



Guía para el uso de trampas cámara: oso andino

Versión 1.0

Isaac Goldstein
Robert Márquez
Guillermo Bianchi



**WILDLIFE
CONSERVATION
SOCIETY**

The background is a stylized illustration of a forest. It features various tree shapes in shades of green, brown, and white. In the foreground, there are white flowers and grass. A grey camera flash on the left side emits a white beam of light that illuminates a dark silhouette of a bear standing in the grass on the right. The overall style is clean and modern.

Guía para el uso de trampas cámara: oso andino

Versión 1.0

Isaac Goldstein
Robert Márquez
Guillermo Bianchi

Guía para el uso de trampas cámara: oso andino

ISBN: 978-958-58741-3-8

© Wildlife Conservation Society

www.wcscolombia.org

Autores

Isaac Goldstein
Robert Márquez
Guillermo Bianchi

Cítese como

Goldstein, I., Márquez, R., & Bianchi G. 2015. Guía para el uso de trampas cámara: oso andino. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali. 44 pp.

Diseño e impresión

El Bando Creativo

Fotografías

© Convenio PNN WCS/ Parque Chingaza

© WCS / Robert Márquez

Contacto

Goldstein Isaac
Coordinador del Programa
de Conservación del Oso
Andino - WCS
igoldstein@wcs.org

Márquez Robert
Investigador Asociado - WCS
rmarquez@wcs.org

Primera edición, Santiago de Cali

Septiembre de 2015

Con el apoyo de:



Saint Louis Zoo
Animals Always®

GLOBAL
CONSERVATION
CONNECTIONS



FUNDACIÓN



MARIO SANTO DOMINGO
Por el Desarrollo Social de Colombia

Agradecimientos



Esta guía es el resultado de las actividades y proyectos financiados en el marco de la Alianza para la Conservación del Oso Andino (ABCA), un consorcio compuesto por Cleveland Zoo Society, Saint Louis Zoo, Conservation Connections, IUCN Bear Specialist Group y Wildlife Conservation Society. Agradecemos a Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN), en especial al personal del Parque Nacional Natural Chingaza, por permitir y contribuir en los desarrollos de pilotos para poner a prueba distintas metodologías que sirvieron como base para esta guía. Todas las imágenes que aparecen en esta guía son el producto de los diferentes proyectos desarrollados junto a PNN como parte del programa de “Monitoreo de Poblaciones de Oso Andino en los Parques Nacionales Naturales de Colombia”, amparados por el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional No. 8 del 16 de julio de 2008 entre Parques Nacionales Naturales de Colombia y WCS.

Queremos agradecer de manera especial a Carlos Lora, Adriana Cifuentes, Arnulfo Pérez, Andrés Melchor, Carlos Saavedra, Jesús Martínez, Urías Alférez y Ángela Parra, por su ayuda en la puesta a prueba de la metodología finalmente agradecemos a todos aquellos que contribuyeron a la producción de esta guía.



Índice

5

Introducción

8

Ubicación de las estaciones de foto-trampeo

16

Número y posición de las trampas cámara en la estación de foto-trampeo

27

Duración del muestreo

29

Ajuste de los parámetros de las trampas cámara

35

Identificación de los individuos

40

Bibliografía

Introducción



El uso de cámaras fotográficas como instrumentos de investigación en el campo de la biología comenzó a finales del siglo **XIX**, sin embargo, es solo a finales del siglo **XX** que las trampas cámara se convierten en una herramienta de uso frecuente (Kucera & Barrett, 2011). En las décadas 50 y 60 del siglo **XX**, se desarrollaron cámaras que incluían mecanismos de activación mediante la interrupción del paso de luz, con múltiples disparos cada vez que eran activadas, y con sistemas de energía y almacenamiento que permitían la toma de decenas de fotos (Kucera & Barrett, 2011). Posteriormente, el desarrollo tecnológico y la demanda comercial permitió mejorar y abaratar aún más los sistemas, con cámaras de tamaño reducido que pueden tomar desde cientos hasta miles de fotografías, con tiempos de activación menores a un segundo y una calidad de imagen que permite captar pequeñas diferencias entre especies e individuos, tanto con sistemas de activación activa (consta de una cámara un receptor y un emisor externo) o sistemas de activación pasiva (consta de una cámara que tiene incorporado un sensor de movimiento y calor) (Kucera & Barret, 2011). Desde mediados de los 90, las trampas cámara han tenido un papel importante en el estudio de especies difíciles de observar con métodos convencionales de muestreo.

El uso de trampas cámara en el ámbito de la biología y particularmente en investigaciones de fauna silvestre se ha incrementado de manera exponencial en los últimos 25 años (Chávez *et al.*, 2013), aportando al conocimiento sobre muchas especies difíciles de detectar y estudiar, debido a sus patrones de conducta, bajas densidades y comportamiento elusivo (Karanth *et al.*, 2004, Nichols *et al.*, 2011). En la actualidad las trampas cámara son usadas como herramienta para la investigación en temas tan diversos como la presencia y distribución de especies (Bowkett *et al.*, 2007), riqueza de especies (Ahumada *et al.*, 2011; Nichols & Conroy, 1996; Tobler *et al.*, 2008), abundancias y densidades (Karanth & Nichols, 2002 y Royle *et al.*, 2009), relaciones presa-depredador (Karanth *et al.*, 2004), sobrevivencia (Karanth *et al.*, 2004), ocupación (Nichols & Karanth, 2002), nicho (Bowkett *et al.*, 2007 y Gray & Plan, 2011), patrones de actividad (Ridout & Linkie, 2009), comportamiento (Weckel *et al.*, 2006), entre otros.

El uso de cámaras trampa en el ámbito de la biología y particularmente en investigaciones de fauna silvestre se ha incrementado de manera exponencial en los últimos 25 años.

Los investigadores de Wildlife Conservation Society (WCS) han tenido un papel central en el desarrollo del uso de las trampas cámara para la investigación y conservación de fauna silvestre, especialmente en la estimación de abundancia de grandes mamíferos (Cuéllar *et al.*, 2006; Cómez *et al.*, 2005; Karanth & Nichols, 1998; Karanth *et al.*, 2002, 2004, 2006, 2011; Kelly *et al.*, 2008; Maffei *et al.*, 2004, 2005, 2011; Maffei & Noss, 2008; Noss *et al.*, 2003, 2012; O'Brien *et al.*, 2003, 2010; O'Brien & Kinnaird, 2008, 2011; Ríos-Uzeda *et al.*, 2007; Royle *et al.*, 2009a, 2009b; Silver *et al.*, 2004; Siosalo & Cavalcanti, 2006; Trolle *et al.*, 2007 y Wallace *et al.*, 2003). Los trabajos de Ullas Karanth con tigres asiáticos fueron pioneros en el desarrollo actual del foto-trampeo como herramienta de investigación de grandes carnívoros (Karanth & Nichols, 1998). Más adelante, los trabajos de Karanth y asociados (Karanth & Nichols, 2002 y Karanth *et al.*, 2004, 2006) hicieron grandes progresos en el desarrollo de técnicas analíticas que permiten obtener resultados de abundancia robustos desde el punto de vista estadístico.

En cuanto al oso andino y el uso de trampas cámara, WCS ha estado a la vanguardia en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, utilizando trampas cámara desde el año 2002 para el estudio de la distribución, movimientos y conducta de la especie (Goldstein & Márquez, 2004), estimaciones de abundancia (Ríos-Uzeda *et al.*, 2007) y monitoreo (Goldstein *et al.*, 2013).

Las trampas cámara son una herramienta útil para obtener información en una gran cantidad de ámbitos, entre ellos en el campo conductual, uso de hábitat o estimaciones de abundancia. Cualquiera que sea el objetivo de la investigación, debe existir un diseño de muestreo que cumpla con los requerimientos y premisas para obtener información confiable (O'Connell *et al.*, 2011). Sin embargo, independientemente del objetivo de cada investigación, las trampas cámara son la herramienta que nos permitirá incrementar la probabilidad de determinar la presencia de una especie o de identificar individuos, principalmente aquellas especies particularmente difíciles de detectar y observar con métodos convencionales.

Sin importar cuál es el objetivo de la investigación, cualquier análisis de foto-trampeo debe tener en cuenta y depende de la detectabilidad de la especie de interés y el éxito de captura de los individuos (O'Brien, 2010). La detectabilidad se define como la probabilidad que un individuo de la especie de interés sea observado o fotografiado cuando este se encuentra presente en la unidad de muestreo, y el éxito de captura se define como la probabilidad de identificar un individuo que ha sido detectado (O'Connell *et al.*, 2011). La detectabilidad y el éxito de captura son la clave del éxito de la mayoría de los trabajos de investigación enfocados en la ocupación y la abundancia. Si la probabilidad de detección y el éxito de captura son altos, se tendrá información confiable en cuanto a la presencia de la especie y los individuos.

La detectabilidad y el éxito de captura dependen principalmente de cuatro factores: las características de la especie, las características del hábitat, la herramienta de detección y el diseño de muestreo. Los primeros dos componentes son factores inherentes al sistema que no pueden ser manejados, pero que tienen que ser considerados cuando se seleccionan la herramienta de trabajo y el diseño de muestreo, los dos factores que sí pueden manejarse.

La detectabilidad y el éxito de captura son influenciados no solo por las características físicas y conductuales de la especie, como el tamaño corporal grande, la individualidad en marcas corporales, el movimiento y desplazamiento lento y el uso constante de senderos, sino por las particularidades del hábitat, como una topografía plana y una cobertura vegetal baja y abierta. En escenarios donde las características de la especie y el hábitat dificultan la detectabilidad e identificación, es necesario adecuar la herramienta de detección y el diseño de muestreo (incluyendo ubicación, posición y número de cámaras).

Existen muchas marcas y modelos de trampas cámara en el mercado, cada una con sus características y particularidades. Una selección adecuada de la trampa cámara puede robustecer un estudio, y una selección errónea puede perjudicarlo. Esta selección depende

de las características de la cámara y las necesidades del estudio, que a su vez están basadas en las características de la especie a estudiar, las características ambientales y el presupuesto. Por otro lado, el diseño de muestreo es dependiente del objetivo del estudio. Sin embargo, otros factores deben considerarse al determinar el diseño de muestreo, con la finalidad de aumentar la detectabilidad y el éxito de captura. Entre los factores más relevantes están el número de estaciones de muestreo y su ubicación, y el número de cámaras y su posición respecto a las otras cámaras y al objetivo.

Esta publicación pretende presentar la experiencia acumulada por WCS en lo concerniente al uso de trampas cámara en estudios enfocados en el oso andino. Particularmente, la experiencia acumulada en relación con el incremento de la probabilidad de detección de la especie, así como el éxito en la identificación de los individuos. Para ello esta guía analizará aspectos referentes a la especie y su hábitat, los tipos de trampas cámara y el diseño de muestreo en cuanto a: ubicación de las estaciones de foto-trampeo; número y posición de las trampas cámara en la estación de foto-trampeo; ajuste de los parámetros de las trampas cámara; duración del muestreo; e identificación de los individuos.

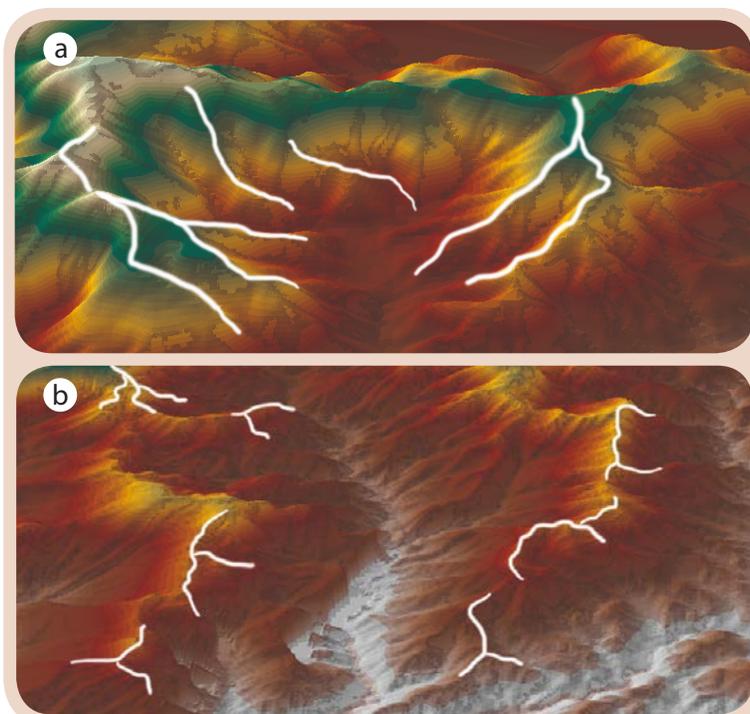


Ubicación

de las estaciones de foto-trampeo

Es mucho más frecuente conseguir señales de actividad de oso andino, y por ende fotografiarlo, en crestas con presencia de senderos.

