0.18
Promedio	9.30	8.88	0.50	0.75		0.30
Desviación						
Estándar	4.00	3.68	0.13	0.21	4	0.16

Los análisis de agrupamiento para puma serán incluidos en un informe posterior. El promedio (±desviación estándar) de relación entre pares de pumas fue 0.08 (± 0.13), con coeficientes de relación que van desde 0.00 hasta 0.79. Sesenta y cinco pares de puma estaban estrechamente relacionados (50 relaciones de hermanos de padre y madre y 15 de padres e hijos). Existen diversas relaciones entre pumas de la Unidad de Conservación del Jaguar (UCJ) de Talamanca, el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVCT) (donde se encuentra el SBBD) y la UCJ Cordillera Volcánica Central (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Relaciones de parentesco entre las distintas áreas de donde provenían las muestras de puma.

	Relación			
Regiones	РО	FS	HS	Total
CBAS-CBPD	0	0	1	1
CBAS-CBSS	0	0	1	1
CBAS-Nic	0	0	1	1
CBPC-Upala	0	0	1	1
CBSS	2	1	7	10
CBSS-CBPC	0	0	3	3
CBSS-CBPL	1	0	0	1
CBSS-Florencia	0	0	1	1
CBSS-Nic	0	1	0	1
CBSS-Upala	0	0	3	3
CBVCT	1	0	1	2
CBVCT-CBAS	0	0	1	1
CBVCT-CBPC	0	0	1	1
CBVCT-CBPD	0	1	1	2
CBVCT-CBPL	0	0	2	2
CBVCT-CBSS	0	2	4	6
CBVCT-CVC	0	3	6	9
CBVCT-Nic	0	1	0	1
CBVCT-Osa	0	1	3	4
CBVCT-Talamanca	0	0	2	2
cvc	2	7	3	12
CVC-CBPC	0	0	2	2
CVC-CBPL	1	3	1	5
CVC-CBSS	1	3	4	8
CVC-Osa	0	0	5	5
Florencia-Upala	0	1	0	1
Osa	7	21	23	51
Osa-CBAS	0	0	1	1
Osa-CBPC	0	0	1	1
Osa-CBSS	0	0	7	7
Talamanca	0	1	0	1
Talamanca-CBPC	0	0	1	1
Talamanca-CBSS	0	2	5	7
Talamanca-CVC	0	0	3	3
Talamanca- Florencia	0	0	2	2
Talamanca-Osa	0	2	5	7
Talamanca-Upala	0	0	1	1
Total	15	50	103	168

\*(PO: padres e hijos, FS: hermanos de padre y madre, HS: medios hermanos) (CBAS: Corredor Biológico Alexander Skutch, CBPC: Corredor Biológico Pájaro Campana, CBPD: Corredor Biológico Paso de la Danta, CBPL: Corredor Biológico Paso de las Lapas, CBSS: Corredor Biológico San Juan-La Selva, CBVCT: Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Cairo: Cairo, Siquirres, CVC: Unidad de Conservación del Jaguar Cordillera Volcánica-Central, Florencia: Florencia, San Ramón, Guanacaste: Unidad de Conservación Cordillera de Guanacaste, Nic: Karawala, Nicaragua, NE: Unidad de Conservación del Jaguar Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero, Osa: Unidad de Conservación del Jaguar Osa, Talamanca: Unidad de Conservación del Jaguar Talamanca, Upala: Guatuso, Upala).

### DISCUSIÓN

El monitoreo de la vida silvestre en el SBBD es esencial para poder medir el impacto (positivo y negativo) de las acciones realizadas por los diferentes tomadores de decisiones en el área. El mapa de uso de suelo generado en esta investigación a partir de las capas proporcionadas por el ICE será esencial para medir los cambios generados por las acciones que pretende implementar el PHR para mantener la conectividad biológica del SBBD. Asimismo, será una herramienta valiosa para las autoridades ambientales y el Consejo del Subcorredor para monitorear los cambios negativos que se puedan presentar en el área (por ejemplo: deforestación).

Es importante destacar que el SBBD aún cuenta con un importante porcentaje de bosque, sobre todo hacia el este. Sin embargo, el área central está bastante deforestada y ahí predominan los pastos. También es de interés resaltar la cercanía de plantaciones de banano y de piña al límite norte del SBBD, usos de suelo que de extenderse hacia el SBBD podría ser perjudicial para la conectividad del Subcorredor.

A pesar de que hay una tendencia nacional a la recuperación de la cobertura forestal a partir de la década de los 90, el SBBD muestra una pérdida neta de bosque en el periodo entre 1989 y el 2013 (Figuras 17 y 55).

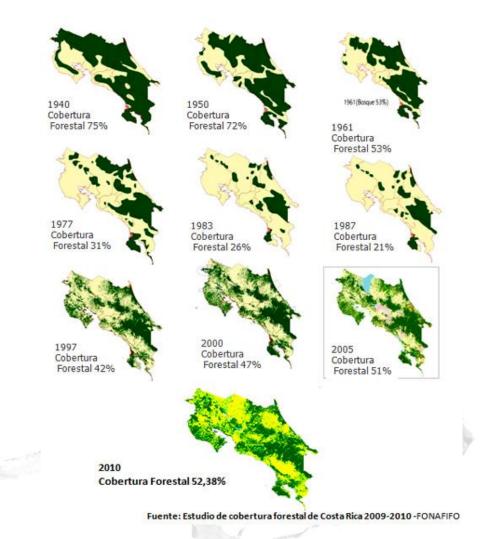


Figura 55. Cambio de cobertura forestal en Costa Rica de 1940 al 2010. FONAFIFO.

Las vías de acceso han facilitado la deforestación desde 1989 en el SBBD. Por esta razón, será importante ver el efecto (en la cobertura) de la pavimentación de la Ruta 415, el camino hacia Bajo Morazán y las otras rutas asfaltadas o mejoradas. La mayor parte de estas áreas deforestadas son actualmente potreros. La ganadería de la zona es en su mayoría extensiva, por lo que una de las recomendaciones sería buscar la forma de mejorar la producción ganadera haciéndola más eficiente, menos extensiva y combinándola con sistemas silvopastoriles.

Asimismo, es necesario incentivar la reforestación en la cola del futuro embalse y en general en el sector donde se ubican los corredores de menor costo (Figura 19). Esta área crítica se encuentra muy fragmentada, los parches de bosque son pequeños y los corredores en este sector son relativamente largos (algunos de varios kilómetros), lo que podría evitar la dispersión de ciertas especies. De hecho, la ausencia de registros en esta

zona, de mamíferos grandes y tepezcuintle para este estudio puede ser un indicio de que la cantidad y el tamaño de parches no son suficientes y que las presiones humanas pueden ser grandes (Figura 42). El potencial efecto de barrera absoluta o semipermeable del futuro embalse agravaría el panorama dada la pérdida de corredores, según los modelajes. Dentro del Plan de Gestión Ambiental y el Plan Maestro para mitigar los efectos del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón sobre la Conectividad y Funcionalidad del Subcorredor Barbilla-Destierro, se definen algunas acciones para mitigar este y otros impactos. Algunas de las acciones en ejecución para mitigar la afectación sobre el jaguar y el corredor biológico en general, están orientadas a la protección y reforestación de las propiedades adquiridas por el ICE, la promoción de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) con propietarios privados, el establecimiento de un vivero forestal y distribución de árboles para la reforestación en afluentes del Reventazón y alrededor del embalse (ICE 2008, ICE 2013).

Se han reportado jaguares nadando en el Río San Juan y en los canales de Tortuguero en Costa Rica. En este estudio se registraron dos jaguares que cruzaron el Río Pacuare y un manigordo que cruzó el Río Pacuare y el Reventazón. Asimismo, hay reportes confirmados de jaguares en la Isla de Barro Colorado en Panamá en 1983, 1993 y 2009 (STRI 2009) (Anexo 5). Esta isla está separada de tierra firme por 400 m a un lado y por 528 m al otro lado (aunque de este último existen algunas islas en el medio - distancia máxima entre islas 145 m) (R.Salom-Pérez obs. pers). Los guardabosques de la isla también han reportado nadando a cabros de monte, perezosos y manigordos, y huellas de puma y danta en islas separadas por 100 m de tierra firme. Elbroch et al. (2010) registraron un puma nadando en un lago de tierra firme a una isla (distancias de 630 y 1,087 m) en la Patagonia chilena (Anexo 6). Por otro lado, en un estudio de pumas en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Charles Russell en EUA, se reporta la posible muerte de un puma que intentó cruzar un embalse (datos sin publicar). Es importante mantener el embalse sin áreas cementadas en los bordes para facilitar la entrada y salida de los animales que quieran cruzar el lago. Es posible que algunas especies puedan llegar a nadar a través del embalse una vez que se acostumbren a su presencia, por lo que lo más probable es que para estas especies el embalse sea una barrera completa al inicio y luego se convierta en una semipermeable. Una complicación adicional es que existe poco bosque cercano al futuro embalse por lo que cualquier animal que cruce tendrá que pasar por áreas alteradas, antes de llegar a un área boscosa.

Muchos de los parches de bosque en el área crítica están asociados a zonas de altas pendientes que las hacen menos ideales para el tránsito de las especies. Asimismo, la potencial pérdida de alguno de estos parches podría tener un efecto negativo en la conectividad al duplicar o triplicar la longitud de los corredores entre parches de 50 ha o

más. De ahí que es importante implementar acciones de conservación de estos parches, tal y como el Pago de Servicios Ambientales diferenciado que está siendo implementado por el PHR.

La reforestación de 50 m alrededor del futuro embalse tendría un potencial efecto positivo en la conectividad, al dar una continuidad estructural a varios parches. Sobre todo tomando en cuenta, que en muchas áreas el área adquirida por el PHR supera considerablemente los 50 m de ancho. En la zona Atlántica de Honduras se ha registrado el movimiento de jaguares por 2 km, y de manigordos y algunas presas a lo largo de una línea de bosque de galería de un ancho similar (50-60 m), totalmente rodeado de agricultura (F. Castañeda com. pers.). Sin embargo, no está claro si una línea de bosque de 50 m alrededor del embalse será suficiente para el tránsito de las especies en distancias mayores. Esto sobre todo pensando en las especies más afectadas por la perturbación del hábitat y las presiones humanas como los felinos grandes, la danta, el cabro de monte, tepezcuintle y el saíno. En las franjas evaluadas en este estudio todas las especies detectadas fueron aquellas que se adaptan bien a la alteración del hábitat. Es necesario realizar análisis más exhaustivos para poder decir si estas franjas, y potencialmente la franja alrededor del embalse, son efectivas para mantener la conectividad de especies de mamíferos con mayores requerimientos. De cualquier forma, la conexión de esta y otras franjas con parches de mayor tamaño será fundamental para garantizar su éxito como mini-corredores.

