

Manual de fototrampeo

Una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia



MinAmbiente
Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible



Angélica Díaz-Pulido y Esteban Payán Garrido

Manual de fototrampeo

Una herramienta de investigación para la
conservación de la biodiversidad en Colombia

■ Angélica Díaz-Pulido y Esteban Payán Garrido



© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2012
© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012
© Panthera Colombia 2012

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente.

Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

Contribución IAvH 480

Autores

Angélica Díaz-Pulido, Investigadora Panthera Colombia
Esteban Payán Garrido, Director Ejecutivo Panthera Colombia

Revisión técnica

Carlos A. Lasso y Clara L. Matallana

Coordinación editorial

Carlos A. Lasso

Corrección de estilo

Carlos A. Lasso

Fotografías

Panthera Colombia, E. Payán y Manuelita S.A

Fotografías de portada

Panthera Colombia

Diseño editorial

John Khatib / Carlos González (ediprint.com.co)

Impresión

Ediprint Ltda.

ISBN: 978-958-8343-79-2

Primera edición, 2012: 1000 ejemplares

Impreso en Bogotá, D. C., Colombia

Documento preparado en el Instituto de Investigación
de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

CITACIÓN SUGERIDA: Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. 2012. Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.

PALABRAS CLAVE: Cámaras trampa. Fototrampeo. Especies. Diversidad.



Brigitte L.G. Baptiste Ballera
Directora General



Esteban Payán Garrido
Director ejecutivo



Díaz Pulido, Angélica.

Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia / Díaz Pulido, Angélica; Payán Garrido, Esteban. --1 Ed. / Coordinación editorial de Carlos A Lasso. Bogotá.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: Panthera Colombia, 2012.

32 p. : il. col., mapas; 22 x 21 cm.

Incluye bibliografía y tablas

ISBN: 978-958-8343-79-2

I. Autor

II. Título

1. Fototrampeo -historia

2. Cámaras trampa -usos

3. Biología de la conservación -técnicas

4. Inventario de especies - Colombia

5. Biodiversidad -Colombia

6. Zoogeografía

CDD: 522.63

Número de contribución: 480

Registro en el catálogo Humboldt: 14919

Presentación

Para el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt es un placer presentar a la comunidad de investigadores, autoridades ambientales y a todos los interesados, este Manual de Fototrampeo, documento realizado en asocio con la Fundación Panthera Colombia.

Desde hace ya varios años el fototrampeo se ha convertido en una herramienta muy útil para el estudio de especies difíciles de observar directamente como los grandes carnívoros y en general para el estudio de toda la biodiversidad. Igualmente se ha visto su importancia para el reporte de la presencia y de nuevos reportes de especies en diferentes lugares del país, así como el estudio del comportamiento de especies en ecosistemas naturales y transformados.

Las fotos de las cámaras trampa permiten acercar a los investigadores y a los pobladores de las zonas objeto de estudio a la fauna. Igualmente logran llamar la atención de los espectadores en general y así, generar una mayor conciencia sobre la biodiversidad. Con las cámaras trampa se producen fotos únicas, espontáneas, naturales e irrepetibles. También nos ha cambiado nuestra forma de ver la naturaleza. Especies que en antaño pensábamos eran muy raras o que se encontraban con un riesgo de extinción o amenaza muy alto, nuestras poblaciones viables aún cerca de centros poblados. Este cambio en el paradigma de la conservación ha sido posible gracias a la técnica de fototrampeo.

Conscientes de la relevancia de aportar al inventario nacional de la biodiversidad y de contribuir con acciones puntuales al monitoreo de especies, el Instituto Humboldt y la Fundación Panthera Colombia se han unido bajo el propósito de construir este documento el cual reúne los principios básicos del fototrampeo y las principales herramientas para el análisis de los datos obtenidos.