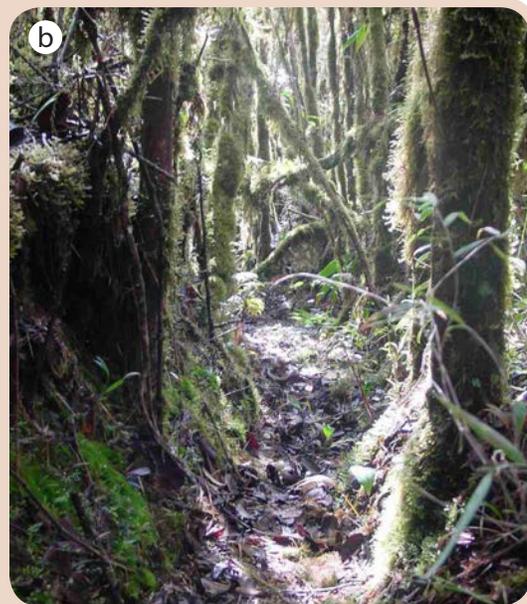
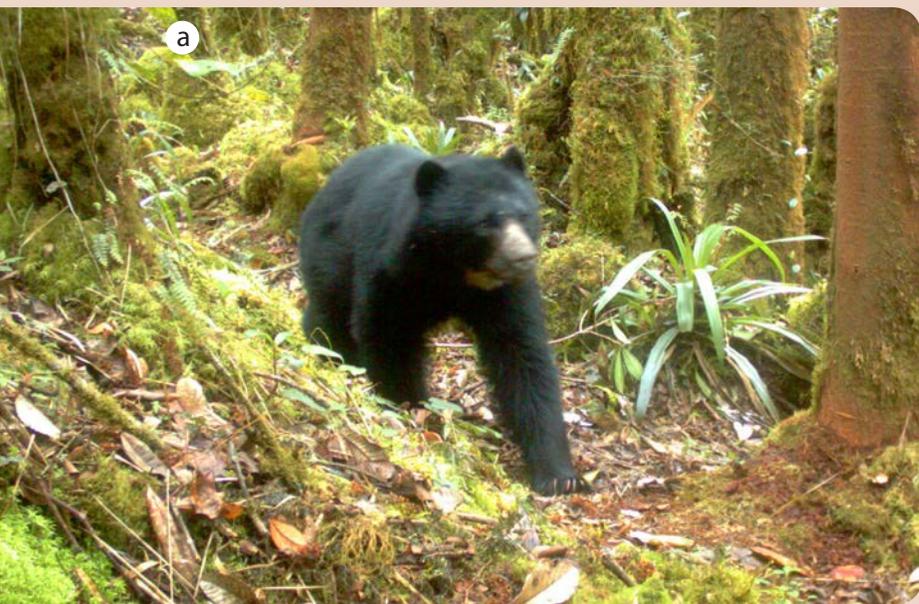
En general, la distribución y la abundancia de los individuos de una especie en una localidad no es uniforme, ya que existe selección en cuanto a los gradientes físicos y biológicos que condicionan la presencia y abundancia de los individuos (Aebischer *et al.*, 1993). En consecuencia, la variabilidad espacial de la distribución de los individuos de una población, y por lo tanto la variabilidad en la probabilidad de detectar individuos de la especie, debe ser considerada al seleccionar la ubicación de las estaciones de trampeo, evitando áreas donde hay poca o ninguna probabilidad de captura, unidades de muestreo muy dispersas en el espacio que no tengan probabilidad de recapturar individuos o unidades de muestreo muy agrupadas que se sesguen a capturar al mismo grupo de individuos. De igual modo, especies con áreas de acción grandes requieren un área de estudio de mayor tamaño, y mayor distancia entre las unidades de muestreo o estaciones de foto-trampeo (Garshelis, 2011).



El Programa de Conservación de Oso Andino de WCS ha trabajado con sus socios y colaboradores en diversos proyectos de conservación del oso andino en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En la gran mayoría de las localidades donde se ha trabajado, el hábitat remanente para el oso andino se caracteriza por estar en áreas montañosas de alta pendiente, entre los 500 y los 4000 msnm. En estos sistemas de montañas, los senderos de oso andino son una señal de presencia muy común, que se observa por lo general en las crestas con menos pendientes de las montañas, esto es, en las divisorias de agua y en las crestas ascendentes más largas (Figura 1). Estos senderos son franjas angostas con el suelo desnudo o con poca vegetación, consecuencia del paso

Figura 1a y 1b

Esquema 3D del área de las exploraciones a) al territorio Cofán (Ecuador) y b) el Parque Nacional Tapo Caparo (Venezuela). Las líneas blancas resaltan la ubicación de las crestas de montaña exploradas.



Senderos de oso andino en bosque altoandino



Figura 2a y b

permanente de individuos tanto de oso andino como de otras especies (Figuras 2). A lo largo de estos senderos son comunes varios tipos de señales de actividad, tales como comederos, excretas, pero particularmente señales de “marca-remarca” en árboles (Figuras 3). La experiencia acumulada por el Programa de Conservación de Oso Andino de WCS, nos señala que es mucho más frecuente conseguir señales de actividad de oso andino en crestas con presencia de senderos que en cualquier otro sitio del área de estudio. Por ejemplo, en los años 2005 y 2007 se llevaron a cabo exploraciones tanto en el territorio Cofán de Ecuador, como en el Parque Nacional Tapo Caparo en Venezuela. Las rutas de exploración para las dos áreas se establecieron prediciendo la ubicación de senderos, basándose en la topografía del terreno. En ambos casos se observaron senderos de oso y señales de presencia reciente de la especie en muchas de las crestas más largas y de menor pendiente (Márquez *et al.*, 2005, Ocaña *et al.*, 2007, Figura 1).



Sendero en páramo



Figura 2c



 **Figura 3a**

Señales de presencia de oso.
Marcas de garra

 **Figura 3b**



Comederos  Figura 3c



Nidos  Figura 3d



Huellas  Figura 3e



Figura 4

Sendero de oso andino en el páramo.

Si bien es común encontrar senderos en las crestas de los sistemas montañosos, existen excepciones. En áreas donde las crestas están deforestadas o presentan mucha actividad antrópica se observan senderos sobre la ladera de la montaña, paralelos a las crestas (Ocaña *et al.*, 2007). También se observan senderos en zonas de poca pendiente en páramos y puna (Figura 4), comúnmente en rutas de uso frecuente de la fauna, que conectan parches de bosque altoandino (Figura 5).

De todas las señales de actividad que se pueden observar en un sendero usado por los osos, la de mayor utilidad al momento de instalar trampas cámara son las de “marca-remarca” en árboles. Las señales de “marca-remarca” son marcas de garra, profundas y largas, acompañadas en muchas ocasiones por marcas de frotamiento en los árboles, que se observan hasta una altura de dos metros en la corteza de los árboles (Figura 6).



Figura 5

Parches de bosque altoandino en el paramo



"Marcas-remarca" de garra sobre árbol.  Figura 6

Señales de presencia de oso andino dentro y fuera de senderos de la especie

País	Transecto / Lugar	Presencia de senderos	Árboles remarcados /km	Comederos /km	Excrementos /km
Venezuela	El Carrizal / Mérida	Sí	5,3	1,4	0,9
Venezuela	Agüita Fría / Mérida	Sí	6,7	13,3	0,7
Venezuela	Sai Sai / Mérida	Sí	4,9	4,2	0,7
Venezuela	La Fiera / Mérida	Sí	10,7	1,2	1,2
Venezuela	El Quinó / Mérida	Sí	22	1,3	0,5
Venezuela	Santa Rosa / Mérida	Sí	11,2	5,8	3
Venezuela	Niquitao / Trujillo	Sí	22,5	3,7	0,5
Venezuela	El Buitre / Mérida	No	0	2,2	0,4
Venezuela	Juan Bueno / Mérida	No	0	1	0
Venezuela	La Mucuy / Mérida	No	0	4,1	0,5
Ecuador	Sur Pax / Sucumbíos	Sí	8,4	6	0,8
Ecuador	Sarayacu-W / Sucumbíos	Sí	11,2	4,6	0
Ecuador	Sarayacu-E / Sucumbíos	Sí	6,7	0,6	0,6
Ecuador	Valle Sur Pax / Sucumbíos	No	0	0	0
Bolivia	Camata	Sí	0,83	0,12	0,4
Bolivia	Camata	Sí	0	0,6	1,1

Tabla 1

A diferencia de otras señales de presencia, las señales de “marca-remarca” generalmente se observan solo asociadas a senderos (Tabla 1). A lo largo de los senderos la disposición de las señales de “marca-remarca” no es azarosa, sino que se encuentran agrupadas en segmentos del mismo.

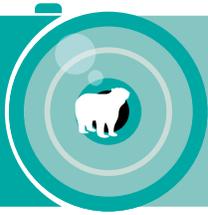
Tomando en cuenta las dificultades de acceso de muchas localidades en las montañas y la información conocida sobre el uso de senderos por los osos andinos, se recomienda ubicar las estaciones de foto-trampeo en las crestas, en los senderos usados por los osos, particularmente en los sitios donde hay árboles con señales de “marca-remarca” recientes. Esto permite tener una alta probabilidad de detectar e identificar individuos de la especie que están usando el sendero en dicha localidad (Figuras 7).



Figura 7a a 7c

Fotografías de cuatro diferentes individuos sobre un mismo sendero de osos andinos.





Número y posición de las trampas cámara en la estación de foto trampeo

Si colocamos las cámaras teniendo como objetivo árboles con marca-remarca, existe una alta probabilidad detectar al oso andino.

Una vez que tenemos seleccionada la ubicación de las estaciones de foto-trampeo, el éxito de captura de individuos, esto es, la identificación de los individuos que son detectados, dependerá en gran medida del arreglo de las cámaras en la estación de foto-trampeo (cómo y cuántas se colocan). Ya se ha descrito la conducta de los osos andinos en los árboles con señales de “marca-remarca”, donde tanto los machos como las hembras y las crías, tienden a remarcar las señales de “marca-remarca” realizadas por otros individuos (Figuras 8a y 8b a 8e). Si colocamos las cámaras teniendo como objetivo las señales de “marca-remarca”, existe una alta probabilidad de conseguir imágenes de osos realizando esta conducta.



Figura 8a a 8e

Fotografía de osos andinos marcando el objetivo fijo.