Los mapas de selección de hábitat muestran tendencias para las diferentes especies y serán importantes para medir cambios en su distribución a futuro conforme se apliquen las medidas de mitigación. De esta manera, un aumento en especies que se adaptan a la alteración del hábitat serán útiles para detectar cambios negativos en la cobertura u otras presiones antropogénicas, mientras que el aumento en la ocupación del jaguar, puma, danta, saíno y tepezcuintle serán indicios de cambios positivos. El Índice de Integridad Ecológica presentado en esta investigación mostró ser una herramienta eficaz para ver el estado general de un área o de un conjunto de puntos con características específicas. Este índice se puede aplicar tanto a un área grande para medir cambios generales (como los cambios en el SBBD a lo largo de varios años), como en áreas más pequeñas para medir cambios más localizados.

La mayoría de las especies prioritarias que son más afectadas por las actividades humanas se encuentran en mayor abundancia en la UCJ-CVC con respecto al SBBD (por ejemplo puma, danta, cabro, saíno) (Cuadro 6). Esto sugiere que el área se encuentra en mejor estado en comparación con el SBBD. De esta manera la UCJ-CVC (y probablemente

la UCJ-Talamanca también) pueden estar funcionando como una fuente de estas poblaciones, mientras que el SBBD es el sumidero.

Por otro lado, no se detectó chancho de monte ni jaguar en la UCJ-CVC. Esta última especie si fue detectada en el SBBD en la Reserva Forestal Río Pacuare y en el Territorio Indígena Nairi Awari. El chancho de monte es una especie sumamente sensible a la cacería y a la alteración del hábitat, y suele ser el primer mamífero grande en desaparecer debido al efecto del ser humano (Salom-Pérez obs pers, Keuroghlian et al. 2013). Es posible que esta especie esté extinta de toda la UCJ-CVC o que se encuentre en densidades muy bajas.

El hecho de no detectar jaguar en la UCJ-CVC requiere de mayor investigación para poder saber si se encuentra en el área muestreada o no. Si estuviera presente, su densidad poblacional sería muy baja. Un resultado similar se obtuvo en una investigación realizada por Panthera dentro del Parque Nacional Braulio Carrillo y zonas protegidas aledañas en 2011, donde después de un esfuerzo de muestreo similar al del presente estudio solo se logró detectar un individuo (Corrales-Gutiérrez et al. 2012). Para efectos de la conservación del jaguar en el área y en el país es de suma importancia lograr entender cuáles son los factores que podrían estar causando la baja densidad (o la ausencia) de la especie en el área.

Es posible que existan ciertas presiones (cacería o degradación del hábitat, por ejemplo) que están afectando las poblaciones de mamíferos medianos y grandes en el área. Esto es reforzado por el hecho que el Índice de Integridad Ecológica solo fue un poco superior al Sector 2 del SBBD (ubicado entre el Río Reventazón y el Río Pacuare, que cuenta con pueblos, actividades productivas y una carretera). La presencia de especies relacionadas con hábitats alterados como el coyote en la UCJ-CVC apoya esta hipótesis.

La situación del puma es más alentadora que la del jaguar, encontrándose en mayor abundancia en la UCJ-CVC en comparación con el SBBD. La mayor presencia de pumas en el área podría explicar la disminución en la abundancia de los meso-predadores (carnívoros medianos) con respecto al SBBD (ver los casos del pizote, mapache, manigordo y tolomuco - Cuadro 6). La presencia de un depredador puede limitar la abundancia de otros depredadores más pequeños, lo que eventualmente podría tener un efecto positivo en las especies presa que comparten el área (Soulé et al. 1988, Palomares et al. 1995, Crooks y Soulé 1999). Consecuentemente una disminución de los meso-predadores y un aumento de los carnívoros grandes será una señal positiva de recuperación en el SBBD. Se recomienda realizar un estudio más exhaustivo (utilizando otras técnicas de muestreo) y abarcando más área de la UCJ-CVC para lograr identificar

de mejor manera las presiones sobre esta zona clave para la salud y la conectividad del SBBD.

Las cámaras localizadas en los cuerpos de agua en general no mostraron una diferencia marcada en su riqueza de especies y en el número de especies compartidas con respecto a las que estaban lejos de ellos. No obstante, muchos de estos cuerpos de agua tienen un faltante de cobertura y se encuentran en el área más deforestada del SBBD, por lo que esto puede estar afectando su funcionalidad como corredores riparios. Es necesario colectar más datos a futuro para evaluar esta hipótesis. En las lagunas se evidencia el impacto del ganado (Laguna Colombiano) no solo en el daño del equipo de monitoreo sino también en baja presencia de mamíferos silvestres, ya que en lagunas sin presencia de ganado la presencia de mamíferos fue mayor (Laguna Lankaster). Los cuerpos de agua con escasa cobertura boscosa presentan menor diversidad e integridad ecológica. Por lo que la recuperación y regeneración de los bosques riparios es crucial para mejorar la conectividad principalmente en Ríos como Calvario, Patincho, Reventazón y Moncha. El Río Pacuare, Quebrada Terciopelo y La Linda (parte baja y alta) tienen que recibir especial protección ya que son cuerpos de agua que visitan especies prioritarias como el saino, puma y el cabro de monte.

La baja cantidad de registros, de mamíferos grandes y medianos, en el área central del SBBD se puede deber a un potencial efecto barrera de las dos principales Rutas (10 y 415). Es muy marcada la diferencia en la detección de mamíferos grandes y el tepezcuintle en el área crítica comprendida entre las dos rutas, con respecto a las áreas al oeste de la Ruta 415 (hacia Cordillera Volcánica Central) y al este de la Ruta 10 (hacia Talamanca) (Figura 42). En los márgenes de ambas rutas durante 16 meses no se obtuvo registro de jaguar, danta, puma, saíno, cabro de monte ni tepezcuintle.

La Ruta 10 y la Ruta 415 tuvieron un Índice de Integridad Ecológico semejante (0.18). Será importante evaluar el impacto de la pavimentación y el potencial aumento en el flujo vehicular sobre las especies. En este sentido, el asfaltado de la Ruta 415 ya muestra tendencias a convertirse en un obstáculo mayor para el movimiento de las especies que el que era cuando estaba en lastre. Esto es apoyado por la comparación entre el 2011-2012 y el 2013-2014, en donde en el segundo periodo casi se quintuplicaron los atropellos y el Índice de Integridad Ecológica bajó (Salom-Pérez, et al. 2014a).

En ambas Rutas es necesaria la implementación de medidas que reduzcan su impacto en la conectividad, basadas en los sitios de cruce identificados y en las especies encontradas (Araya-Gamboa et al. datos sin publicar). En este estudio se muestran los sitios donde manigordos, cauceles y yaguarundis frecuentan las rutas y donde se han evidenciado cruces. Estos sitios son importantes para implementar medidas como pasos inferiores y

señalización para evitar el potencial atropello de estas especies prioritarias y asegurar la permeabilidad de estos caminos para favorecer la conectividad. Es fundamental continuar el monitoreo de estas Rutas y aplicar las medidas de mitigación (Araya-Gamboa y Salom-Pérez 2013) para evaluar su efecto. Si bien las calles no presentan un obstáculo absoluto para muchas especies, la deforestación y el desarrollo asociado multiplica el efecto negativo de las carreteras, en especial cuando están pavimentadas (aumento en velocidad y flujo vehicular). La aplicación de medidas que eviten un desarrollo no planificado (a nivel del Plan Regulador Municipal por ejemplo) y el control de actividades perjudiciales (deforestación, cacería) será esencial para disminuir el impacto del asfaltado sobre la conectividad de las especies.

Los felinos silvestres se ven afectados negativamente por la pérdida y fragmentación del hábitat (Nowell y Jackson 1996; Crooks 2002; Sunquist y Sunquist 2002; Macdonald y Loveridge 2010). El rango del jaguar y el puma sigue disminuyendo en el continente (Nowell y Jackson 1996, Caso et al. 2008) y el monitoreo de la diversidad genética, la comprensión de los patrones de estructura genética y el flujo de genes son vitales para mantener la diversidad genética a largo plazo de estas especies (Schwartz et al. 2007; Allendorf et al. 2013). Los jaguares y pumas pueden moverse a grandes distancias. Sólo en este estudio se registró el movimiento de un jaguar macho por 13.40 km en pocos días; inclusive un manigordo se desplazó 13.20 km, aunque este movimiento fue en varios meses. No obstante, los registros de jaguar en esta investigación se dieron todos en áreas protegidas y en Territorio Indígena. La presencia de especies como el jaguar e inclusive el puma (que se registra en mayor cantidad) a través del área central del SBBD parece ser ocasional. No existe una población estable de presas grandes en este sector central, por lo que se presume que los registros de jaguar y puma ahí se deben a individuos que se están dispersando y no a individuos residentes. La baja abundancia de presas es un factor que puede acrecentar el conflicto entre los felinos y los humanos, debido a que los primeros se ven forzados a atacar el ganado ante la ausencia de sus presas naturales. Desde agosto del 2009 Panthera ha registrado 27 ataques por puma, dos de jaguar, uno de perro y uno de perro o coyote en el SBBD y al menos dos jaguares asesinados (Corrales-Gutiérrez et al. datos sin publicar) (Anexo 11). Existen una gran cantidad de reportes de ataques a chancho doméstico sobre todo, en el TINA que no han sido confirmados. Dada la presencia de jaguares en el Territorio Indígena es importante la implementación de un programa para implementar medidas que reduzcan los ataques a sus chanchos. Una vez más se hace evidente que la salud y conectividad de los mamíferos medianos y grandes del SBBD no sólo depende de las acciones que se puedan implementar dentro del Subcorreodor sino también en las Unidades de Conservación del Jaguar aledañas.

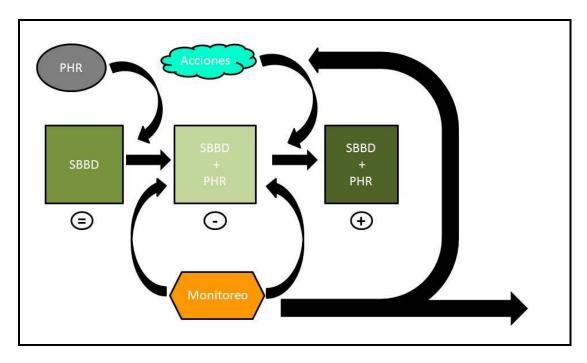
Los manigordos pueden ser utilizados como indicadores de cambios en el SBBD. Esta especie está ampliamente distribuida en el corredor y mantiene hasta el momento una buena capacidad de movilidad. Al identificar esta especie a nivel de individuos hemos podido evidenciar el cruce de los caminos caminos y de los ríos principales. Podremos utilizarla para determinar si el futuro embalse afectará su movilidad y distribución dentro del SBBD, al compararla con la que presenta actualmente.