La Fundación Panthera Colombia realizó el primer estudio de fototrampeo en el país, con el cual se logró estimar por primera vez las densidades de jaguares y ocelotes en áreas protegidas y no protegidas de Colombia. Así mismo ha ejecutado investigaciones aplicadas que buscan establecer la disponibilidad de presas en zonas de la Amazonia colombiana con miras a establecer medidas para la cacería sostenible. Esperamos que este documento se convierta en una herramienta de trabajo fundamental para el conocimiento de la biodiversidad y para toda la comunidad científica y conservacionista de Colombia, explorando el enorme potencial de análisis posibles de realizar con toda la información contenida en las fotografías.

Brigitte L.G. Baptiste

Directora General, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Carlos A. Lasso

Coordinador Programa Biología de la Conservación y Uso de Biodiversidad, Instituto Humboldt

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que de una u otra forma han contribuido a la realización de investigaciones con fototrampeo en el país. A Carolina Soto por la elaboración del material cartográfico, a todas las personas que nos han acompañado en los estudios de fototrampeo: Angélica Benítez, Carlos Mario Wagner, Andrés Hernández, Jaime Andrés Cabrera, Diana Abondano, Valeria Borón, Lain Pardo, Cristina Gómez Garcia-Reyes, Wilson Ramírez y Rafael Antelo. A nuestros guías y acompañantes de campo, sin los que no habría sido posible realizar este trabajo, en particular a Camargo y Marinela, la familia “Palmarito Casanare” y la familia Enciso (Reserva Las Unamas).

A las instituciones y reservas privadas que nos han apoyado: Panthera, Liz Claiborne y Art Ortenberg Foundation, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Fundación Palmarito Casanare, Fundación Cabildo Verde, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Reserva las Unamas, Reserva Mururito, Finca el Hato Agropecuario Campoalegre, Ecopetrol, Universidad de los Andes e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi.

A Angélica Benítez y Jaime Andrés Cabrera por sus aportes en el capítulo: Análisis de los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa. A Clara L. Matallana y Carlos A. Lasso por sus comentarios y ediciones que significativamente mejoraron el manuscrito. A Carlos Lasso por su apoyo incondicional y por contribuir a fomentar el uso del fototrampeo en el país.

Tabla de contenido

- 6 / Historia del fototrampeo**
- 8 / Uso de cámaras trampa**
- 12 / Objetivos y diseño de muestreo**
- 18 / Instalación y registro de cámaras trampa en campo**
- 21 / Información de las fotografías de las cámaras trampa**
- 23 / Análisis de los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa**
- 29 / Conclusiones y recomendaciones generales**
- 30 / Bibliografía**

Historia del fototrampeo

En 1878 E. J. Muybridge produjo la primera foto con cámaras disparadas por el mismo animal; alineó una docena de cámaras que fueron activadas por cuerdas que rompía un caballo al andar (Kucera y Barrett 2011). Durante la década de 1890 George Shiras III inventó las primeras cámaras trampa activadas por animales salvajes. Consistían en trampas con cables que el animal cruzaba y activaba la cámara asociada también a linternas. De ahí el nombre cámaras trampa. El método usado para fotografiar animales salvajes se extendió a África colonial e India, donde en 1927 F. W. Champion fotografió el primer tigre salvaje (Champion 1927). Champion dedujo que los tigres podían ser identificados individualmente a partir de sus rayas. Durante la década de los 20's el famoso cazador Jim Corbett también cambió la escopeta por las primeras cámaras trampa de Champion para documentar, en lugar de matar tigres (Corbett 1990). El primer uso científico de cámaras trampa fue realizado por F. M. Chapman para hacer un inventario de mamíferos en Barro Colorado (Chapman 1927), donde logró retratar a ocelotes y pumas.