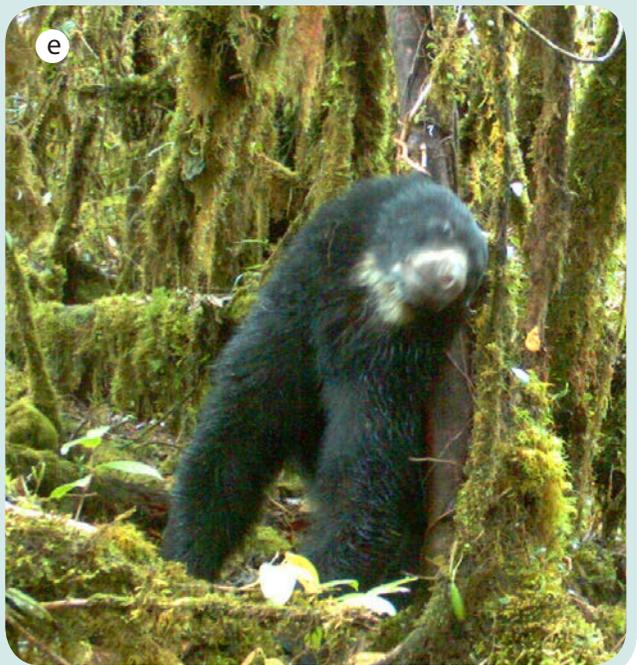
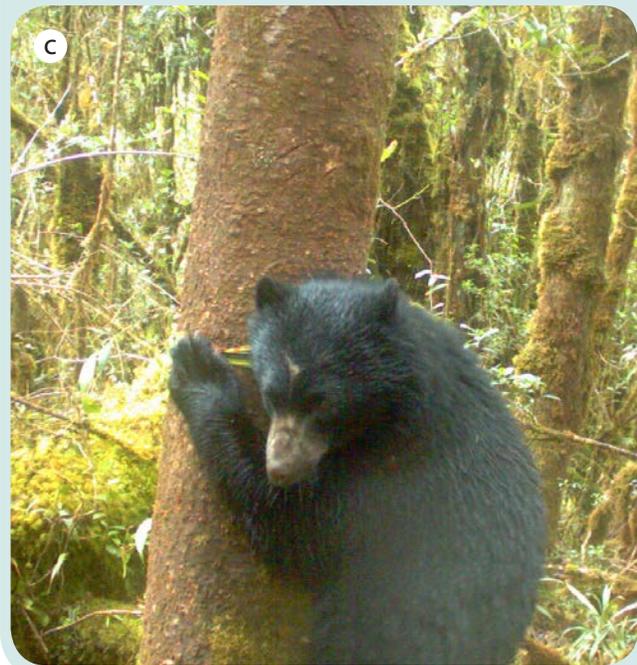




Figura 9

Fotografía de osos andinos marcando la trampa cámara.

Sin embargo, hemos encontrado que una vez se colocan estaciones de foto-trampeo, los osos no solo “remarcan” las señales de “marca-remarca”, sino que frecuentemente “marcan” también las trampas cámara (Figura 9). Debido a esta conducta característica de la especie de “marcar” tanto las señales de “marca-remarca” como las trampas cámara en la estación de foto-trampeo, la posición de las cámaras respecto al sendero, al árbol objeto del marcaje, y a otras cámaras en la estación, son elementos importantes del arreglo de las cámaras en la estación para conseguir el mayor éxito de captura posible.



Fotografías de oso a diferentes distancias, entre 8 y 2 metros.



Figura 10

Reconocer que un individuo fotografiado es un oso andino no es complicado, ya que es una especie cuyas características físicas lo hace fácil de identificar y de diferenciar de cualquier otra especie que cohabita con él (Figura 10). Si el objetivo es la verificación de la presencia de la especie, una sola cámara por estación de foto-trampeo es suficiente, ya que una sola imagen, independientemente de la calidad de la misma o de la parte del cuerpo del oso que sea fotografiada, permitirá verificar la presencia de la especie en la estación. Para este caso, sería suficiente instalar en cada estación de foto-trampeo una sola cámara ubicada de 3 a 5 metros del posible sendero u objetivo fijo de la trampa cámara (generalmente una señal de “marca-remarca” o el centro de una intersección de senderos), ya sea diagonal (Figura 11) a la dirección del sendero si se quiere una foto de frente, o perpendicular y a una distancia de entre 3 y 5 metros del sendero si se desea tomar una fotografía de costado del oso.

Esquema de la disposición "ideal" de la estación de foto-trampeo sobre senderos para determinar la presencia de osos.

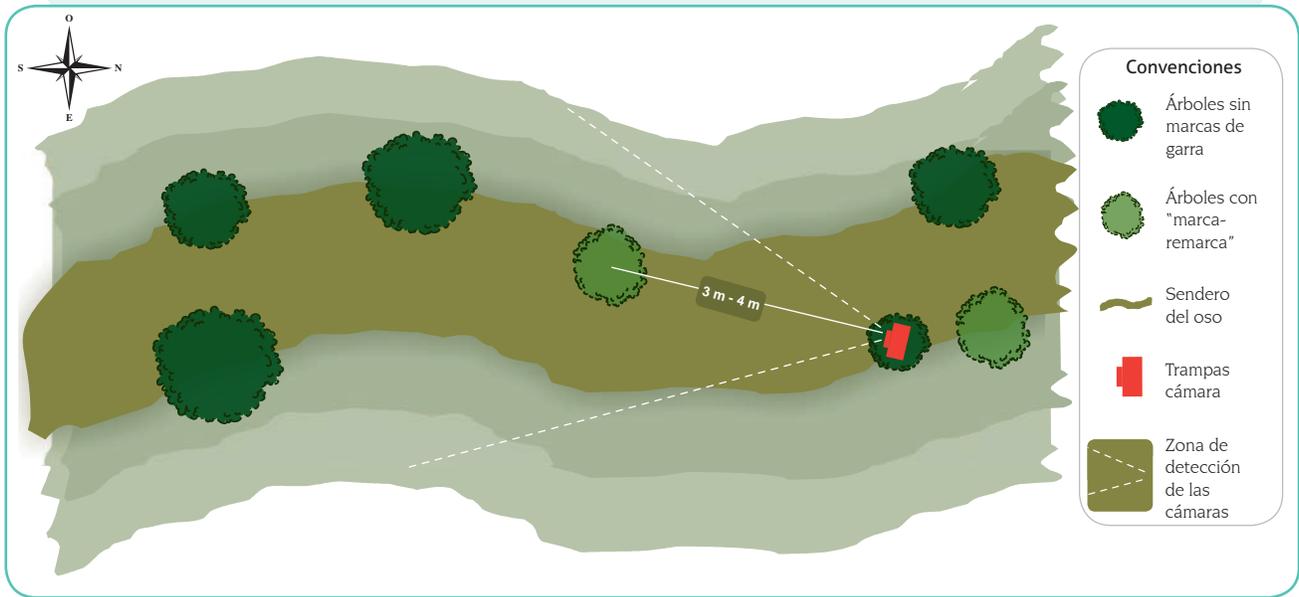


Figura 11

La identificación de individuos, esto es, determinar qué individuo ha sido detectado, requiere un diseño más complejo, que permita captar buenas imágenes de los individuos, especialmente el rostro, el cuello y el pecho. Para esto es necesario aumentar el éxito de captura de individuos, aprovechando la conducta de los osos de "marcar" los árboles y las trampas cámara. Los osos andinos pueden ser identificados por los patrones únicos de las manchas que estos tienen en el rostro, el cuello y el pecho. La cara y el cuello forman una superficie tridimensional, por lo cual la posición de la cabeza y el cuello del animal durante cada foto afecta si se ven y cómo se ven los patrones de manchas (Figuras 12). Además,



Figuras 12a a 12d

Fotografías del rostro en diferentes posiciones de un individuo.





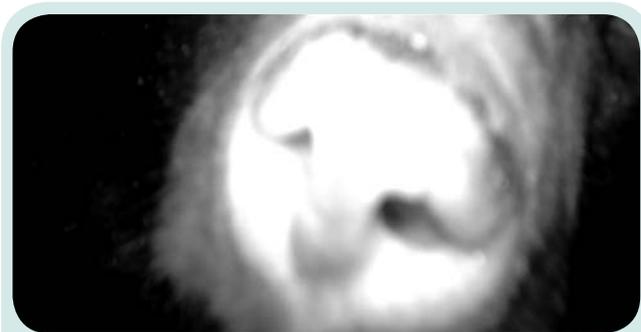
Figura 13

Fotografías de osos sin marcas en el rostro.

no todos los osos tienen manchas en el rostro y los patrones de manchas del cuello y pecho pueden ser difíciles de observar (Figura 13).

El Programa de Conservación del Oso Andino de WCS evaluó el éxito de identificación de individuos de oso andino poniendo a prueba el efecto de usar una o dos cámaras por estación de foto-trampeo, así como la posición de estas con relación al árbol con “marca-remarca”. Se tomó en cuenta tanto la distancia y la posición de la cámara hacia un objetivo fijo (generalmente un árbol con señal de “marca-remarca”) como la distancia y posición hacia la otra cámara. La distancia entre la cámara y el objetivo fijo es de suma importancia dado su efecto sobre la calidad de las imágenes y la posibilidad de identificar el patrón de las manchas corporales del oso. Imágenes a muy corta distancia solo permiten ver partes muy reducidas del cuerpo, donde los patrones y forma de las manchas no son identificables (Figura 14). Por otro lado, imágenes de osos a muy larga distancia no son claras, y las manchas corporales no están bien definidas, lo que dificulta su identificación (Figura 15).

Los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en el Parque Chingaza en Colombia (Goldstein *et al.*, 2013), muestran que tanto el número de cámaras como su posición afectan el éxito de captura. En primer lugar, para aumentar el éxito de captura, la cámara debe colocarse en el lado opuesto del sendero donde se encuentra el objetivo fijo (generalmente árbol con “marca-remarca”), y a una distancia de entre 3 y 4 metros del mismo. A esta distancia, la trampa cámara toma imágenes de cuerpo entero, en las que el patrón y forma de las manchas corporales son claramente identificables. Sin embargo, dentro de este rango de distancia, el éxito de captura promedio de una estación de foto-trampeo con una sola cámara es de solo 0,33, es decir, se logra identificar los individuos en uno de cada tres eventos de osos detectados por la cámara. Esto se debe a que en muchas ocasiones el oso se acerca y “marca” la cámara y no el árbol con “marca-remarca”, y las imágenes resultantes están tomadas a distancias tan cortas que no permiten la identificación de los individuos (Figura 14).



Fotografías de osos a muy corta distancia, donde no es reconocible el individuo.  Figura 14



Fotografías de osos a larga distancia, donde no es reconocible el individuo.  Figura 15

"Marcas-remarca" de osos sobre árboles en estaciones de foto-trampeo, en el Parque Chingaza, donde se detectaron más de dos visitas (p = probabilidad de remarca por visita)

Estación	Número de visitas	p
1	3	0,333
4	4	0,75
5	3	1
6	5	0,8
10	3	1
11	6	0,5
12	4	0
13	9	0,444
14	8	0,25
15	9	0,556
16	4	0,5
17	6	0,833
18	7	1
19	4	0,75
20	3	0,667
21	4	0
22	4	0,5

(Goldstein et al., 2013). p describe la probabilidad obtenida que un oso remarque el árbol).

Tabla 2

La instalación de una segunda cámara en la estación, enfocada al objetivo fijo, puede aumentar el éxito de captura entre 0,48 (identificación del individuo en uno de cada dos eventos) y 0,75 (identificación de tres individuos en tres de cada cuatro eventos). Esta variabilidad del éxito de captura depende de la posición de la segunda cámara respecto tanto al árbol con señales de "marca-remarca", como a la otra cámara de la estación y al sendero. Cuando la estación de foto-trampeo está situada sobre un sendero, las cámaras son frecuentemente objeto de "marca-remarca" por parte de los osos que visitan la estación (Tabla 2). En este caso, las imágenes captadas por la cámara "marcada" son tomadas a muy corta distancia y solo permiten ver partes distorsionadas del cuerpo del oso o el pelaje (Figura 14). Sin embargo, si la segunda cámara es alineada frente a la otra, una de las cámaras siempre podrá captar imágenes completas del oso mientras este "marca" la otra cámara. Las cámaras deberán instalarse alineadas una frente a la otra a una distancia de entre 3 y 4 metros del objetivo fijo (árbol con señales de "marca-remarca"), de tal manera que la distancia entre cámaras varíe entre 6 y 8 metros. En el foto-trampeo realizado en el Parque Chingaza (Goldstein et al. 2013), con una disposición de cámaras en la estación de foto-trampeo donde tanto el árbol con "marca-remarca" como las cámaras estaban en la zona de detección de cada una de las cámaras de la estación, el éxito de captura fue de 0,75, esto es, tres de cuatro eventos de foto-trampeo terminaron en la captura (identificación) de los individuos que visitaron la estación.

Los colores negro y blanco del pelaje de los osos hacen que cualquier cambio en la intensidad de la luz difumine



Figura 16

Fotografías de un oso andino en un lugar donde la luz es irregular por el paso de los rayos del sol entre los árboles.

e incluso oculte las manchas blancas, lo que impide la caracterización del patrón y forma de las manchas y la identificación de los individuos (Figura 16). Además, dado que la actividad de los osos es mayor en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde (Paisley & Garshelis, 2006), la disposición de las cámaras con respecto a la dirección de la salida y puesta del sol es también un factor muy importante en relación con la posibilidad de identificar a los individuos. Las cámaras tienen que estar dispuestas en dirección del eje norte-sur, con el fin de evitar imágenes con el sol de frente, lo cual sucede cuando se instalan las cámaras en dirección del eje este-oeste, imposibilitando la identificación de los individuos (Figura 17).