El estudio realizado por Panthera, el AMNH y la UCR sobre la genética de la conservación de felinos en Costa Rica, con énfasis en el área del SBBD utilizando muestreo genético no invasivo, perros detectores de heces y escatología molecular está entre los primeros realizados en Centroamérica (Soto-Fournier 2014, Wultsch et al. 2014). Esta investigación revela niveles moderados y altos de diversidad genética y bajos niveles de diferenciación genética en los jaguares y pumas de Costa Rica. Esto es confirmado por investigaciones recientes con un mayor número de muestras (Caragiulo *et al.*2013, Soto-Fournier 2014). Es importante destacar que para el puma existe un flujo genético entre el SBBD y la UCJ-Talamanca y en mayor medida entre el SBBD y la UCJ-CVC. En el caso de los jaguares estas relaciones no son tan claras, debido al limitado número de muestras obtenidas. No obstante, a nivel nacional se logró detectar un parentesco relativamente cercano entre jaguares de Osa y Tortuguero, dos áreas separadas por una distancia considerable. Es necesario continuar estos estudios para confirmar estos datos.

Con un mayor número de muestras será posible confirmar la conectividad entre las áreas en un lapso corto de tiempo, e inclusive el movimiento de los individuos (en caso de poder encontrar muestras del mismo individuo en diferentes puntos). Estos estudios genéticos a escala fina que examinan los patrones locales de estructura de la población y los niveles de diversidad genética tienen el potencial de proporcionar información vital para ayudar a priorizar los esfuerzos de conservación y gestión en todo el país.

#### PROPUESTA DE PROGRAMA DE MONITOREO

La presente es una Propuesta del Programa de Monitoreo a futuro del impacto del PHR y las acciones de mitigación asociadas. Para realizar esta propuesta se organizó un taller con 13 expertos en la conservación del jaguar provenientes de siete países. Esta propuesta ha sido evaluada por expertos tanto del ICE como del BID. Su implementación dependerá en gran medida de estas entidades en la medida de sus posibilidades y presupuesto. El Programa seguiría la lógica presentada en el siguiente esquema (Figura 56).



**Figura 56.** Esquema que muestra los pasos del monitoreo en el SBBD para medir el impacto del PHR y las acciones de mitigación asociadas. Panthera.

Como se mencionó anteriormente, este no debe ser considerado como el Programa de Monitoreo completo, dado que es necesario integrar otros temas como el monitoreo de la parte acuática, de flora, mamíferos voladores, otros grupos de vertebrados y el aspecto cultural y socioeconómico que son partes fundamentales del ambiente. A continuación se describen brevemente la lista de aspectos de medición de la propuesta del Plan de Monitoreo.

#### I. Cambio de uso de suelo

El monitoreo del cambio de suelo será valioso para medir tanto la deforestación que se pueda presentar en la zona, como la reforestación que se tiene planeada por parte del ICE. Como se vio anteriormente el SBBD tiene una pérdida neta de cobertura boscosa en los últimos 25 años. Las medidas de mitigación deberían ir orientadas a revertir esta tendencia. Hay que prestar especial atención en la pérdida de cobertura en la Reserva Forestal Río Pacuare. Se debe hacer un mayor énfasis en las áreas que tienen rutas de acceso como caminos, carreteras y ríos, particularmente en los accesos nuevos. En la recuperación de bosques riparios y lagunas se deben contemplar los 250 m a la redonda de protección de las nacientes y en los cursos de agua los 15 o 50 m de zona de protección. Además, es importante valorar las fuentes de contaminación en los cuerpos de agua como potenciales barreras y trabajar con las comunidades para eliminarlas. Las siguientes acciones incluidas dentro del Plan Maestro para mitigar los efecto del PHR (ICE

2013), ayudarán a lograr este objetivo: aumentar la cobertura en cola del embalse, mantener los parches mayores a 5 ha, aumentar la cobertura en los parches menores a 5 ha que esté sobre la red de conectividad, la creación del plan de desarrollo forestal, la recuperación de los bosque riparios, la aplicación de incentivos para la conservación (PSA diferenciado) y la reforestación en la zona de amortiguamiento del embalse. Es necesario contemplar un mecanismo para la protección de los árboles de reforestación en fincas ganaderas, para evitar que el ganado los dañe y que se asegure su supervivencia. Otros aspectos como la promoción de plantaciones forestales, la mejora en producción ganadera (con prácticas integrales y sostenibles) y la diversificación con productos de bajo impacto como el cacao, también deberían ser promocionados. Debido al lento crecimiento de los árboles, los cambios en esta métrica sólo podrán ser claramente observados al pasar de varios años.

#### II. Conectividad estructural

Esta métrica es dependiente del punto anterior. En la medida que aumente o disminuya la cobertura forestal, así cambiarán los corredores de menor costo y la conectividad estructural en general. Como se vio anteriormente en el documento, la importancia y prioridad de los parches podría variar dependiendo de nuevas conexiones entre parches o por el contrario por la fragmentación. Las acciones del Plan Maestreo del ICE que se relacionan con este aspecto, son las mismas que en el anterior. La compra de tierras para conservación en sitios de alta importancia debería de evaluarse. Estos deberían basarse en los datos del monitoreo, priorizando las propiedades que cuentan con un mayor número de mamíferos grandes y aquellas que sean esenciales para la conectividad en la cola del embalse. En la medida de lo posible estas áreas deben de protegerse para evitar la cacería y las cercas que se coloquen (si las hubiera) deben ser diseñadas de manera tal que permitan el paso de los animales silvestres en sectores críticos (si es que no se puede hacer en su totalidad).

# III. Conectividad funcional e Índice de Integridad Ecológica

Este es el tema que tiene un mayor número de aspectos de medición. Las cámaras trampa son una herramienta sumamente efectiva para generar una gran cantidad de información en relativamente poco tiempo. Un muestreo intensivo como el presentado en esta investigación es el ideal. Sin embargo, las cámaras y los gastos asociados pueden ser significativos. Se sugiere tener: 1. una serie de sitios permanentes (en la cola del embalse) y 2. un diseño de paneles, de manera que haya un grupo de cámaras que se pueda ir rotando a lo largo del SBBD para generar información en otros sitios (Bailey *et al.* 2007). La propuesta en este punto es que se mantengan al menos 8 cuadrículas permanentes en la zona central del SBBD (cuadrículas #6, 8, 9, 10, 11, 13, 14 y 15). El

resto se pueden ir rotando en grupos de 7, 7 y 8 cuadriculas cada año (total: 30), de manera que se pueda obtener información de todo el SBBD en cuestión de 3 años. Lo ideal sería que las cuadrículas rotativas estén distribuidas a lo largo del SBBD.

El análisis de estos datos con metodologías como la selección de hábitat y el Índice de Integridad Ecológica, pueden ser útiles para detectar cambios (por ejemplo "colonización" y "extinción" en cuadrículas o la pérdida/ganancia de biodiversidad).

Es necesario monitorear los parches y corredores de menor costo propuestos, con el fin de ver su funcionalidad y refinar la localización de estos corredores. La evaluación de los cuerpos de agua y de los principales caminos ayudará a definir el efecto real que tienen sobre la conectividad y será de gran importancia medir el impacto de las acciones de mitigación asociadas a estos dos temas. El monitoreo de parches existentes de un ancho similar a lo que se propone sea la línea de reforestación alrededor del embalse o de cuerpos de agua con ese ancho de borde de bosque, podría dar un indicio acerca de su futura funcionalidad como corredor. Asimismo, se recomienda evaluar el uso de las islas naturales en el Río Reventazón, para detectar si son usadas por los animales, con miras a brindar recomendaciones una vez formado el embalse.

Por otro lado, un estudio más exhaustivo acerca de las poblaciones de mamíferos medianos y grandes en las áreas protegidas y territorios indígenas ubicados en los dos extremos del SBBD es de gran importancia (UCJ-CVC y UCJ-Talamanca). Estas áreas son las "fuentes" de las especies más vulnerables al impacto por parte del ser humano y deberían tener poblaciones estables y saludables, sin embargo los estudios en dichas áreas son pocos o nulos.

La recolección de muestras genéticas es de gran importancia para lograr ver movimientos de genes en poco tiempo (por ejemplo al tener relaciones de hermanos de padre y madre-una generación- o de padre e hijo- dos generaciones) a través del paisaje. Asimismo, se podría lograr ver el movimiento de individuos en caso de contar con más de una muestra de un mismo individuo, en diferentes puntos. Igualmente, la genética nos da una perspectiva del estado de salud poblacional de los felinos que trasciende los límites del SBBD, teniendo relevancia nacional y regional para la conservación de las especies a lo largo de su distribución. Si se logra establecer un convenio entre el ICE y Panthera y /o la Escuela de Biología de la UCR, este monitoreo genético podría continuar con un gasto económico mínimo por parte del ICE, dado que los mayores gastos están en los análisis de laboratorio. La escogencia de una especie relativamente común en la zona (como el manigordo), podría ayudar a garantizar tener suficientes muestras para poder medir cambios o detectar diversidad genética, estructura poblacional y parentesco y relacionarlos con los impactos (positivos y negativos) del área.

El empleo de gente local como asistentes de campo en este monitoreo es sumamente beneficioso, no sólo para aprovechar el conocimiento local sino también como una estrategia de educación ambiental y para involucrar a los pobladores de la zona de una manera más directa en los esfuerzos de conservación. Cabe resaltar que como son personas conocidas en la comunidad y son parte del proceso de instalación de las cámaras trampa, esto puede disminuir el robo y daño de las cámaras (como sucedió en el presente estudio donde estos eventos fueron mínimos).

Las acciones del Plan Maestro del ICE, que tienen un injerencia sobre estas métricas son aquellas que se mencionaron en la sección de conectividad estructural, además de disminuir el impacto de la ruta 415 y la ruta 410 sobre la conectividad, la disminución de los conflictos entre los ganaderos y los jaguares (y la vida silvestre en general), propiciar las condiciones ecológicas necesarias para la supervivencia del jaguar en el largo plazo y crear rutas de conectividad para la fauna y hábitats.

#### IV. Convivencia de humanos con la vida silvestre

Los insumos más importantes para esta métrica se incluyen en el Plan de Conservación para el SBBD. Sin embargo, los datos de las cámaras-trampa pueden dar indicios acerca de dónde puede haber más presiones humanas (por ejemplo mediante la detección de cazadores, perros de cacería, presencia de animales domésticos en el bosque, etc.). Las acciones que tengan que ver con aumentar el sentido de pertenencia y el conocimiento de los locales sobre la vida silvestre en general serán esenciales para lograr este objetivo. La entrevista hecha por Panthera en el SBBD, brinda datos sumamente importantes para lograr aterrizar las medidas generales propuestas en acciones más específicas, concretas y adecuadas con la realidad de la zona. Cabe resaltar que en esta entrevista se evidenció el grado de significancia que tiene en las personas el ataque de ganado por felinos. Como se mencionó anteriormente, las depredaciones al ganado por parte de los felinos y la consecuente matanza del jaguar y puma ya se han reportado en el SBBD. Dentro de los objetivos del Plan Maestro del ICE relacionados con esta métrica se incluyen: disminuir las interacciones negativas entre los ganaderos y el jaguar, disminuir la mortalidad de jaguares a causa de la cacería, disminuir los impactos negativos sobre la biodiversidad del SBBD mediante la educación ambiental, sensibilizar a los habitantes del SBBD sobre la importancia del Subcorredor mediante una estrategia de comunicación, promover la participación directa de los actores clave dentro del Comité Local del SBBD, apoyar proyectos productivos sostenibles de pequeños grupos organizados y promover la participación indirecta de los habitantes del SBBD.