Fotografías de osos andinos en contraluz.



Figura 17

En resumen: 1) la estación de foto-trampeo debe estar situada sobre un sendero, en una zona donde el sendero tenga una dirección general norte-sur; 2) si la estación de foto-trampeo tiene como objetivo fijo un árbol con señales de "marca-remarca", cada cámara tiene que estar colocada apuntando al objetivo fijo a una distancia de entre 3 y 4 metros, incluyendo en la zona de detección a la otra trampa cámara, de manera que cualquier oso que se acerque al objetivo fijo o a una cámara pueda ser capturado por las dos o al menos una de las cámaras

(Figura 18a); 3) en el caso que la estación de foto-trampeo tenga como objetivo el centro del sendero como referencia (no un árbol con "marca-remarca"), las cámaras tienen que estar dispuestas apuntando al centro del sendero a una distancia de entre 3 y 4 metros del mismo y a una distancia de entre 6 y 8 metros de la cámara opuesta (Figura 18b). Esta disposición de las cámaras permitirá obtener imágenes de cuerpo completo, bien definidas y con buen contraste del rostro de los osos andinos que pasen por dicha estación.

Esquema de la disposición de la estación de foto-trampeo sobre senderos respecto al norte: a) si se tiene como referencia un árbol con "marca-remarca", o b) si se tiene como referencia el centro del sendero.

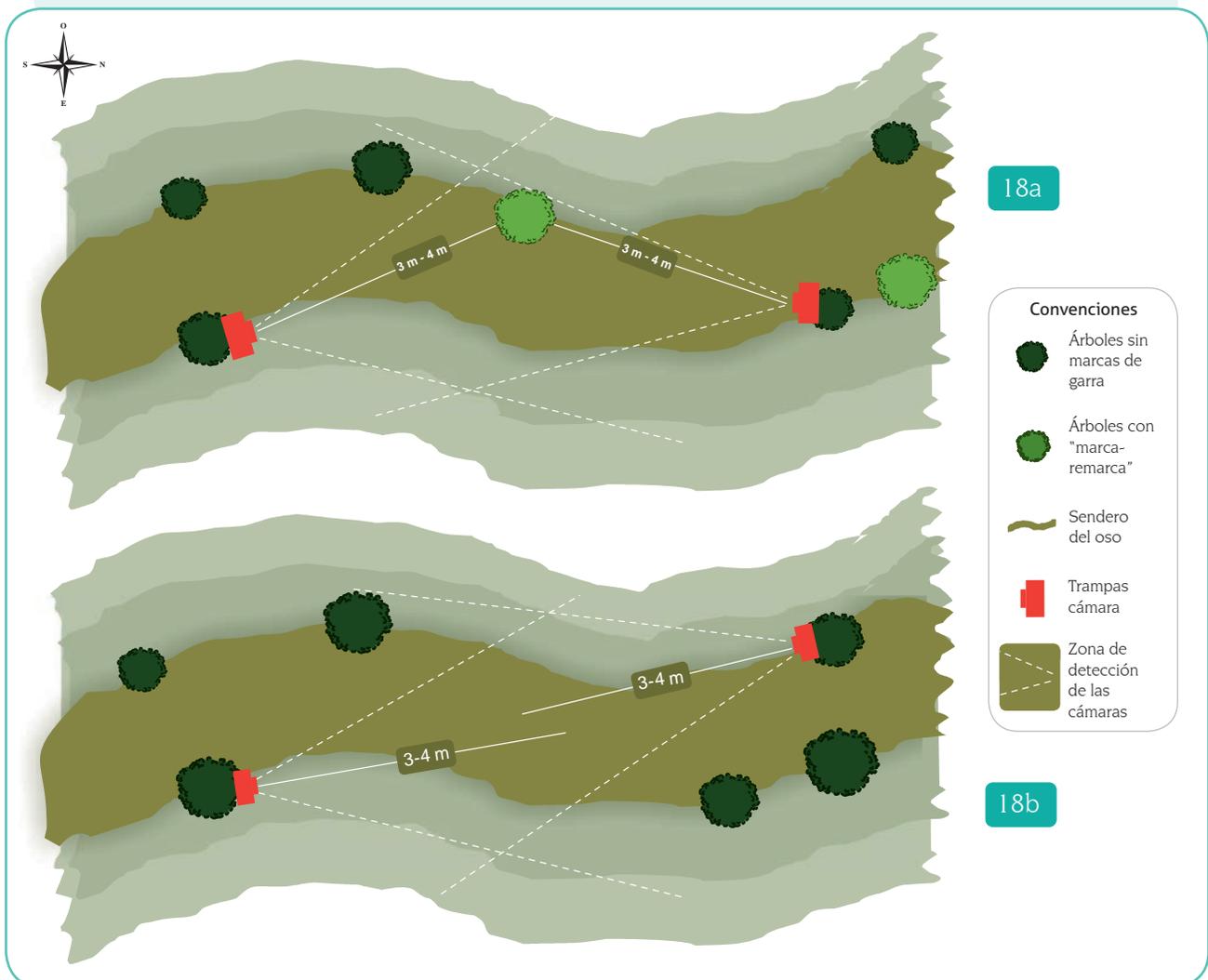


Figura 18a y 18b

Duración del muestreo



Las secciones anteriores se enfocaron en la determinación del lugar de instalación de la estación de foto-trampeo, y el número y posición de las trampas cámara, con el propósito de incrementar la probabilidad de detección y éxito de captura de la especie. Sin embargo, es muy importante determinar el tiempo que una estación de foto-trampeo debe permanecer activa para tener una alta probabilidad de capturar individuos de la especie de interés, en este caso el oso andino.

La estación de foto-trampeo puede evaluar solo una fracción del área de vida de un individuo, y mientras más grande sea el área de vida de la especie será relativamente más pequeña el área que podría ser evaluada. Uno o varios individuos pasarán por la estación de foto-trampeo respondiendo a sus movimientos, uso del espacio y de los recursos. Así, el tiempo que una cámara debe permanecer activa dependerá de estos movimientos y uso del espacio y los recursos.

En relación con el oso andino, WCS tiene una amplia experiencia en cuanto al tiempo promedio de detección de individuos por una estación de foto-trampeo. La Figura 19 muestra los resultados obtenidos en el Parque Chingaza en Colombia, en donde el tiempo para capturar por primera vez el set de los doce individuos identificados fue de 40 días. Basándonos en la experiencia del trabajo realizado en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, estimamos un periodo de 30 días de muestreo para estudios cuyo objetivo sea solo determinar la presencia de la especie (e.g. para estudios de la ocupación del oso andino), con una probabilidad del 95% en el área de influencia de una estación de foto-trampeo. Hay que tener claro que cada área de estudio es distinta, y la probabilidad de detección de los individuos dependerá a su vez, tanto de la abundancia de la especie en la localidad de interés como de la densidad de estaciones de foto-trampeo que se utilicen.

El tiempo que las trampa cámaras tienen que estar activas en una estación de foto-trampeo para obtener al menos una recaptura de individuos es de entre 45 a 60 días.

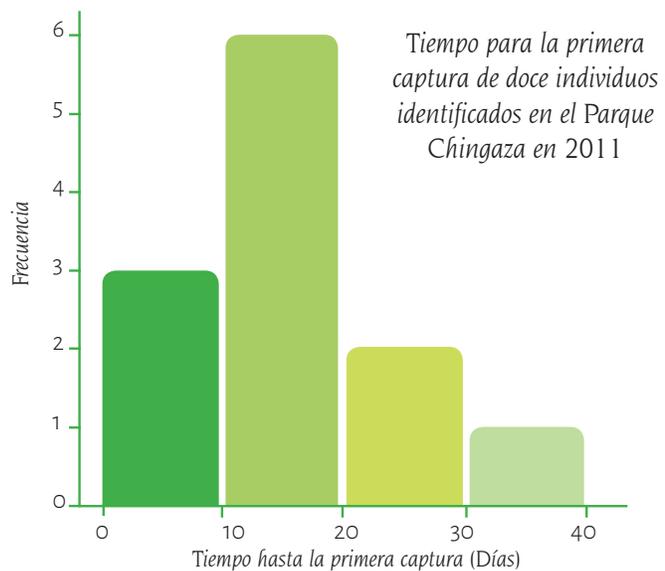


Figura 19

Si el objetivo de la investigación es determinar la abundancia de la especie, por lo general se requiere la recaptura de los individuos. Para esto, se debe tener en cuenta no solo el tiempo para la detección inicial de un individuo en particular, sino el tiempo en que dicho individuo pueda ser recapturado en la misma u otra estación de foto-trampeo. Mientras más recapturas, mejor será la precisión de los estimadores de abundancia. Tomando como ejemplo la experiencia de foto-trampeo en el Parque Chingaza, se observa que en los tres meses que estuvieron activas las cámaras, se recapturaron diez de los doce individuos identificados, y los mismos se recapturaron de una a tres veces en un lapso de 32 días, después de la primera captura, con el 90% de las recapturas realizadas 16 días después de la primera captura (Figura 20).

Tomando en cuenta el tiempo que se requiere para realizar al menos una recaptura por individuo, las cámaras tienen que estar activas en una estación de foto-trampeo durante 45 o 60 días para obtener al menos una recaptura de individuos con una probabilidad del 90%.

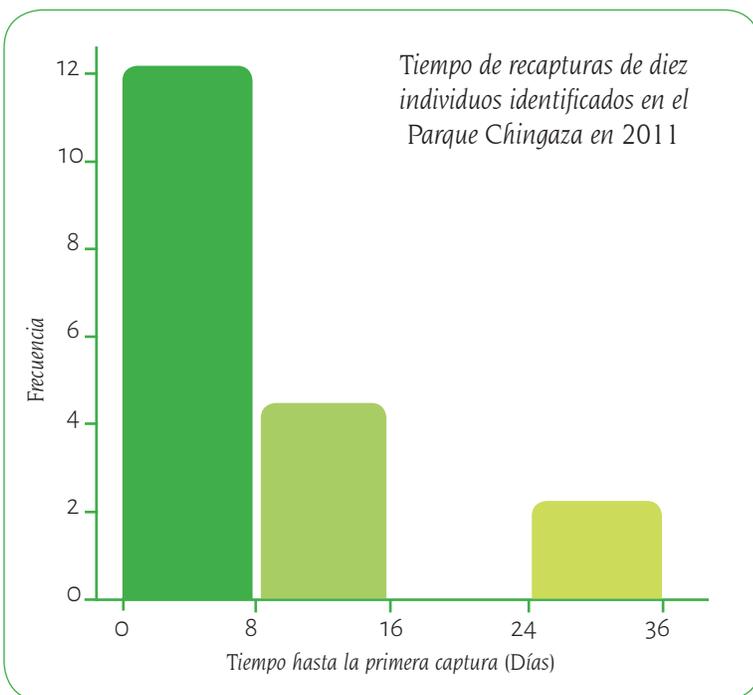


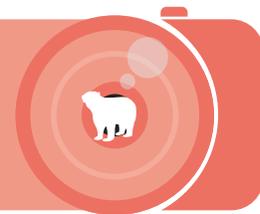
Figura 20

El lapso de tiempo que las cámaras tienen que estar activas para tener una alta probabilidad de poder determinar la presencia de la especie y/o tener recapturas de individuos, junto al número de trampas cámara disponible, son los factores más importantes a la hora de evaluar el diseño de muestreo seleccionado con base en el objetivo de la investigación. Por ejemplo, cuando hay limitaciones en cuanto al número de las trampas cámara disponibles para el trabajo, se divide el área total de interés en varios bloques, moviendo las cámaras de un bloque a otro durante todo el muestreo. Sin embargo, en trabajos cuyo objetivo es la determinación de la abundancia, uno de los supuestos es que la población esté demográficamente cerrada, esto es, no hay inmigración, emigración, mortalidad o natalidad durante el lapso de

muestreo, por lo que generalmente se limita el muestreo a un intervalo de entre 3 y 4 meses. El requerimiento de tener activas las cámaras entre 45 a 60 días limita el número de bloques posibles de foto-trampeo a solo dos, lo que a su vez limita el área total que puede ser muestreada.