En general la educación ambiental, a todos los niveles (niños, jóvenes y adultos), y el fortalecimiento del Consejo Local del SBBD se consideran ejes transversales que pueden

tener un impacto positivo y a corto plazo en todos los aspectos medidos en esta propuesta de Plan de Monitoreo. A continuación se resumen los aspectos citados arriba (Cuadro 18).

Cuadro 18. Lista de los temas incluidos en la propuesta del plan de monitoreo en el SBBD.

Aspecto Medido	Recursos mínimos	Periodicidad	Escala Espacial	Indicador (Medida
1. Cambio de uso de suelo (ver sección Metodología II)	necesarios  a. Imágenes de satélite (i.e. Landsat, Aster) b. Software de SIG: Arc GIS, ERDAS Imagine o equivalentes c. Técnico de SIG d. Técnicos de campo para verificación de puntos en el	Cada 10 años	Todo el SBBD	(1) Mapa con el cambio de uso de suelo cada 10 años  (Aumento en el # de ha de bosque)
2. Conectividad estructural (ver sección Metodología III)	terreno a. Imágenes de satélite (i.e. Landsat, Aster) b. Software de SIG: Arc GIS o equivalentes c. Técnico de SIG	Cada 10 años	Todo el SBBD	(1) Mapa que muestre la pérdida/ganancia de los valores de los corredores de menor costo y los parches asociados.  (Aumento en el valor de los corredores de menor costo)
3. Conectividad funcional: cámaras-trampa a lo largo del SBBD con énfasis en la cola del embalse (ver sección Metodología IV A	a. Cámaras- trampa b. Software R o Presence, Arc GIS o equivalente c. Investigador principal d. Técnicos de	Todos los años (sitios permanentes y rotativos)	Cuadrículas seleccionadas a lo largo del SBBD y cuadrículas permanentes.	(1) Reporte comparativo cada año (incluye análisis de selección de hábitat y movimientos individuales de felinos

y D)	campo			manchados)
y D)	campo			(Aumento en el # de especies clave* en la parte central del SBBD, en el área crítica y en el área central comprendida entre las dos Rutas)  (1) Reporte
	Service of the servic			comparativo que muestre el número de individuos (para el caso de felinos manchados) y sus movimientos a lo largo del SBBD  (Aumento en el #
				de individuos (felinos manchados) moviéndose a lo largo del SBBD
4. Conectividad	a. Cámaras-	Cada 5 años	Cuerpos de	(1) Reporte
funcional:	trampa		agua sobre	comparativo cada
cámaras-trampa	b. Software		todo en el	5 años.
en cuerpos de	Comdyn		área de la cola de la	(Mayor
agua con énfasis en la cola del	c. Investigador principal		cola de la represa	(Mayor presencia de
embalse	d. Técnicos de		ιεριεσα	especies clave*
(ver sección	campo			en los cuerpos de
Metodología IV B	,			agua)
y D)				
5. Conectividad	a. Cámaras-	Iniciar	Ruta 415 y	(1) Reporte
funcional:	trampa	inmediatamente	Ruta 10	después de
cámaras-trampa	b. Investigador	después de		aplicada las
y recorridos	principal	aplicadas las		medidas
(avistamientos y	c. Técnicos de	medidas de		

atropellos) en caminos (ver sección Metodología IV C y D)	campo	mitigación y después cada dos años		(1) Reporte comparativo cada 2 años (Disminución del número de atropellos y uso efectivo de los pasos implementados)
6. Biodiversidad: Índice de integridad ecológica (ver sección Metodología IV D), Indice de Diversidad y Equidad	a. Cámaras- trampa b. Investigador principal c. Técnico de SIG d. Técnicos de campo	Cada 5 años	Todo el SBBD	(1) Reporte comparativo cada 5 años  (Aumento en los Índices dentro del SBBD, especialmente del sector 1 y 2)
7. Convivencia de humanos con la vida silvestre	a. Cámaras- trampa b. Entrevista c. Recursos para la implementación de medidas anti- depredatorias en fincas d. Investigador principal e. Técnicos de campo	Iniciar un año después de aplicadas las medidas de mitigación (i.e. educación ambiental, medidas antidepredatorias) y después cada 5 años	Todo el SBBD con énfasis en la cola del embalse	(1) Reporte después de aplicadas las medidas  (1) Reporte comparativo cada 5 años  (Disminución en el número de ataques a ganado y mejora significativa en la percepción sobre el jaguar y la vida silvestre en general)

<sup>\*</sup>Especies clave: jaguar, puma, danta, cabro de monte, venado, saíno y tepezcuintle.

### **AGRADECIMIENTOS**

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes organizaciones que de una u otra manera colaboraron con los estudios en que se basa este documento: Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar, Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Banco Interamericano de Desarrollo, Museo de Historia Natural de Nueva York, Escuela de Biología-Universidad de Costa Rica, Hablemos de Perros, SINAC, Asociación de Desarrollo Indígena de Nairi Awari, Proyecto Hidroeléctrico Reventazón-ICE, Programa Jaguar-UNA, Aventuras Naturales/Pacuare Lodge, Ríos Tropicales, La Casa del Piloto, Maquengue Falls, Hacienda Ojo de Agua, CATIE, Unidad de Atención de Conflicto con Felinos, Panthera y principalmente a las Comunidades y propietarios del SBBD y de la UCJ-CVC. Un reconocimiento al gran trabajo y compromiso de los Buscadores de Felinos: Evelio Romero, Efraín Aguilar, Jaime López, Abraham López, Rodrigo Ureña, Erick Aguilar, Miguel Aguilar y Mauricio Fuentes. Se valora el importante aporte de los miembros del Programa Jaguar de Panthera: Dan Thornton, Molly Parrish, Bart Harmsen, Rebecca Foster, Franklin Castañeda, Sandra Hernández-Potosme, Esteban Payán y Kathy Zeller.

Deseamos, resaltar el gran trabajo realizado por varias personas para la recopilación de esta información tanto en campo como fuera de él, Manuel Orozco, Josephine Dusapin, José Vindas, David Mattey, Adolfo Artavia, José R. Quirós, Jorge Rojas, Travis King, Angie Liz Varela, Mirna Salas, Gabriel Sibaja, Manuel Orozco, Geison Chavarría, Froylan López, Juan Montoya, Aroth Chang, Asdrúbal Brenes, Julio Chinchilla, Yosette Araya, Luis Guillermo Brenes y Franklin Martínez. Al Departamento de Biología del PHR: Jorge Leiva, Angie Sánchez, Edwin Gómez y Giovanni Rodríguez por su apoyo en el campo. Un especial agradecimiento para Salisa Rabinowitz, George Amatto y Gustavo Gutiérrez. Finalmente agradecer a nuestras familias por darnos su incondicional apoyo y por motivarnos a dar lo mejor.

#### Proyecto Genética:

Queremos hacer una especial mención a todas las personas y organizaciones que han colaborado con la colecta de muestras de felinos para los análisis genéticos, sin su colaboración este proyecto no hubiera sido posible. A continuación hacemos mención de las personas (en orden alfabético) que han aportado con al menos una muestra para el presente estudio: Adolfo Artavia, Adriana Pérez, Aida Bustamante, Alvaro (UCR), Alvaro Simon, Benjamin Barca, Carolina Sáenz, Celio Saballo, Cristian, Daniel Corrales Gutiérrez, Danilo Leandro, Donald Filipiak, Eduardo Carrillo, Enrique Rojas, Ever Urbina, Félix Villalobos, Gustavo Gutiérrez, Franklin Martínez, Haji Valverde, Isabel Hagnuer, Jaime López, Javier Carazo, Jose Quesada, Jorge Porras, JP Piazza, Juan Montoya, Mariano

Barrantes, Marta Cordero, Mike Mooring, Neftalí, Olman Cubero, Rachel Keating, Randall Arguedas, Ricardo Moreno, Roberto Gramajo, Roberto Salom-Pérez, Robin Darly, Ronit Amit, Sheiris, Sofía Soto, Tash, Ulises Alemán y Víctor Hugo Montalvo. Igualmente reconocemos (en orden alfabético) el valioso aporte de organizaciones que están ligadas a este proyecto ya sea en la investigación, recolección de muestras, otorgando permisos, realizando análisis, proveyendo financiamiento, etc: Centro de Rescate Las Pumas, Centro de Rescate para Vida Silvestre La Marina, Fundación Jaguar, FundaZoo, GVI, Hospital Veterinano-UNA, ICOMVIS-UNA, La Paz Waterfall Gardens, OET-La Selva, Unidad de Atención de Conflictos con Felinos, Panthera, Point Loma University, QERC, Rara-Avis, SINAC, UCR, UNA y Yaguará.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Allendorf, F.W., Luikart, G., Aitken, S.N. (2013). Conservation and the genetics of populations. Blackwell Pub., Malden, MA; Oxford.
- Ahumada, J.A., J. Hurtado, D. Lizcano. (2013). Monitoring the status and trends of Tropical Forest terrestrial vertebrate communities from camera trap data: a tool for conservation. Plos One 8(9): e73707.
- Antón, V. (2006). Modelo de aplicación práctica de estudio de impacto ambiental. Universidad Nacional de Piura. Perú. 58 p.
- Araya-Gamboa, D. y R. Salom-Pérez. 2013. Método para la identificación de pasos de fauna sobre la Ruta 415, dentro del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro "Paso del Jaguar", Costa Rica. Mimeografiado. 39p.
- Avendaño, S. et al (2006). Caracterización del componente socioeconómico y cultural del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón 265. Proceso de Planeamiento Ambiental, UEN Centro Nacional de Planificación Eléctrica, Instituto Costarricense de Electricidad.
- Bailey, L. L., Hines, J. E., Nichols, J. D., &MacKenzie, D. I. (2007). Sampling design tradeoffs in occupancy studies with imperfect detection: examples and software. Ecological Applications, *17*(1), 281-290.
- Barborak, JR; Carr III, AF; Harris, LD. (1994). Recomendaciones para la consolidación territorial y conectividad de las áreas protegidas de Costa Rica. In Vega, A. (Ed.). Corredores conservacionistas en la Región Centroamericana; Conferencia Regional auspiciada por el Proyecto Paseo Pantera. Memoria. Tropical Research and Development, Inc., Florida.