Ajuste

de los parámetros de las trampas cámara



En la actualidad existe una gran variedad de marcas y tipos de trampas cámaras, con características muy variables, que atienden diversidad de públicos y necesidades. Las características de funcionamiento de las trampas cámara tienen un impacto en la detectabilidad y el éxito de captura, por lo cual la selección adecuada del equipo puede fortalecer un estudio y la selección errónea puede perjudicarlo. La selección debe estar basada en los requerimientos de información del estudio, las características de funcionamiento de la cámara, la calidad de las imágenes, las características ambientales, las características de la especie a estudiar y, finalmente pero no menos importante, el presupuesto.

Las características de funcionamiento de una trampa cámara que afectan la detectabilidad y el éxito de captura son: la sensibilidad, el tiempo de disparo, el tiempo de recuperación, la zona de detección, el número de fotos por evento, el alcance de la cámara, la calidad de la imagen y el consumo de batería.

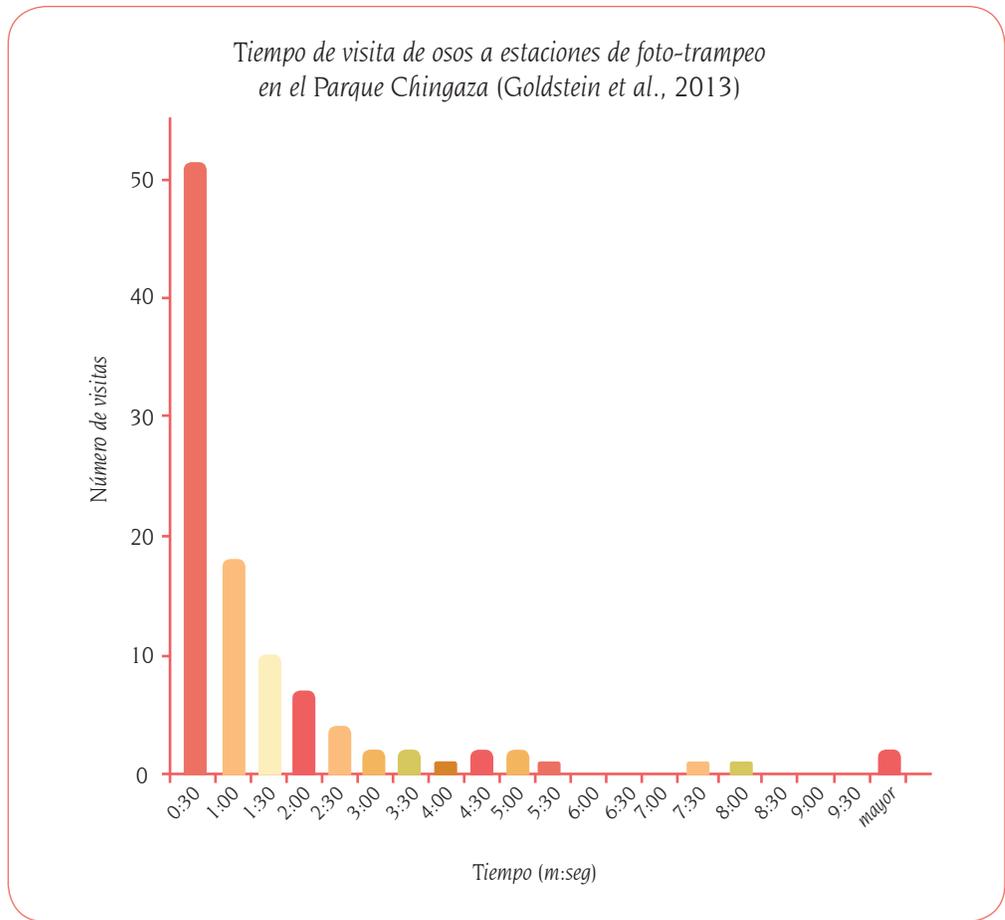
Sensibilidad. Esta característica describe la respuesta de activación que tiene una cámara cuando un animal pasa frente a ella. A mayor sensibilidad menor es el tamaño del animal que puede detectar, y mayor la distancia a la que el animal puede activar el equipo. Cámaras con baja sensibilidad toman pocas fotos de animales pequeños, y pocas fotos de animales que se encuentran lejos, por lo que disminuiría la detección y el éxito de captura. Sin embargo, a mayor sensibilidad también aumentará el número de fotografías tomadas por la cámara, ya que incluso el movimiento de las ramas puede ocasionar la activación de la cámara a una sensibilidad muy alta. En la actualidad, la mayor parte de las cámaras poseen una sensibilidad suficiente para ser activadas cuando pasan frente a ella mamíferos medianos o grandes. Con relación al oso andino, siendo esta una especie de gran tamaño (más de 50 kg), la sensibilidad no es un factor limitante al momento de seleccionar la cámara.

Tiempo de disparo. Este es el tiempo entre la detección de un objetivo y la toma de la foto. Esta es, junto al tiempo de recuperación y el número de fotos por evento (ver a continuación), una característica clave para la selección de la cámara. De este factor depende que se tomen imágenes de cuerpo entero del animal de interés y, como consecuencia, también depende la detección y la captura del animal. Una cámara con un tiempo de disparo lento tendría fotos “sin objetivo” (vacías) o fotos parciales

Las características de funcionamiento de las trampas cámaras tienen un gran impacto en la detectabilidad y el éxito de captura.

del cuerpo (generalmente la parte trasera o la cola), cuando los individuos pasan muy rápido o muy cerca de la trampa cámara, ya que estos estarán fuera del campo de visión de la trampa cámara cuando se tome la foto.

La experiencia con osos andinos indica que por lo general el paso frente a las cámaras es lento, y los individuos permanecen el tiempo suficiente para que las cámaras detecten al individuo y puedan tomar al menos una foto (Figura 21). Sin embargo, el tiempo de disparo, en conjunto con el tiempo de recuperación de las cámaras definen el número de imágenes que se toman con el oso en el campo de visión de la cámara. A mayor número de imágenes más alta es la probabilidad de tener imágenes que permitan la identificación de los individuos. Para el año 2014, las cámaras con tiempo de disparo menor a 0,5 segundos son la Bushnell Trophy Cam HD 2014 (TD = 0,14 seg), Reconyx HC 500 (TD = 0,22 seg), Reconyx HC 600 (TD = 0,21 seg) y Stealth Cam G42NG (TD = 0,49 seg).¹



 **Figura 21**

1. Las características de las trampas cámara fueron consultadas en Trailcampro.com en diciembre de 2014.

Tiempo de recuperación. Este es el tiempo que transcurre entre un evento de toma de imágenes y la activación de la cámara para el siguiente evento, cuando el individuo ha permanecido frente a la cámara. El número de imágenes que se pueden tomar de un individuo durante una visita a una estación de foto-trampeo depende del tiempo de recuperación. A mayor número de eventos, que se traduce en un mayor número de imágenes, también es mayor la posibilidad de identificar un individuo (Figura 22). Con respecto al trabajo con el oso andino, el tiempo de recuperación es una característica clave que se relaciona con el número de eventos y el número de imágenes, y por ende con la probabilidad de identificar individuos. Las trampas cámara con los tiempos de recuperación más cortos son los modelos Reconyx HC 500 (TR = 0,9 seg) y Reconyx HC 600 (TR = 0,9 seg), capaces de tener eventos fotográficos con 1,1 segundos de diferencia (sumando los tiempos de disparo y recuperación). Para el año 2014, otros modelos con tiempos de recuperación cortos son Browning Spec Ops XR, Dark Ops, Strike Force, Recon Force XR y Bushnell Natureview HD Max, con dos eventos de fotografías tomados en un tiempo de entre 6 y 7 segundos.²

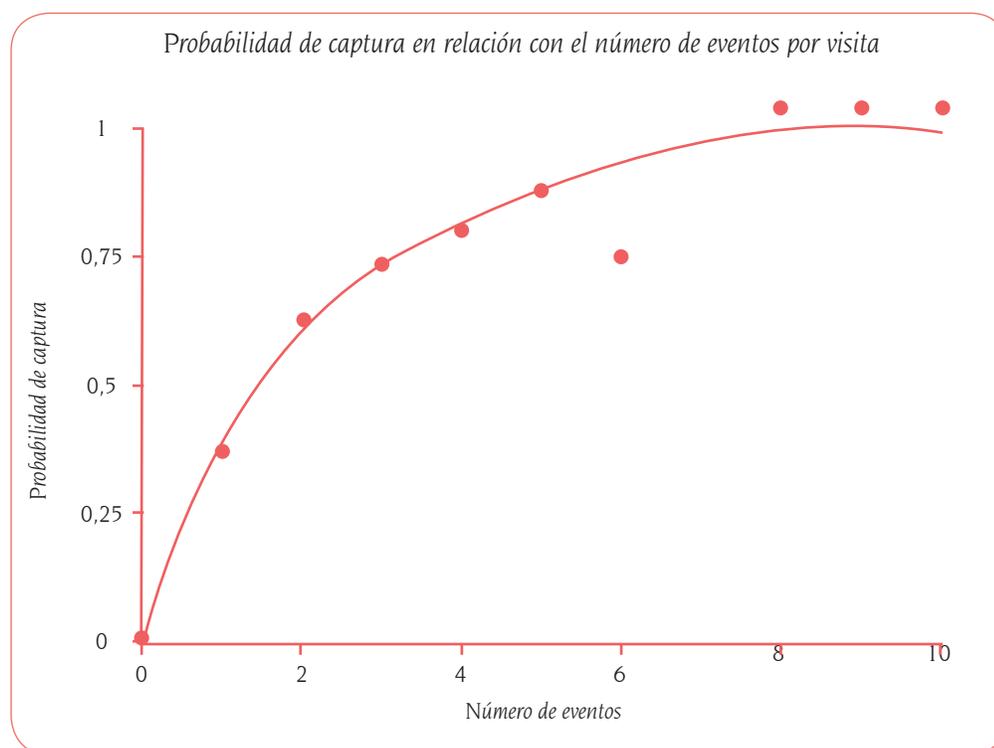


Figura 22

Número de fotos por evento. Esta característica corresponde al número de fotos que toma la cámara al detectar un objetivo. Este número de fotos es independiente de la presencia continua del objetivo frente a la cámara. Esta es una característica que no es común para todos los modelos de cámara. En el caso del oso andino donde el paso por la cámara y su estancia en las estaciones de foto-trampeo puede ser prolongada, la característica de ciertas cámaras de captar rachas de imágenes en cada evento permite tener un gran número de imágenes con diferentes ángulos del objetivo. Como se mencionó antes, a mayor número de imágenes y a mayor número de eventos, aumenta la probabilidad de identificar individuos, al poder caracterizar al mismo desde distintos ángulos (Figura 22).

2. Las características de las trampas cámara fueron consultadas en Trailcampro.com en diciembre de 2014.

Zona de detección, ángulo de detección. Esta es la zona dentro de la cual la trampa cámara detecta el objetivo y se activa. Está formada por el ángulo de detección y el alcance de detección. El ángulo de detección es una variable muy importante, ya que afecta el número de fotos que se pueden tomar mientras el objetivo esté dentro del rango de visión de la trampa cámara. El ángulo de detección se clasifica como amplio (Figura 23a) o angosto (Figura 23b). Mientras más amplio sea el ángulo de detección más probabilidades existen de activar la cámara y tomar una foto. Sin embargo, el ángulo de detección no debería ser mayor al campo de visión de la trampa cámara (Figura 23a), pues podría haber muchas fotos vacías, de animales que entran en la zona de detección y no en el campo de visión de la cámara. La zona de detección tampoco debería ser muy angosta (Figura 23b), pues aunque los animales que entren en la zona de detección de la trampa cámara siempre estarán cerca al centro de la foto, no se detectarán aquellos animales que pasen dentro de los bordes del campo de visión de la trampa cámara pero no entren en la zona de detección.

En cuanto al oso andino, un animal que no se desplaza muy rápido, el ángulo de detección es un elemento importante, ya que junto con el tiempo de disparo, tiempo de recuperación y número de fotos por evento, determina la cantidad de imágenes disponibles y con ello la probabilidad de identificar un individuo. Mientras más amplio sea el ángulo de detección, sin ser mayor al campo de visión de la trampa cámara, más eventos de captura y más imágenes a diferentes distancias de la trampa cámara estarán disponibles (Figura 23c y 23d). La experiencia señala que trampas cámara con ángulos de detección por sobre 40° tienen un mayor éxito de captura de osos. Para el año 2014, las cámaras Moultrie, Covert, Wildview, Stealth Cam y Reconyx tienen ángulos de zonas de detección por sobre los 40° .³ Sin embargo, las primeras cuatro presentan zonas de detección mayores al campo de visión de la trampa cámara.

El alcance de detección es la distancia, tanto de día como de noche, a la cual se activa la cámara cuando un animal entra en el área de detección. El alcance de la

Esquema de la relación entre la zona de detección y el campo de visión de las trampas cámara: **a)** con una zona de detección amplia y mayor al campo de visión, **b)** con una zona de detección angosta y menor al campo de visión, **c)** con una zona de detección amplia e igual al campo de visión, y **d)** con una zona de detección angosta e igual al campo de visión (los círculos naranjas son árboles, las cajas blancas son las trampas cámara, las líneas punteadas muestran la zona de detección de las cámaras y las líneas continuas muestran el campo de visión de las trampas cámara).

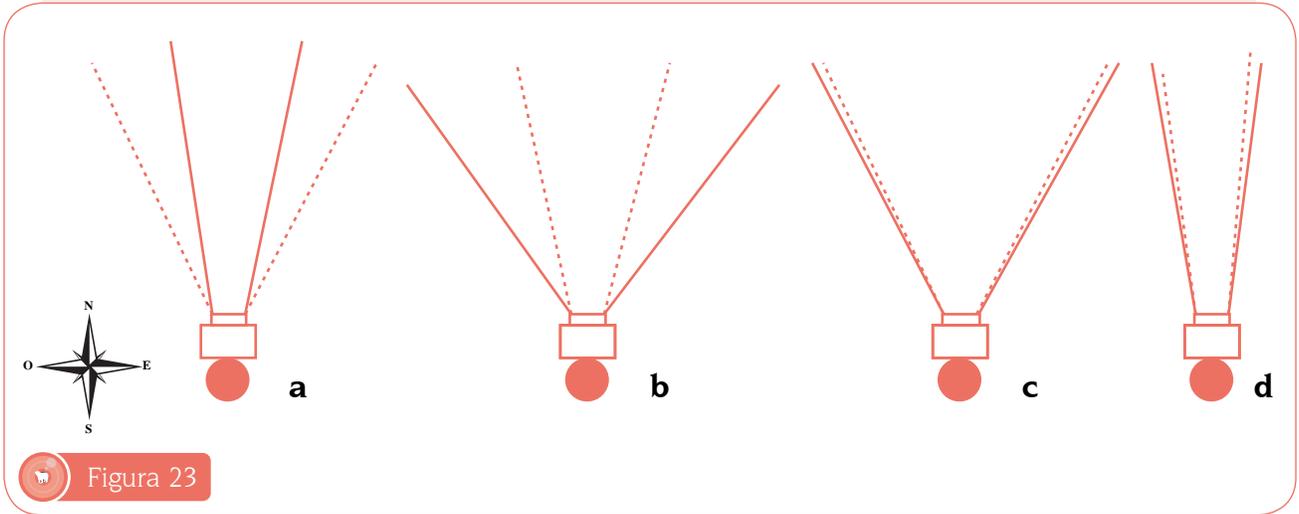


Figura 23

3. Las características de las trampas cámara fueron consultadas en Trailcampro.com en diciembre de 2014.

cámara dependerá del tamaño del animal, la hora del día (intensidad de la luz), así como de las características del ambiente. El alcance de la cámara será menos importante para estudiar una especie que usa áreas de sotobosque denso, que para una especie que usa praderas abiertas. Conocer el alcance de la cámara es importante para escoger la distancia efectiva al objetivo, que es la distancia donde tanto la sensibilidad como la calidad de las imágenes son las adecuadas para incrementar el éxito de captura. En relación con el oso andino, el alcance de la cámara no es una característica de particular importancia dado que las estaciones de foto-trampeo se establecerán a lo largo de senderos utilizados por la especie y a una distancia determinada de árboles con “marca-remarca”, por lo cual generalmente no se tendrá el objetivo de interés lejos de las trampas cámara.

Consumo de la batería. El consumo o rendimiento de la batería es un punto muy importante a considerar al momento de seleccionar una cámara, sobre todo para áreas silvestres distantes o poco accesibles, ya que condiciona el tiempo que podemos dejar las cámaras sin supervisión. Cuando la accesibilidad es un problema, es preferible comprar cámaras que puedan permanecer activas largos periodos de tiempo que enfrentar los costos de logística y salarios para colocar o remover con frecuencia las cámaras o las baterías. En este cálculo es importante tener en cuenta si la cámara tomará pocas fotos o si estará tomando fotos continuamente en el día

o la noche. Para el año 2014, las cinco cámaras con menor consumo de baterías en descanso (para sitios donde se tomen pocas fotos) son: Reconyx XR6 (0,2 miliamperios), Browning Recon Force XR (0,8 miliamperios), Browning Spec Ops XR (0,8 miliamperios), Moultrie M-550 (0,9 miliamperios), Browning Range Ops XR (0,9 miliamperios). Las cinco cámaras con menor consumo por fotografía de día y de noche (para sitios donde se tomen muchas fotos) son: Reconyx HC500 (día = 128 miliamperios por segundo; noche = 255 miliamperios por segundo), Reconyx HC600 (día = 125 miliamperios por segundo; noche = 389 miliamperios por segundo), Moultrie M-550 (día = 186 miliamperios por segundo; noche = 390 miliamperios por segundo), Eyecon Jag (día = 212 miliamperios por segundo; noche = 430 miliamperios por segundo), Moultrie Trace Premise (día = 275 miliamperios por segundo; noche = 368 miliamperios por segundo).⁴

Durante la temporada de foto-trampeo realizada en el Parque Chingaza (Colombia) en el año 2011, se evaluó la carga remanente en cuarenta cámaras Reconyx HC500, usando dos diferentes marcas de batería alcalinas (Goldstein *et al.*, 2013). A pesar de que una marca siempre tuvo un desempeño mejor que la otra, este no llega a ser más de unos cuantos puntos porcentuales. La disminución de la carga en el tiempo de ambas marcas de batería se mantuvo igual, con una disminución de la mitad de la carga a los 90 días de uso (Figura 24).

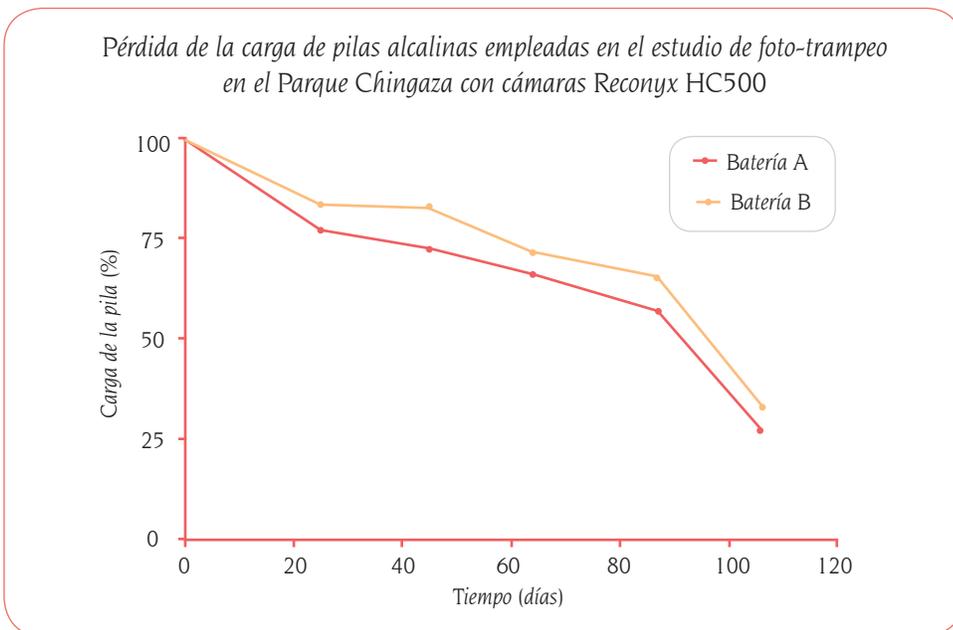


Figura 24

4. Las características de las trampas cámara fueron consultadas en Trailcampro.com en diciembre de 2014.

Resolución de la imagen. Indica cuánto detalle puede observarse en una imagen. Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual, lo cual incide en el aumento del éxito de captura. Sin embargo, dado el gran desarrollo de las cámaras fotográficas, muchas si no todas las trampas cámara existentes en el mercado tienen una buena resolución, dejando de ser esta una variable importante de evaluar al escoger la herramienta.

Otras sugerencias

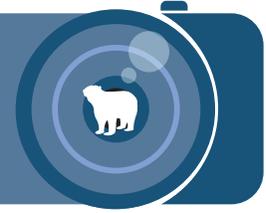
El presupuesto disponible, aunque no es una variable directamente relacionada con el desempeño de la cámara, es uno de los factores más relevantes y en muchos casos el único usado para seleccionar las trampas cámara. Es necesario seleccionar la trampa cámara que provea el mayor beneficio con el menor costo. No obstante, debe considerarse siempre el beneficio neto, pues si la herramienta que se puede adquirir no cumple con las especificaciones requeridas para el trabajo con la especie de interés o en un área dada, el estudio será una pérdida de dinero y tiempo.

Para evitar la compra de equipos que no sean adecuados para realizar un estudio, es recomendable hacer una prueba piloto de las trampas cámara que se han considerado usar. Esta prueba piloto puede llevarse a cabo con una o pocas cámaras compradas o prestadas a otros investigadores (que sean exactamente del mismo modelo o modelos a comprar).

Tomando en cuenta las necesidades y las características de los distintos modelos de trampas cámara que están en el mercado, las características y conducta de los osos andinos, los requerimientos de la investigación y el precio de las cámaras, el Programa de Investigación y Conservación del Oso Andino de WCS escogió como instrumento de trabajo las cámaras Reconyx HC500, y con base en la experiencia de distintos proyectos de fototrampeo considera que el ajuste de las cámaras Reconyx HC500 que redundará en un incremento significativo del éxito de captura de osos andinos es el siguiente:

- **Sensibilidad:** Media/Alta
- **Distancia al objetivo (árbol con MRM):** 3 a 4 metros
- **Distancia en cámaras:** 6 a 8 metros
- **Intervalo de fotos por evento:** 1 segundo
- **Intervalo entre eventos:** 1 segundo
- **Número de fotos por evento:** 5
- **Número de cámaras:** 2
- **Posición:** pareadas una frente a la otra con el objetivo en el medio, alineadas norte-sur y una distancia entre ambas cámaras de 6 a 8 metros y al objetivo de entre 3 y 4 metros.

Identificación de los individuos



A diferencia de otras especies de oso con pelajes más uniformes en cuanto a su color, tales como los osos negros americanos (*Ursus americanus*), o los osos pardos (*Ursus arctos*), cada individuo de oso andino puede presentar una o varias manchas de color blanco hasta amarillo en la frente, alrededor de los ojos, en los pómulos y hocico, extendiéndose por el cuello y pecho (Emmons, 1997). El patrón de esta mancha es muy variable, puede cubrir todo el rostro, cuello y pecho, o estar totalmente ausente (Mondolfi, 1989). Se ha especulado mucho con la posibilidad de identificar individuos de oso andino utilizando el patrón de manchas faciales y corporales, pues cada individuo tiene un patrón único (Roth, 1964). Sin embargo, la experiencia con foto-trampeo de osos andinos (Ríos-Uzeda *et al.*, 2007; Zug, 2009; Jones, 2010; Goldstein *et al.*, 2013 y Van Horn *et al.*, 2014) hace pensar que la identificación de individuos a través de imágenes de foto-trampeo no es tan fácil como podría pensarse. Dado que estamos hablando de un patrón facial que está dispuesto en una superficie básicamente esférica (tridimensional), la parte del rostro y por supuesto la forma de la mancha facial visible, dependerá de la posición del individuo en el momento de ser fotografiado (Figura 25 y 26). El ancho, la nitidez y la delineación de las manchas pueden variar considerablemente con la postura, la luz y el estado de humedad del pelaje al momento de la toma de las imágenes, lo que podría generar una gran cantidad de errores al momento de identificar los individuos (Zug, 2009).