- Barton, K. (2015). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.14.0. http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn
- Bolaños, R., y V. Watson. (1993). Mapa Ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del mundo de L. R. Holdridge (Escala: 1:200 000). CCT, San José, Costa Rica.
- Burnham, K.P., and W.S. Overton.(1979). Robust Estimation of Population Size When Capture Probabilities Vary Amoung Animals. Ecology 60(5)927-936.
- Burnham, K. P., and D. R. Anderson. (2002). Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd edition. Springer, New York.
- BID. (2013). Conservación de Biodiversidad en Proyectos Hidroeléctricos: Experiencias del BID. Colombia. <a href="http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/southamerica/conservacion-de-biodiversidad-en-proyectos-hidroelectricos.pdf">http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/southamerica/conservacion-de-biodiversidad-en-proyectos-hidroelectricos.pdf</a>
- Caragiulo, A., Dias-Freedman, I., Clark, J. A., Rabinowitz, S., & Amato, G. (2013). Mitochondrial DNA sequencevariation and phylogeography of Neotropic pumas (*Puma concolor*). Mitochondrial DNA, (0), 1-9.
- Caso, A., Lopez-Gonzalez, C., Payan, E., Eizirik, E., de Oliveira, T., Leite-Pitman, R., Kelly, M., Valderrama, C. (2008). *Panthera onca*. <a href="http://www.iucnredlist.org/">http://www.iucnredlist.org/</a>. Accessed 27 June 2014.
- Corrales-Gutiérrez, D., Salom-Pérez, R., Carazo-Salazar, J. y Araya Gamboa, D. (2012). Evaluación inicial de la Unidad de Conservación del Jaguar (Panthera onca) Parque Nacional Braulio Carrillo, Costa Rica. Informe Técnico. Mimeografiado. Panthera. 50p.
- Crooks, K. R., & Soulé, M. E. (1999). Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. Nature, 400(6744), 563-566.
- Crooks, K.R. (2002). Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. Conservation Biology, 16, 488-502.
- Cushman, S. A., Compton, B. W., & McGarigal, K. (2010). Habitat fragmentation effects depend on complex interactions between population size and dispersal ability: modeling influences of roads, agriculture and residential development across a range of life-history characteristics. In Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation (pp. 369-385). Springer Japan.
- de Oliveira, T., Eizirik, E., Schipper, J., Valderrama, C., Leite-Pitman, R. & Payan, E. 2008. Leopardus tigrinus. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <a href="https://www.iucnredlist.org">www.iucnredlist.org</a>. Downloaded on 20 June 2015.

- DiMiceli, C. M., Carroll, M. L., Sohlberg, R. A., Huang, C., Hansen, M. C., & Townshend, J. R. G. (2011). Annual global automated MODIS vegetation continuous fields (MOD44B) at 250 m spatial resolution for data years beginning day 65, 2000-2010, collection 5 percent tree cover. USA: University of Maryland, College Park, MD.
- Doblez, J & Morales, F. (1988). Servicios de Parques Nacionales, Parque Nacional Braulio Carrillo. Plan Financiero. San José, Costa Rica. 64 pp.
- Earl, D. A., and B. M. Vonholdt. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. Conservation Genetics Resources 4:359-361.
- Efford, M. G., Dawson, D. K. and Borchers, D. L. (2009) Population density estimated from locations of individuals on a passive detector array. Ecology 90, 2676–2682.
- Elbroch, M. L., Saucedo, C., & Wittmer, H.U. (2010). Swimming by pumas (*Puma concolor*) in Patagonia: rethinking barriers to puma movement. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 45(3), 187-190.
- Evanno, G., S. Regnaut, and J. Goudet. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. Molecular Ecology 14:2611-2620.
- Farrell, L.E., J. Roman & M.E. Sunquist. 2000. Dietary separation of sympatric carnivores identified by molecular analysis of scats. Mol. Ecol. 9: 1583–1590.
- Fernández, P., Gutiérrez-Espeleta, G., Carrillo, E. 2012. Felinos en la arqueología de Costa Rica: pasado y presente. Fundación Museos del Banco Central. San José, Costa Rica. 130p.
- Fiske, I., and R. Chandler (2011). Unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. Journal of Statistical Software 43:1-23.
- Forman, R. y L. Alexander. (1998). Roads and Their Major Ecological Effects. Annual. Rev. Ecol. Syst. 1998. 29:207–31.
- García, R. (1996). Propuesta Técnica de Ordenamiento Territorial con Fines de Conservación de Biodiversidad en Costa Rica: Proyecto GRUAS. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio del Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 114 p.
- Gittleman, J. L., & Gompper, M. E. (2005). Plight of predators: the importance of carnivores for understanding patterns of biodiversity and extinction risk. Ecology of predator—prey interactions, 370-388.
- González, V. y F. Poltronieri. 2002. Diagnóstico socioeconómico y cultural: Análisis Multicriterio de los Proyectos Hidroeléctricos, en las cuencas de los Ríos

- Reventazón y Pacuare. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 582p.
- González-Diez, V.M. (2011). Evaluación ex-post del impacto de las medidas de mitigación ambiental en el Proyecto Hidroeléctrico Porce II. BID. Washington D.C., EUA. 51p.
- Goslee, S. C., and D. L. Urban. 2007. The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data. Journal of Statistical Software 22:1-19.
- Guillot, G., F. Mortier, and A. Estoup. 2005. GENELAND: a computer package for landscape genetics. Molecular Ecology Notes 5:712-715.
- Haag, T., A. S. Santos, D. A. Sana, R. G. Morato, L. Cullen, P. G. Crawshaw, C. De Angelo, M. S. Di Bitetti, F. M. Salzano, and E. Eizirik. 2010. The effect of habitat fragmentation on the genetic structure of a top predator: loss of diversity and high differentiation among remnant populations of Atlantic Forest jaguars (Panthera onca). Molecular Ecology 19:4906-4921.
- Harrell, F.E. Jr, with contributions from Charles Dupont and many others. (2015). Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 3.16-0. http://CRAN.R-project.org/package=Hmisc
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.
- Hines, J.E., T. Boulinier, J.D. Nichols, J.R. Sauer, and K.H. Pollock. (1999). COMDYN: software to study the dynamics of animal communities using a capture-recapture approach. BirdStudy 46(suppl.), \$209-217.
- ICE. (1993). Reserva Forestal Río Pacuare: Diagnóstico Socioeconómico. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. 63p.
- ICE. (2008). Estudio de impacto ambiental: Proyecto hidroeléctrico Reventazón, cantón de Siquirres. Expediente SETENA No. 0331-08. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. 1265 pp. más Apéndices.
- ICE. (2013). Plan Maestro para mitigar los efectos del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón sobre la Conectividad y Funcionalidad del Subcorredor Barbilla Destierro. Mimeografiado. 96p.
- Isasi-Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en Ecología de la Conservación. Interciencia Vol.36, No.1: 31-38.
- Jombart, T. 2008. adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. Bioinformatics 24:1403-1405

- Kalinowski, S.T. (2005). HP-RARE 1.0: a computer program for performing rarefaction on measures of allelic richness. Molecular Ecology Notes, 5, 187-189.
- Kalinowski, S.T., Wagner, A.P., Taper, M.L. (2006). ML-RELATE: a computer program for maximum likelihood estimation of relatedness and relationship. Molecular Ecology Notes, 6, 576-579.
- Keuroghlian, A., Desbiez, A., Reyna-Hurtado, R., Altrichter, M., Beck, H., Taber, A. & Fragoso, J.M.V. 2013. Tayassu pecari. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 June 2015.
- Kitano, T., K. Umetsu, W. Tian& M. Osawa. (2007). Two universal primer sets for species identification among vertebrates. Int. J. Legal Med. 121: 423–427.
- Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (2010) Biology and conservation of wild felids. Oxford University Press, Oxford [England]; New York.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, G. B. Lachman, S. Droege, J. A. Royle, and C. A. Langtimm. (2002). Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. Ecology 83:2248-2255.
- MacKenzie, D. I., & Bailey, L. L. (2004). Assessing the fit of site-occupancy models. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 9(3), 300-318.
- Mazerolle, M.J. (2015). AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c). R package version 2.0-3. http://CRAN.R-project.org/package=AICcmodavg.
- Menotti-Raymond, M., David, V.A., Lyons, L.A., Schaffer, A.A., Tomlin, J.F., Hutton, M.K., O'Brien, S.J. (1999) A genetic linkage map of microsatellites in the domestic cat (*Felis catus*). Genomics, 57, 9-23.
- Menotti-Raymond, M., O'Brien, S.J. (1995). Evolutionary conservation of ten microsatellite loci in four species of Felidae. The Journal of Heredity, 86, 319-322.
- Miller, B., Dugelby, B., Foreman, D., Martínez del Río, C., Noss, R., Reading, R., Soulé, M.E., Terborgh, J. y Wilcox, L. (2001). Endagered Species UPDATE 18, 202-210.
- Mokate, K.M. (2000). El Monitoreo y la Evaluación: herramientas indispensables de la gerencia social. INDES. <a href="http://decon.edu.uy/100jovenes/materiales/sgNC-20.pdf">http://decon.edu.uy/100jovenes/materiales/sgNC-20.pdf</a>. 35p.
- Murray, L. y L. Rossi. (2007). Guía de Monitoreo y Evaluación. Pact Brasil. <a href="http://www.monitoreoyevaluacion.info/biblioteca/MVI">http://www.monitoreoyevaluacion.info/biblioteca/MVI</a> 100.pdf. 50p.
- Nichols, J. D., T. Boulinier, J. E. Hines, K. H. Pollock, and J. R. Sauer. (1998). Estimating rates of local species extinction, colonization, and turnover in animal communities. Ecological Applications 8:1213-1225.

- Nowell, K., Jackson, P. (1996). Wild cats: status survey and conservation action plan. In: IUCN, Gland, Switzerland.
- Obando-Calderon, G. 2006. Primera colección bioacústica de aves para un área protegida de la región Parque Nacional Braulio Carrillo. Zeledonia. Costa Rica. 10: 13 22.
- Ortiz, E., & Soto, C. (2008). Atlas Digital de Costa Rica 2008. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ortiz, E., & Soto, C. (2014). Atlas Digital de Costa Rica 2014. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Palomares, F., Gaona, P., Ferreras, P., & Delibes, M. (1995). Positive effects on game species of top predators by controlling smaller predator populations: an example with lynx, mongooses, and rabbits. Conservation Biology, 295-305.
- Paxinos, E., C. McIntosh, K. Ralls & R. Fleischer. (1997). A noninvasive method for distinguishing among canid species: amplification and enzyme restriction of DNA from dung. Mol. Ecol. 6: 483–486.
- Peakall, R.O.D.&Smouse, P.E. (2006). GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Molecular Ecology Notes, 6, 288-295.
- Petracca, L., S.Hernández-Potosme, L.Obando-Sampson, R. Salom-Pérez, H.Quigley, & H.Robinson. (2014). Agricultural encroachment and lack of enforcement threaten connectivity of range-wide jaguar (*Panthera onca*) corridor. Journal for Nature Conservation 22:436-444.
- Pritchard, J. K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. Genetics 155:945-959.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.URL http://www.R-project.org/.
- Rabinowitz, A. y Zeller, K.A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, Panthera onca, *Biological Conservation* 143, 939–945.
- Raymond, M.&, Rousset, F. (1995). GENEPOP (version-1.2) Population-genetics software for exct tests and ecumenicism. Journal of Heredity, 86, 248-249.
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. BioScience, 412-422.
- Reid, F.A. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Universidad de Oxford, Nueva York. 334p.
- Roberger, J. y Angelstam, P. (2004). Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. Cons. Biol. 18: 76-85.

- Running, S. W., Nemani, R. R., Heinsch, F. A., Zhao, M., Reeves, M., & Hashimoto, H. (2004). A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. Bioscience, 54(6), 547-560.
- Sáenz, J. y Carrillo, E. 2002. Jaguares depredadores de ganado en Costa Rica: ¿Un problema sin solución? In Medellín, R.; Equihua, C.; Chetkiewicz, Ch.; Crawshaw, P.; Rabinowitz, A.; Redford, K.; Robinson, J.; Sanderson, E.; Taber, A. (Eds) El Jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society. México. 127-137 pp.
- Salom-Pérez, R., Quigley, H., Corrales-Gutiérrez, D., Carazo-Salazar, J., Araya-Gamboa, D., Robinson, H. & Petracca, L. (2013). Documento de línea base para el monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso del Jaguar. San José, Costa Rica. Mimeografiado. 42 p.
- Salom-Pérez, R., Araya-Gamboa, D., Corrales-Gutiérrez, D., Carazo-Salazar, J., Petracca, L., Robinson, H., Wultsch, C., Caragiulo, A., Spínola, M., Aguilar, C., Urbina, E.& Quigley, H. (2014a). Programa de monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso Del Jaguar: Informe #1.San José, Costa Rica. Mimeografiado. 104 p.
- Salom-Pérez, R., Araya-Gamboa, D., Corrales-Gutiérrez, D., Petracca, L., Carazo-Salazar, J., Aguilar, C., Urbina, E. & Quigley, H. (2014b). Programa de monitoreo de mamíferos medianos y grandes en el Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro/Paso Del Jaguar: Informe #2. San José, Costa Rica. Mimeografiado. 35 p.
- Sanderson, E.W., Redford, K.H., Chetkiewicz, C.B., Medellin, R.A., Rabinowitz, A.R., Robinson, J.G., &Taber, A.B. (2002). Planning to save a species: the Jaguar as a model, Conservation Biology, 16, 58–71.
- Schwartz, M.K., Luikart, G., Waples, R.S. (2007). Genetic monitoring as a promising tool for conservation and management. Trends in Ecology & Evolution, 22, 25-33.
- Shaffer, M. (1989). Minimum viable populations: coping with uncertainty, p.69-86. **In** M.E. Soulé (ed.). Viable populations for conservation. Universidad de Cambridge, Cambridge, Inglaterra.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. (1949). The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2003). Informe Nacional Sobre el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas. Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 70p.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2007). GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica.

- Volumen 1: Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad Terrestre. San José, Costa Rica. 100 p.
- Solymos, P., Moreno, M y Lele, S.R. (2014). detect: Analyzing Wildlife Data with Detection Error. R package version 0.3-2. http://CRAN.R-project.org/package=detect
- Soto-Fournier, S. 2014. Diversidad genética y estructura poblacional de Panthera onca y Puma concolor (Carnivora: Felidae) en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Soulé, M. E., Bolger, D. T., Alberts, A. C., Wrights, J., Sorice, M., & Hill, S. (1988). Reconstructed dynamics of rapid extinctions of chaparral-requiring birds in urban habitat islands. Conservation Biology, 2(1), 75-92.
- STRI. (2009). Elusive jaguar photographed for first time on Barro Colorado Island. Webpage:

  <a href="http://www.stri.si.edu/english/about stri/headline news/news/article.php?id=97">http://www.stri.si.edu/english/about stri/headline news/news/article.php?id=97</a>
  4
- Sunquist, M.E., Sunquist, F. (2002). Wild cats of the world. University of Chicago Press, Chicago.
- Swank, W.G. y J.G. Teer.(1991). A proposed program from sustained jaguar populations, p.95-106.In Anónimo (ed.). Felinos de Venezuela: biología, ecología y conservación. Fudeci, Venezuela.
- Taberlet, P., Griffin, S., Goossens, B., Questiau, S., Manceau, V., Escaravage, N., Waits, L.P., Bouvet, J. (1996). Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. Nucleic Acids Research, 24, 3189-3194.
- Trombulak, S. y C. Frissell. (2000). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestial and Acuatic Communities. ConservationBiology. Vol 14 (1): 13pp.
- UICN.(2012). IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Visitado el 01 Junio 2013.
- Valiere, N. (2002). GIMLET: a computer program for analysing genetic individual identification data. Molecular Ecology Notes, 2, 377-379.
- Waits, L. P., G. Luikart, and P. Taberlet. 2001. Estimating the probability of identity among genotypes in natural populations: cautions and guidelines. Molecular Ecology 10:249-256.
- Wei, K., Zhang, Z., Zhang, W., Xu, X., Liang, X., He, G., Shen, F., Zhang, L., Hou, R., Yue, B. (2008). PCR-CTPP: a rapid and reliable genotyping technique based on ZFX/ZFY alleles for sex identification of tiger (*Panthera tigris*) and four other endangered felids. Conserv Genet, 9, 225-228.

- Wultsch, C., L. Waits, and M. Kelly. 2014. Noninvasive individual and species identification of jaguars (Panthera onca), pumas (Puma concolor) and ocelots (Leopardus pardalis) in Belize, Central America using cross-species microsatellites and fecal DNA. Molecular Ecology Resources 14:1171-1182.
- Wultsch, C., L. P. Waits, and M. J. Kelly. In Press. A comparative analysis of genetic diversity and structure in jaguars (Panthera onca), pumas (Puma concolor) and ocelots (Leopardus pardalis) in fragmented landscapes of a critical Mesoamerican linkage zone. PLoS One.Zeller, K.A. (2007). Jaguars in the New Millennium Data Set Update: The State of the Jaguar in 2006. Mimeografiado. Wildlife Conservation Society, Bronx, New York.
- Zeller, K. y R. Salom-Pérez. (2008). Validación de campo del Corredor del Jaguar: Sector Barbilla en el Área entre la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca. Reporte final para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Wildlife Conservation Society y Panthera. San José, Costa Rica. Mimeografiado. 38 p.
- Zeller, K.A., Nijhawan, S., Salom-Pérez, R., Potosme, S.H., & Hines, J.E. (2011). Integrating occupancy modeling and interview data for corridor identification: A case study for jaguars in Nicaragua, Biological Conservation, 144, 892-901.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Lista de especies de mamíferos medianos y grandes terrestres esperados para el SBBD con su respectivo valor para el Índice de Integridad Ecológica. \*Especies no registradas en el presente estudio.

	Especies esperadas	Puntuación
1	Cabassous centralis	1
2	Canis latrans	-1
3	Conepatus semistriatus	1
4	Cuniculus paca	3
5	Dasyprocta punctata	2
6	Dasypus novemcinctus	1
7	Didelphis marsupialis	1
8	Eira barbara	1
9	Galictis vittata	1
10	Leopardus pardalis	1
11	Leopardus wiedii	2
12	Mazama temama	2
13	Nasua narica	1
14	Odocoileus virginianus	1
15	Panthera onca	3
16	Pecari tajacu	2
17	Procyon lotor	-1
18	Puma concolor	2
19	Puma yagouaroundi	1
20	Sylvilagus gabbii	1
21	Tamandua mexicana	1
22	Tapirus bairdii	2
23	Tayassu pecari*	4
24	Urocyon cinereoargenteanus	1

**Anexo 2.** Marcadores de ADNmt para la identificación molecular de especies con sus respectivas referencias y condiciones de PCR.

Nombre del primer	Secuencias del primer (5'-3')	Referencia	Tamañ o (pb)	Temp. (°C)	Ciclos de PCR
Cyt b					
Carnívoro	S				
H15149	AAACTGCAGCCCCTCAGAATGA TATTTGTCCTCA	Kocher <i>et al.</i> 1989	110	50	94C/5min;35x(94C/1min; 52C/1min;72C/1.5min); 72C/10min
Farrel-R	TATTCTTTATCTGCCTATACAT RCACG	Farrell <i>et al.</i> 2000			, 20, Tomm
Cánidos				<u> </u>	
H15149	AAACTGCAGCCCCTCAGAATGA TATTTGTCCTCA	Kocher <i>et al.</i> 1989	380	52	94C/5min;40x(94C/30sec; 50C/45seg;72C/40sec);72 C/10min
CanidL1	AATGACCAACATTCGAAA	Paxinoset al. 1997	Mari		<i>f</i>
<b>12S</b>	The state of the s	AL-ARE	A.L.		The state of the s
L1085	CCCAAACTGGGATTAGATACCC	Kitano <i>et al.</i> 2007	170	57	94C/5min;35x(95C/30sec; 57C/15sec;72C/30sec);72 C/10min
H1259	GTTTGCTGAAGATGGCGGTA	Kitano <i>et al.</i> 2007	7		1
16S		1	3		,
Universal		1	<u>_</u>	and the same	
L2513	GCCTGTTTACCAAAAACATCAC	Kitano <i>et al.</i> 2007	200	50	94C/5min;35x(94C/30sec; 57C/15sec;72C/30sec);72 C/10min
H2714	CTCCATAGGGTCTTCTCGTCTT	Kitano <i>et al.</i> 2007			·
16Scp		l		1	
16S cp-F	CGAGGGCTTTACTGTCTCTT	Pomilla <i>et</i> al. 2009	touchdow		94C/2min;10x(94C/15sec 52.5C/15sec;72C/45sec);1 5x(94C/15sec;52C/15sec;7
16S cp-R	CCTATTGTCGATATGGACTCT	Pomillaet al. 2009	294bp	n 52.5- 51.5	2C/45sec);20x(94C/15sec; 51.5C/15sec;72C/45sec);6 8C/20min
CO1	- L	<u> </u>	1	1	1
BC-F5	TTTGTCTGATCGGTCTTAAT	Paulo B. Chaves (datos no publ.)	136bp	50C	94C/3min;10x(94C/15sec; 60C/45sec tdown - 1C/cycle;;72C/1min);30x( 94C/45sec;50C/45sec;72C

Nombre del primer	Secuencias del primer (5'-3')	Referencia	Tamañ o (pb)	Temp. (°C)	Ciclos de PCR				
BC-R2	TAAACCTCAGGATGTCCGAAGA ATCA	Paulo B. Chaves (datos no publ.)			/1min);72C/3min				
ATP6	ATP6								
ATP6-DF3	AACGAAAATCTATTCGCCTCT	Paulo B. Chaves (datos no publ.)	134bp	50C	94C/3min;10x(94C/15sec; 60C/45sec tdown - 1C/cycle;72C/1min);30x(9 4C/45sec;50C/45sec; 72C/1min); 72C/3min				
ATP6-DR2	TGGATGGACAGTATTTGTTTTG AT	Paulo B. Chaves (datos no publ.)							

**Anexo 3.** Resumen de los genotipos individuales de jaguar identificados utilizando 12 loci de microsatélites y confirmados aplicando la estimación de probabilidad de identidad en GIMLET. M: macho, H: hembra, ?: Análisis falló después de múltiples repeticiones.