Podemos cometer dos tipos básicos de error en la identificación de individuos, falsos positivos y falsos negativos. Ambos tipos de errores son muy frecuentes cuando estamos identificando individuos de oso andino



Fotografías de un oso en diferentes posiciones del rostro respecto a la cámara.



Figura 25

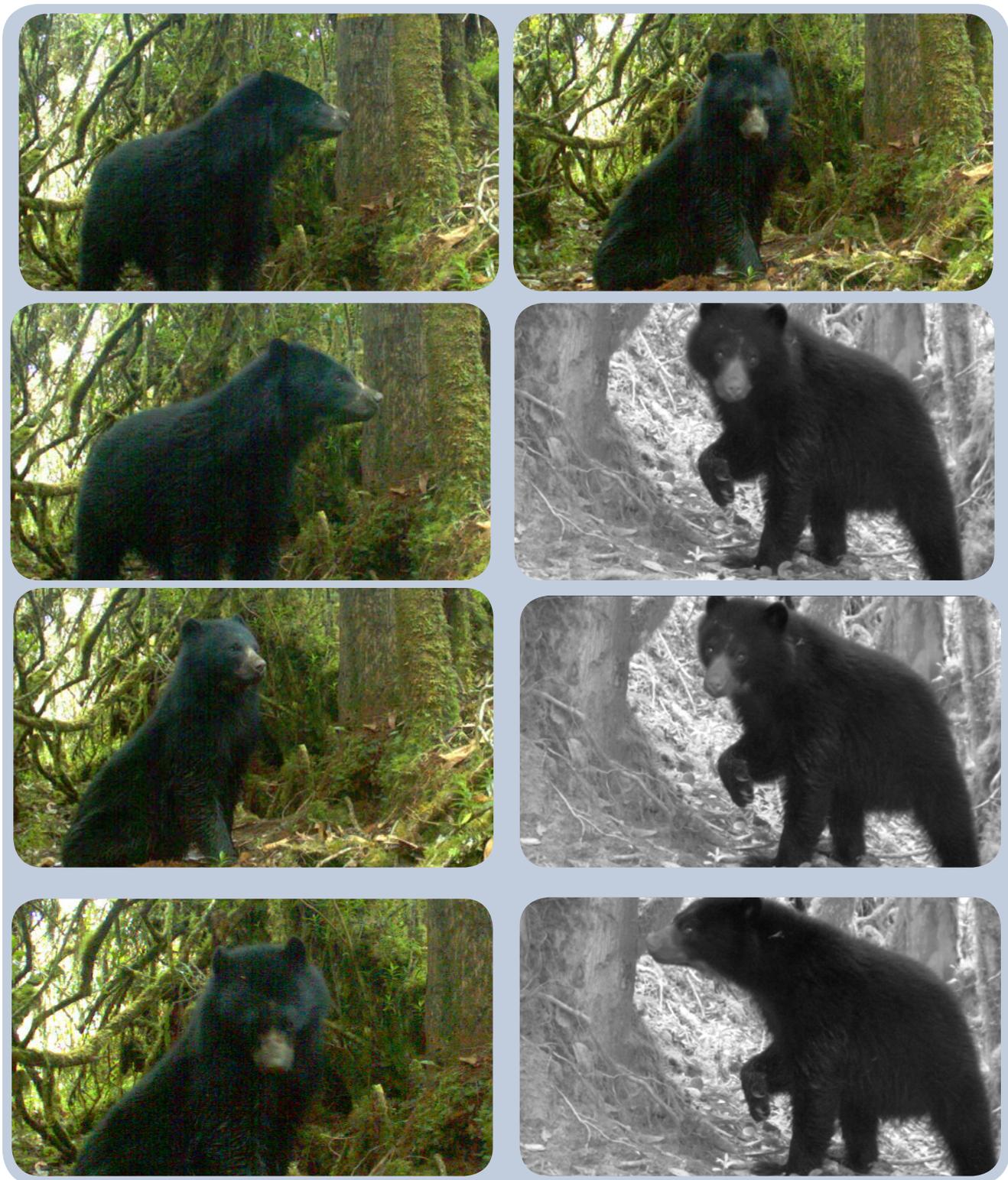


Figura 26

Fotografías de un oso en diferentes posiciones del rostro respecto a la cámara.

a partir de imágenes fotográficas. Los falsos positivos se refieren a la identificación incorrecta de imágenes de múltiples individuos como uno solo. Este tipo de error tiene como consecuencia la subestimación del número de individuos. Los falsos negativos se refieren a la identificación incorrecta de múltiples imágenes del mismo individuo como múltiples individuos, ocasionando la sobrestimación del número de individuos. Los falsos positivos, es un error común cuando tratamos de ser muy conservadores con relación a la diferenciación entre individuos y comparamos imágenes de individuos que se parecen y tenemos muy pocas imágenes de ambos individuos. En ciertas poblaciones hemos visto cómo muchos de los individuos tienen un patrón de manchas similar, como si fuera una característica de esa población. En este caso el error de falsos positivos puede ser común. El error de falsos negativos es el error más común con respecto a la identificación de individuos de oso andino cuando se están comparando pocas imágenes de cada evento de foto-trampeo, y estas son de posturas o ángulos totalmente distintos.

A continuación se hace un recuento de los más recientes desarrollos en torno a los métodos para identificar individuos de oso andino a partir del foto-trampeo. Ríos-Uzeda y colaboradores (2007) no reportan una metodología particular para la identificación de los individuos. Ellos solo señalan en fotografías las características que les permitieron diferenciar a un oso de otro. Zug (2009) señala que la identificación de los individuos se dificulta en muchas ocasiones, ya que porciones importantes del rostro no son visibles, por lo que tenía que ensamblar partes de muchas imágenes para poder elaborar el patrón facial. Así que Zug (2009) desarrolla una metodología sistemática y replicable de identificación de individuos basada en tres etapas: La primera etapa es la evaluación de todas las fotos de cada visita con el propósito de crear un dibujo de la imagen frontal del individuo en dicha visita. Para cada uno de los dibujos que representa una visita, se elabora una lista de las características particulares del diseño facial. Zug (2009) señala de manera particular la forma y amplitud del patrón de manchas entre y alrededor de los ojos, lo que denomina “Y”, y lo divide en el “tronco”, que es la parte entre los ojos, y las “ramas”, que es la parte sobre los

ojos. En la segunda etapa compara todos los esquemas de osos uno contra el otro, con el fin de evaluar si “son el mismo oso”. Para diferenciar un oso de cualquier otro, Zug (2009) afirma que requiere que el oso diferente tenga al menos tres características que lo distingan de los demás. Finalmente, la tercera etapa tiene la finalidad de evitar el sesgo del investigador principal, y en la misma se repiten los pasos 1 y 2 con tres evaluadores independientes. Para evaluar la variabilidad entre observadores, Zug (2009) mide la selectividad (identificación del mismo individuo que identifica el investigador principal) y la especificidad (la no identificación del mismo individuo que no identificó el investigador principal).

Durante su trabajo de campo, Zug (2009) obtuvo veintiocho visitas, de las cuales solo dieciséis (57%), tenían imágenes donde se podían observar los patrones de manchas del rostro y el cuello de los osos. De esas dieciséis visitas, solo en siete se pudo elaborar un esquema que permitiera la identificación del individuo. Zug (2009) identificó cinco individuos, de los cuales solo cuatro pasaron el tercer paso de la identificación. En su discusión, Zug (2009) señala que para incrementar la probabilidad de obtener imágenes que puedan ser usadas en la identificación de los distintos individuos, recomienda el uso de múltiples cámaras por estación y de cámaras que tengan una alta velocidad de obturación y frecuencia de fotografías. Por otro lado, propone mejorar la metodología de identificación de individuos en su etapa 2, generando un tipo de esquema del rostro en el que se separen partes individuales del rostro y se identifiquen los distintos individuos por la presencia/ ausencia de manchas en partes particulares del rostro.

Jones (2010), siguiendo el trabajo de Zug (2009), desarrolla un proyecto de foto-trampeo en la misma localidad, con el fin de evaluar la probabilidad de detección e identificación de individuos. Jones (2010) modificó la metodología de identificación de individuos en sus etapas 2 y 3. En la etapa 2, Jones (2010), siguiendo parcialmente las recomendaciones de Zug (2009), crea un dibujo compuesto que además de presentar la imagen frontal, incluye los perfiles derecho e izquierdo. Finalmente, y para evaluar el sesgo del investigador principal, Jones (2010) desarrolla una metodología totalmente distinta a la de Zug (2009). Jones (2010) toma como base un

grupo de seis evaluadores independientes a los cuales se les muestra pares de imágenes que el investigador principal ha evaluado como los mismos individuos. Cada evaluador independiente evalúa las imágenes con base en una escala del 2 al -2, según el siguiente criterio: definitivamente el mismo individuo (2); probablemente el mismo individuo (1); indeterminado (0); probablemente individuos diferentes (-1); definitivamente distinto (-2). Si la sumatoria del puntaje de los seis evaluadores era de 6 o más, se confirmaba la identificación del investigador principal.

Van Horn *et al.* (2014) evalúan el error en la identificación individual a partir de la comparación de pares de imágenes de individuos conocidos. El promedio de éxito en la identificación de individuos adultos apenas supera el 50% ($55,9 \pm 19,7\%$). Van Horn *et al.* (2014) recomiendan que la identificación individual sea revisada por al menos tres evaluadores independientes y con experiencia, con el objetivo de reducir los errores de identificación.

Tanto las metodologías desarrolladas por Zug (2009) y Jones (2010) como la recomendación de Van Horn *et al.* (2014), tienden a subestimar el número de individuos en la población, ya que consideran solo los individuos que son identificados de igual forma por todos los evaluadores, sumando los errores de todos.

Goldstein y colaboradores (2011), en el trabajo realizado en el Parque Chingaza, desarrollaron una metodología para la identificación de los individuos basada en los trabajos de Zug (2009) y Jones (2010), ampliando aún más las imágenes y los ángulos requeridos para la construcción de un portafolio que describe a un individuo identificado. Además de las imágenes frontales y de ambos perfiles requeridas por Jones (2010), el portafolio de identificación individual tiene imágenes intermedias entre el retrato de frente y los perfiles, e imágenes tomadas en cada uno de estos ángulos desde arriba, frente y abajo. También, se adicionan imágenes con diferentes intensidades de luz y grados de humedad del pelaje. El portafolio de cada identificación individual se va complementando a medida que nuevas capturas del individuo identificado se hacen disponibles. Cada una de las nuevas capturas se compara con los portafolios correspondientes a los individuos ya identificados. Esta metodología tiene como requerimiento la toma de una

gran cantidad de imágenes por evento de captura para poder tener imágenes desde distintos ángulos y bajo diversas condiciones. El resultado final es el desarrollo de portafolios individuales (Figura 27), que permiten la identificación de individuos desde diferentes ángulos y condiciones de luz y humedad. Mientras más fotos y ángulos se tengan, más fácil será la identificación de los individuos. Los portafolios de identificación individual reducen la posibilidad de falsos negativos y falsos positivos, e incrementan el número de eventos de fototrampeo con individuos identificados.

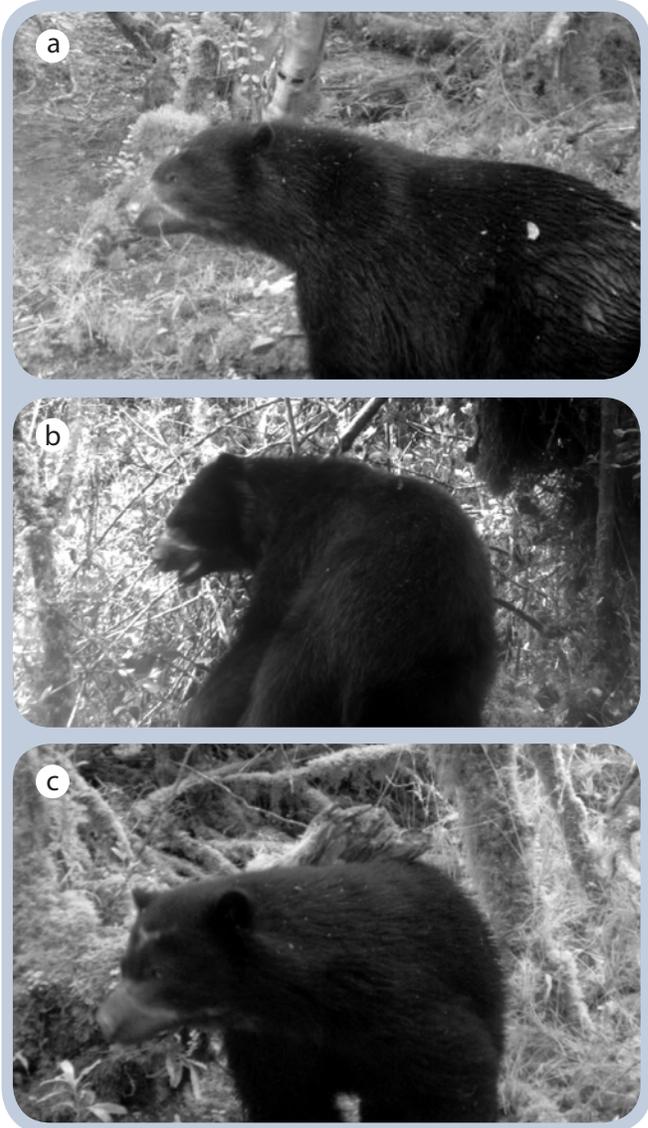


Figura 27a a 27m Portafolio de fotos para la identificación de un individuo en el Parque Chingaza.





Bibliografía

- Ahumada, J., Faresin, C., Cajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., McWilliam, A., Mugerwa, B., O'Brien, T., Rovero, F., Sheil, D., Spironello, W., Winarni, N. & Andelman, S., 2011. Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philos. T. Roy. Soc. B*, 366:2703-2711.
- Aebischer, N. J., P., Robertson & R. E. Kenward. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology*, 74:1313-1325.
- Bowkett, A. E., F. Rovero & A. R. Marshall. 2007. The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, Tanzania. *African Journal of Ecology*, 46:479-487.
- Chávez, C., A. de la Torre, H. Bárcenas, R. A. Medellín, H. Zarza, & C. Ceballos. 2013. *Manual de foto-trampeo para estudios de fauna silvestre. El jaguar de México como estudio de caso*. México: Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cuéllar, E., L. Maffei, R. Arispe & A. J. Noss. 2006. Geoffrey's cats at the northern limit of their range: activity patterns and density estimates from camera trapping in Bolivian dry forests. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41(3):169-178.
- Emmons, L. H. & Feer, F. 1997. *Neotropical rainforest mammals: A field guide* Chicago. University of Chicago Press. 307 pages.
- Garshelis, D. L. 2011. Andean bear density and abundance estimates - how reliable and useful are they? *Ursus*, 22:47-64.
- Goldstein, I. & R. Márquez. 2004. Monitoring Andean bear activity and movements along natural trails using non-invasive techniques in Venezuela. *International Bear News*, 13:23.
- Goldstein I., N. Flórez, L. Acevedo, R. Márquez, J. Martínez, A. Cifuentes, A. Pérez, A. Melchor & G. Bianchi. 2013. Programa Nacional de Monitoreo de Oso Andino en los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Informe técnico, WCS.
- Goldstein I., R. Márquez, J. Martínez, A. Cifuentes, A. Pérez, A. Melchor & G. Bianchi. 2011. Programa Nacional de Monitoreo de Oso Andino en los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Piloto de trampas cámara. Informe técnico, WCS.
- Gómez, H., R. B. Wallace, G. Ayala & R. Tejada. 2005. Dry season activity periods of some Amazonian mammals. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(2): 91-95.
- Gray, T. N. E. & Phan, C., 2011. Habitat preferences and activity patterns of the larger mammal community in Phnom Prich Wildlife Sanctuary, Cambodia. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 59:311-318.

- Jones, T. 2010. *Detection probability and individual identification of the Andean bear (Tremarctos ornatus) using camera trapping methods*. Master Thesis. Madison: University of Wisconsin.
- Karanth, K. U. & J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79:2852-2862.
- Karanth, K. U., J. D. Nichols & N. S. Kumar. 2011. Estimating tiger abundance from camera trap data: field surveys and analytical issues. (pp. 97-118). In: A. F. O'Connell, Jr., J. D. Nichols & U. K. Karanth (Eds.). *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. New York: Springer.
- Karanth, K. U. & J. D. Nichols. 2002. *Monitoring tigers and their prey: A manual for researchers, managers and conservationists in Tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies Bangalore, India.
- Karanth, K. U., R. S. Chundawat, J. D. Nichols & N. S. Kumar. 2004. Estimation of tiger densities in the tropical dry forests of Panna, Central India, using photographic capture-recapture sampling. *Animal Conservation*, 7:285-290.
- Karanth, K. U., J. D. Nichols, N. S. Kumar & J. E. Hines. 2006. Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology*, 87:2925-2937.
- Kelly, M. J., A. J. Noss, M. S. di Bitetti, L. Maffei, R. Arispe L., A. Paviolo, C.D. de Angelo & Y. E. di Blanco. 2008. Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina and Belize. *Journal of Mammalogy*, 89(2):408-418.
- Kucera T. E., Barrett R. H. 2011. A History of Camera Trapping. (pp. 9-26). In: O'Connell A.F., Nichols J.D. & Karanth K. U. (Eds.). *Camera Traps in Animal Ecology Methods and Analyses*. New York: Springer.
- Maffei, L., E. Cuéllar & A. Noss. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-lyá National Park. *Journal of Zoology*, 262(3):295-304.
- Maffei, L., A. J. Noss, E. Cuéllar & D. Rumiz. 2005. Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, and ranging behavior in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology*, 21(3):349-353.
- Maffei, L., A. J. Noss, S. Silver & M. J. Kelly. 2011a. Abundance/density case study: jaguars in the Americas. (pp. 119-144). In: A. F. O'Connell, Jr., J. D. Nichols & U. K. Karanth (Eds.). *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. New York: Springer.
- Maffei, L. & A. J. Noss. 2008. How small is too small? Camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. *Biotropica*, 40(1):71-75.
- Márquez, R., V. Guerrero y I. Goldstein. 2005. *Exploration to the Cofán Territories: the use of game trails, non-invasive genetic sampling, and camera traps as tools for Andean bear surveys*. Libro de resúmenes. 16th IBA Conference. Riva del Garda. Italy.
- Mondolfi, E. 1989. Notes on the distribution, habitat, food habits, status and conservation of the spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) in Venezuela. *Mammalia*, 53:525-544.
- Nichols, J. D. & Conroy, M. J. 1996. Techniques for estimating abundance and species richness. In: Wilson, D. E., Cole, F. R., Nichols, J. D., Rudran, R. & Foster, M. S. (Eds.). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals* (pp. 177-234). Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.

- Nichols, J. D. & K. U. Karanth. 2002. Statistical concepts; assessing spatial distribution. (pp. 29-38). In: K. U. Karanth & J. D. Nichols, editors. *Monitoring tigers and their prey*. Bangalore, India: Centre for Wildlife Studies.
- Nichols J. D., O'Connell A. F., Karanth K. U. 2011. Camera Traps in Animal Ecology and Conservation: What's Next? (pp. 253-263). In: O'Connell A.F., Nichols J.D. & Karanth K.U. (Eds.). *Camera Traps in Animal Ecology Methods and Analyses*. New York: Springer.
- Noss A. J., Cuéllar R. L., Barrientos J., Maffei L., Cuéllar E., Arispe R., Rúmiz D. & Rivero K. 2003. A camera trapping and radio telemetry study of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) in Bolivian dry forests. *Tapir Conservation*, 12:24-32.
- Noss, A. J., B. Gardner, L. Maffei, E. Cuéllar, R. Montaña, A. Romero-Muñoz, R. Sollman & A. F. O'Connell Jr. 2012. Comparison of density estimation methods for mammal populations with camera traps in the Kaa-lya del Gran Chaco landscape. *Animal Conservation*, 15:527-535.
- O'Brien, T. G. 2010. Wildlife picture index and biodiversity monitoring: issues and future directions. *Animal Conservation*, 13:350-352.
- O'Brien, T. G., M. F. Kinnaird & H. T. Wibisono. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6:131-139.
- O'Brien, T. G., Baillie, J. E. M., Krueger, L. & Cuke, M. 2010. The wildlife picture index: monitoring top trophic levels. *Animal Conservation*, 13:335-343.
- O'Brien T.G. & M. F. Kinnaird. 2008. A picture is worth a thousand words: the application of camera trapping to the study of birds. *Bird Conservation International*, 18:S144-S162.
- O'Brien, T. G. & M. F. Kinnaird. 2011. Density estimation of sympatric carnivores using spatially explicit capture-recapture methods and standard trapping grid. *Ecol Appl.*, 21:2908-2916.
- Ocaña, D., A. Montilva, E. Pereira, N. Sánchez, J. Mora, J. Molina, O. Benítez, R. Márquez, V. Guerrero & I. Goldstein. 2007. *Andean bear distribution and status in the area of influence of the Camburito-Caparo reservoir, Venezuela*. Libro de resúmenes. 18th IBA Conference. Monterrey, Mexico.
- O'Connell, A. F. & L. L. Bailey. 2011. Inference for occupancy and occupancy dynamics. (pp. 191-206). In: A. F. O'Connell, Jr., J. D. Nichols & K. U. Karanth (Eds.). *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. New York: Springer.
- Paisley, S. & D. Garshelis. 2006. Activity patterns and time budgets of Andean Bears (*Tremarctos ornatus*) in the Apolobamba Range, Bolivia. *Journal of Zoology*, 268:25-34.
- Ridout, M. S. & M. Linkie. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 14(3):322-337.
- Ríos-Uzeda, B., H. Gómez & R. B. Wallace. 2007. A preliminary density estimate for Andean bear using camera-trapping methods. *Ursus*, 18(1):124-128.
- Roth, H. 1964. Ein Beitrag zur Kenntnis von *Tremarctos ornatus* (Cuvier) *Der Zoologische Garten*, 29:107-129.
- Royle, J. A., J. D. Nichols, K. U. Karanth & A. M. Gopalaswamy. 2009a. A hierarchical model for estimating density in camera-trap studies. *Journal of Applied Ecology*, 46(1):118-127.

- Royle, J. A., K. U. Karanth, A. M. Gopaldaswamy & N. S. Kumar. 2009b. Bayesian inference in camera trapping studies for a class of spatial capture-recapture models. *Ecology*, 90(11):3233-3244.
- Silver, S. C., Ostro, L. E., Marsh, L. K., Maffei, L., Noss, A. J., Kelly, M. J., Wallace, R. B., Gómez, H. & Ayala, G. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar (*Panthera onca*) abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*, 38(2):148-154.
- Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Percegué, R. L. Pitman, R. Mares & G. Powell. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11:169-178.
- Trolle, M., A. J. Noss, E. de S. Lima & J. C. Dalponte. 2006. Camera-trap studies of maned wolf density in the Cerrado and the Pantanal of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16(4):1197-1204.
- Van Horn, R. C. B. Zug, C. LaCombe, X. Velez-Liendo & S. Paisley. 2014. Human visual identification of individual Andean bears *Tremarctos ornatus*. *Wildlife Biology*, 20(5):291-299.
- Wallace, R. B., Gómez, H., Ayala, G. & Espinoza, F. 2003. Camera trapping capture frequencies for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi Valley, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 10(1):133-139.
- Weckel, M., W. Giuliano & S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology*, 270:25-30.
- Zug, B. 2009. *Individual identification and habitat use of Andean bears on private lands in the Ecuadorian Andes*. Master Thesis. Madison: University of Wisconsin.