	AMNH ID Identificac Original	Identificación	Sexo	Probabilidades de identidad		
Identificación individual		Original		P(random)	P(par-off)	P(sibs)
CRJAG01			Н	1.930E-11	4.790E-07	6.820E-05
	CR_001	Js01/Jh01	?			
	CR_223	Js01	Н			
CRJAG02			?	3.200E-12	3.920E-07	5.040E-05
	CR_002	Js02/Jh02	?			
	CR_224	Js02	?			
CRJAG03			н	1.510E-12	2.630E-07	4.280E-05
	CR_003	Js03/Jh04	?			
	CR_225	Js03	Н			
CRJAG04			?	3.550E-14	3.550E-08	2.260E-05
	CR_004	Js04/Jh05	?			
	CR_226	Js04	?			
CRJAG05			н	1.320E-12	2.810E-07	3.690E-05
	CR_005	Js05/Jh05	?			
	CR_227	Js05	Н			
CRJAG06			M	6.680E-09	5.150E-05	1.330E-03
	CR_008	Jh08	M			
CRJAG07			M	1.390E-10	5.110E-06	1.620E-04
	CR_309	Jp34	?			

	CR_368	Ft295	M			
CRJAG08	CN_500	1 (233	?	4.720E-14	1.750E-07	4.310E-05
CIDAGOO	CR_012	Jh12	?	4.720L 14	1.7502 07	4.5102 05
CRJAG09	CN_012	JIIIZ	· ?	3.080E-09	2.270E-05	1.050E-03
CKJAGUS	CR_013	Jh13	?	3.080L-09	2.270L-03	1.030L-03
CRJAG10	CN_013	31113	· ?	4.660E-11	2.960E-06	9.860E-04
CNJAGIO	CR_017	Js19/Jh19	?	4.000L-11	2.900L-00	9.800L-04
CRJAG11	CN_017	3313/31113	· M	1.290E-10	3.070E-05	5.000E-04
CIDAGII	CR_019	Jh21	M	1.2302 10	3.0702 03	3.000L 04
CRJAG12	CN_013	31121	?	2.510E-11	7.710E-07	9.050E-05
CHINGLE	CR_042	Fh35	?	2.3102 11	7.7102 07	3.0302 03
CRJAG13	CI\_042	11133	M	2.010E-08	1.230E-04	5.580E-03
CIDAGIS	CR_043	Fh81	M	2.0101 00	1.2301 04	3.300L 03
CRJAG14	SI1_043		M	8.620E-12	3.250E-06	1.180E-04
J.W/1017	CR_126	Fh188	M	J.020L 1Z	3.230L 00	1.100L 04
CRJAG15	CN_120	111100	M	1.970E-14	6.290E-08	2.880E-05
CIDAGIS	CR 164	Fh232	?	1.5702 14	0.2302 00	2.0001 03
	CR_202	Fh272	· ?			
	CR_207	Fh277	М			
	CR_632	Fh542	?			
CRJAG16	CN_032	111342	М	1.650E-11	1.170E-06	7.020E-04
CHINGIO	CR_166	Fh234	M	1.0302 11	1.1702 00	7.0202 04
CRJAG17	CI1_100	111231	M	3.690E-11	7.320E-06	1.890E-04
0.07.027	CR_197	Fh267	M	5,6561 11	7.10202 00	2,0302 0 .
CRJAG18			?	3.660E-12	9.920E-07	1.480E-03
	CR_199	Fh269	?			
CRJAG19			?	3.080E-12	9.410E-07	2.110E-04
	CR 201	Fh271	?			
CRJAG20			M	2.070E-08	2.020E-05	3.800E-04
	CR_203	Fh273	M			
	_ CR_204	Fh274	?			
	_ CR_206	Fh276	?			
CRJAG21			М	1.960E-10	6.720E-06	2.050E-04
	CR_205	Fh275	М			
CRJAG22			Н	3.400E-12	5.800E-07	7.260E-05
	CR_228	Js14	Н			
CRJAG23			Н	3.710E-10	6.540E-06	1.970E-04
	CR_229	Js15	Н			
CRJAG24			М	8.490E-14	1.260E-07	3.230E-05
	CR_230	Js19	M			
CRJAG25			М	5.380E-14	6.190E-08	5.740E-05

ı							
		CR_257	Fs150	M			
CRJAG26				M	2.550E-10	1.170E-05	2.910E-04
		CR_285	Jt25	?			
		CR_353	Jt53	М			
CRJAG27		<b>C</b> 000	7,00	?	1.520E-07	6.350E-04	1.370E-02
CIGAGE		CR_286	Jt28	?	1.3202 07	0.5502 04	1.5702 02
CD1AC30		CN_200	JIZO		2.7005.11	2 2205 06	1 4605 04
CRJAG28		CD 207	1120	H	3.760E-11	3.330E-06	1.460E-04
		CR_287	Jt29	Н			
CRJAG29				M	8.050E-11	7.450E-06	3.540E-04
		CR_305	Jp17	M			
CRJAG30				M	9.610E-13	1.230E-07	3.320E-05
		CR_307	Jp32	M			
CRJAG31				?	2.210E-12	2.250E-07	4.150E-05
		CR_311	Jp36	?			
CRJAG32		_		?	4.560E-10	7.000E-06	2.180E-04
		CR_313	Jp39	?			
CRJAG33		CI(_515	<b>3</b> p33	M	2.230E-08	5.830E-05	1.490E-03
CKJAG55		CD 214	In 41		2.230L-08	3.830L-03	1.4901-03
		CR_314	Jp41	M			
CRJAG34				?	1.650E-07	1.510E-04	4.050E-03
		CR_352	Jt49	?			
CRJAG35				Н	2.130E-09	7.650E-06	2.420E-04
		CR_395	Fp314	Н			
		CR_406	Fh314	?			
CRJAG36				M	1.860E-07	3.920E-04	2.690E-03
		CR_710	Fh638	M			
CRJAG37				?	5.250E-07	3.220E-04	2.830E-03
		CR 016	Jh18/Jp18	?			
No fue	posible		ондордо				
indentificar		CR_006	Jh06/Jp06	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar No fue	nacible	CR_011	Jh11	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue indentificar	posible	CR_014	Js14/Jh14	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	311_011	132 1/31127	Ziii ideiitiiidii	,	.,,	, ,
indentificar		CR_025	Jh40	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_107	Fh169	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue indentificar	posible	CR 231	Js01.2	Sin identificar	NΔ	NA	NA
No fue	posible	CN_231	J3U1.Z	Jii identifical	IVA	IVA	IVA
indentificar	p 00.016	CR_232	Js02.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	_					
indentificar		CR_233	Js03.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CD 224	1-04.2	Cin ide-tifi-	NIA	NIA	NIA
indentificar		CR_234	Js04.2	Sin identificar	NA	NA	NA

No fue	posible	CD 225	1.05.3	c: . i . i.c.		N. A	
indentificar No fue	posible	CR_235	Js05.2	Sin identificar	NA	NA	NA
indentificar	posible	CR 236	Js14.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CN_230	J314.2	Siriacitancai	IVA	NA.	IVA
indentificar	posible	CR 237	Js15.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar	·	CR_238	Js19.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_274	Fh188.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_288	Jt30	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CD 201	1+3E DDC	C: !- +!f:	NI A	NIA	NIA
indentificar	nacibla	CR_291	Jt25.PBS	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue indentificar	posible	CR 293	Jt29.PBS	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CN_293	J(29.F D3	Siriueritiricai	IVA	IVA	IVA
indentificar	posible	CR 351	Jt46	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	0.1_551	30.0	Sirriacircinicar			
indentificar		CR_391	Fp152	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible		·				
indentificar		CR_341R	Jb43.2	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_447	Fh357	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar	!!.!	CR_463	Fh373	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue indentificar	posible	CR 493	Fh397	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	Ch_495	FII597	Siriuentincar	IVA	INA	IVA
indentificar	posible	CR 525	Fh429	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CI1_323	111423	Sirriacircinear		14/1	10/1
indentificar	poonare	CR 536	Fh441	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	_					
indentificar		CR_537	Fh442	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_630	Fh540	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible						
indentificar		CR_631	Fh541	Sin identificar	NA	NA	NA
No fue	posible	CD 633	EL E 42	c 1 · · · c.			
indentificar		CR_633	Fh543	Sin identificar	NA	NA	NA

**Anexo 4.** Resumen de los genotipos individuales de puma identificados utilizando 10 loci de microsatélites y confirmados aplicando la estimación de probabilidad de identidad en GIMLET. M: macho, H: hembra, NA: Información no disponible, ?: Análisis falló después de múltiples repeticiones.

Identificación		Sexo
Individual	AMNH ID	JCAO
CRPCO_001	CR009	
CRPCO_001	CR111	M
CRPCO_001	CR194	
CRPCO_002	CR022	
CRPCO_002	CR032	
CRPCO_002	CR044	
CRPCO_002	CR064	М
CRPCO_002	CR148	141
CRPCO_002	CR150	
CRPCO_002	CR216	
CRPCO_002	CR217	
CRPCO_003	CR027	Н
CRPCO_003	CR163	11
CRPCO_004	CR065	1
CRPCO_004	CR103	H
CRPCO_005	CR101	N 4
CRPCO_005	CR254	М
CRPCO_006	CR147	
CRPCO_006	CR209	Н
CRPCO_007	CR519	NI/A
CRPCO_007	CR521	N/A
CRPCO_008	CR010	М
CRPCO_009	CR021	М
CRPCO_010	CR028	?
CRPCO_011	CR030	М
CRPCO_012	CR033	Н
CRPCO_013	CR045	М
CRPCO_014	CR053	М
CRPCO_015	CR054	?
CRPCO_016	CR067	Н
CRPCO_017	CR070	?
CRPCO_018	CR072	М
CRPCO_019	CR093	?
CRPCO_020	CR109	Н
CRPCO 021	CR114	Н
CRPCO_022	CR127	?
CRPCO 023	CR131	?
CRPCO 024	CR145	Н
CRPCO 025	CR146	?
CRPCO 026	CR169	M
CRPCO 027	CR173	?

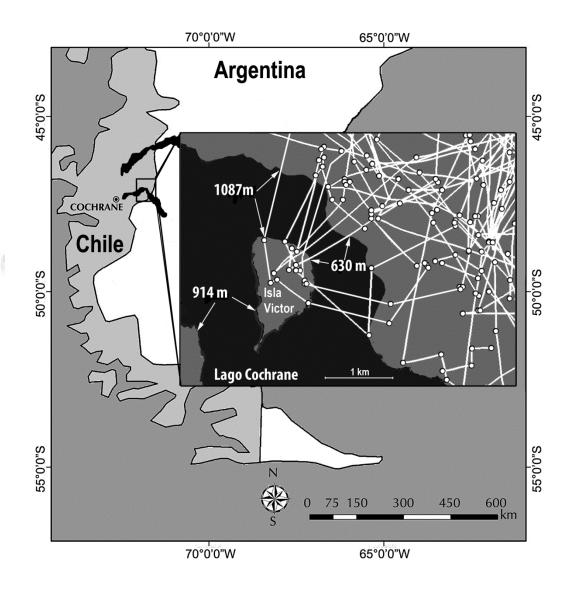
CRPCO_028	CR190	М
CRPCO_029	CR193	?
CRPCO_030	CR211	Н
CRPCO_031	CR252	М
CRPCO_032	CR258	M
CRPCO_033	CR302	Н
CRPCO_034	CR303	M
CRPCO_035	CR362	N/A
CRPCO_036	CR365	N/A
CRPCO_037	CR367	N/A
CRPCO_038	CR369	N/A
CRPCO_039	CR378	Н
CRPCO_040	CR396	N/A
CRPCO_041	CR409	N/A
CRPCO_042	CR462	N/A
CRPCO_043	CR576	N/A
CRPCO_044	CR624	N/A
CRPCO_045	CR634	N/A
CRPCO_046	CR635	N/A
CRPCO_047	CR643	N/A
CRPCO_048	CR653	N/A
CRPCO_049	CR677	N/A
CRPCO_050	CR678	N/A
CRPCO_051	CR683	N/A
CRPCO_052	CR693	N/A
CRPCO_053	CR701	N/A
CRPCO_054	CR714	N/A

Anexo 5. Foto de jaguar (*Panthera onca*) en la Isla de Barro Colorado, Panamá, 2009.

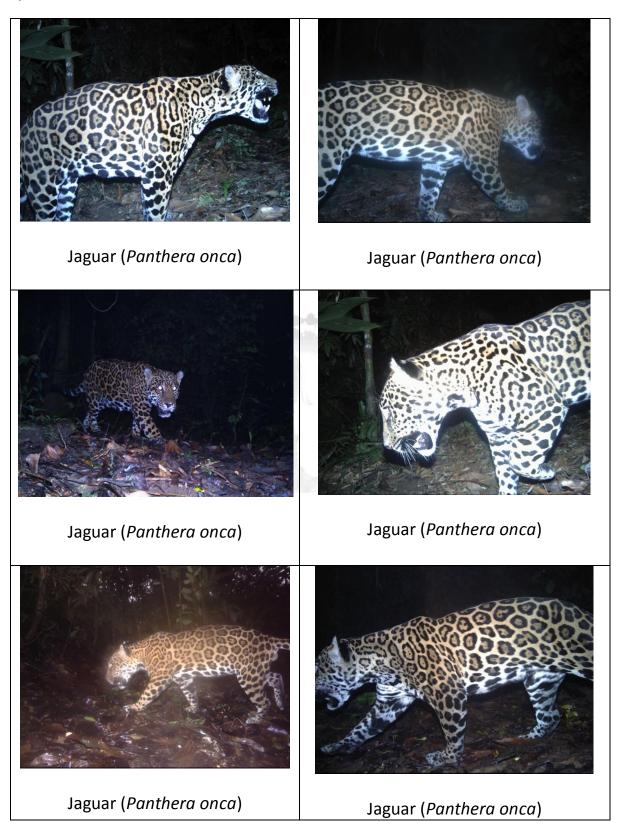


©STRI

**Anexo 6.** Mapa que muestra el movimiento de un puma hacia una isla a través de un lago en la Patagonia chilena. Fuente: Elbroch *et al.* 2010.



**Anexo 7.** Fotos de cámaras-trampa de mamíferos y aves en el SBBD obtenidas durante el presente estudio.







artilla (*Potos flavus*) Tepezcuintle (*Cuniculus paca*)



Tolomuco (Eira barbara)



Yaguarundi (Puma yagouaroundi)



Zorro pelón (*Didelphis marsupialis*)



Yaguarundi (Puma yagouaroundi)



Cabro de monte (Mazama temama)



Zorro hediondo(*Conepatus* semistriatus)



Venado (Odocoileus virginianus)



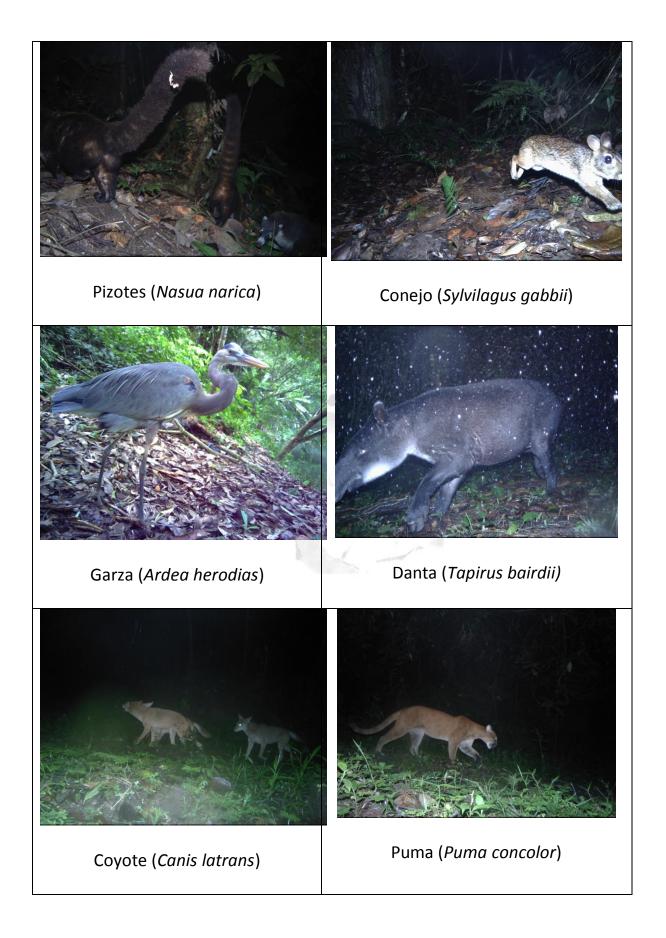
Ocelote (Leopardus pardalis)



Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*)



Grisón (Galictis vittata)







Olingo (Bassaricyon gabii)



Armadillo zopilote (*Cabassous* centralis)



Manigordo (*Leopardus pardalis*) con crías



Caucel (Leopardus wiedii)

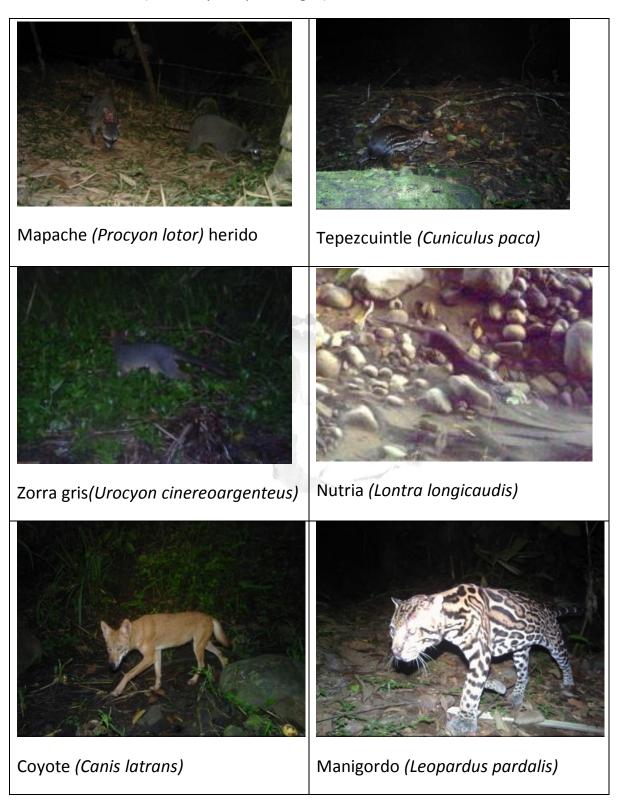


Manigordo (*Leopardus pardalis*) herido y con presa



Manigordo(Leopardus pardalis)

**Anexo 8.** Algunos mamíferos medianos y grandes detectados en el monitoreo en la cola del futuro embalse (caminos y cuerpos de agua).





**Anexo 9.** Instalación de Pasos de Fauna y mamíferos detectados en los pasos aéreos en La Linda y Hermosa.





Zorro de balsa (Caluromys derbianus)

**Anexo 10.** Algunos mamíferos detectados en la Unidad de Conservación del Jaguar, Cordillera Volcánica Central. Panthera.



Puma (Puma concolor) juvenil



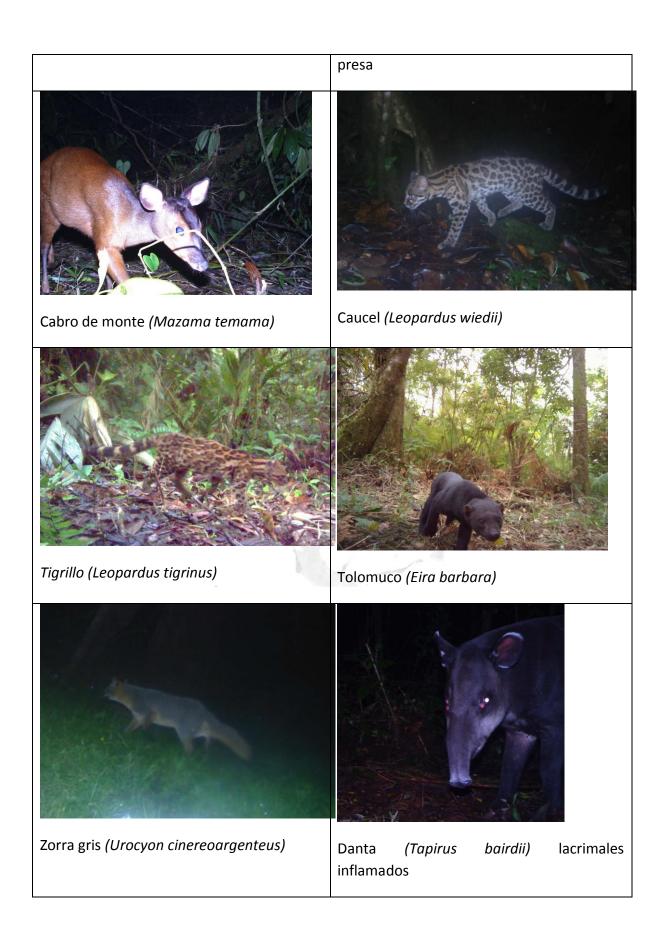
Puma *(Puma concolor)* con garrapatas y espinas



Yaguarundi (Puma yagouaroundi)



Manigordo (Leopardus pardalis) con una





Cacomistles (Bassariscus sumichrasti)



Coyote (Canis latrans)

Anexo 11. Fotos de talleres, personas y paisajes en el SBBD.



Taller con expertos de Panthera



1er taller con Buscadores de Felinos (monitores locales)



2do taller con Buscadores de Felinos (monitores locales)



Vista aérea del sitio de presa (© Panthera/LightHawk)



Taller de Educación Ambiental con el Consejo del SBBD



Taller de Educación Ambiental con el Consejo del SBBD





















