A pesar de estos hallazgos la técnica de foto-trampeo no fue ampliamente usada hasta la década del 90 cuando se inicia su uso sistemático y se evidencian los diferentes tipos de análisis que se pueden realizar con los resultados del uso de esta herramienta. Una de las primeras investigaciones usando cámaras trampa de forma científica fue la de Griffiths y van Schaik (1993a) y Van Schaik y Griffiths (1996) quienes la emplearon como un método para el monitoreo de patrones de actividad de especies silvestres. Ullas Karanth fue el pionero en tomar fotos de tigres con cámaras trampa, aprovechando la posibilidad de reconocerlos individualmente por sus rayas y analizar sus datos por el método clásico de captura-recaptura (Karanth 1995, White *et al.* 1982). Los resultados permitieron estimar la densidad de esta especie en la India y falsear los métodos de huellas, estadísticamente pobres, de los que había dependido por años el “Proyecto Tigre” iniciado en 1973 (Karanth *et al.* 2002). A partir de esa publicación todos los estudios de felinos se esforzaron por lograr estimaciones de densidades poblacionales de sus especies de estudio. Las estimaciones estadísticamente robustas de densidad eran una meta escurridiza para los investigadores de grandes carnívoros “naturalmente marcados” por los problemas de logística y la naturaleza criptica de las especies.

Las cámaras trampa son usadas actualmente para detectar presencia o ausencia de animales, realizar inventarios, registrar horas de actividad y otros comportamientos, estimaciones de diversidad, monitoreo de poblaciones en diferentes paisajes, estimaciones de abundancia y densidad y hasta control y vigilancia en áreas protegidas (Karanth y Nichols 2002, Long *et al.*



Figura 1. Arriba, un jaguar macho en el Parque Nacional Natural Amacayacu, Amazonas. Foto tomada en 2006 con cámara de rollo. Nótese en la foto los problemas de humedad en el rollo. Abajo, un jaguar hembra con cría en una plantación de palma del Magdalena medio. Foto tomada en 2012 con cámara digital. Fotos: arriba E. Payán y abajo Panthera Colombia.

2008, O'Connell *et al.* 2011). Dada la abundancia de información proporcionada por las fotografías, se espera que más métodos de análisis surjan en el futuro próximo.

En Colombia, el uso sistemático de las cámaras trampa ha tenido lugar en la última década. Los resultados de estos estudios han permitido estimar la densidad de jaguar y ocelote en la Amazonia en áreas protegidas y no protegidas (Payán 2009a, Payán *et al.* 2012); estimar la densidad de ocelotes en la Orinoquia (Díaz-Pulido y Payán 2011) y en los Andes (Valderrama 2012). Además se han hecho estudio de presencia/ausencia de especies (Díaz-Pulido 2011, Valderrama 2012), inventarios de vertebrados terrestres (Díaz-Pulido *et al.* 2011), monitoreo de uso de animales de pasos subterráneos en carreteras (Payán *et al.* en Prensa), monitoreo participativo de especies focales (Ange y Castaño-Uribe 2012) y evaluaciones de impactos de cultivos sobre carnívoros (Borrón *et al.* 2012).

El uso de esta metodología se ha extendido de tal forma que se estima que las publicaciones científicas que usan cámaras trampa han aumentado con un crecimiento anual del 50% (Rowcliffe y Carbone 2008) y así mismo las discusiones con relación a los diseños de muestreo y los métodos de análisis de la información. La popularidad del método no es solo por la riqueza de información producida rápidamente por las cámaras sino también por la mejoría en tecnología, y disminución de tamaño y costo de los equipos (Figura 1). La accesibilidad comercial de las cámaras trampa sigue siendo una limitante. Tal vez el cambio más grande en tecnología fue de cámaras análogas a digitales, que reemplazaron el rollo fotográfico, altamente sensible a la humedad y la luz, por unidades de almacenamiento más pequeñas y menos sensibles (USB). La tecnología también cambió en cuanto a los sensores que activan la cámara, partiendo del

“alambre de Shiras”, pasando por sensores que requerían de un receptor de la señal ubicado en frente de la cámara trampa, hasta los actuales sensores térmicos y de movimiento. Así mismo se han reducido los costos para el mantenimiento de las cámaras trampa en campo. Las baterías tienen una mayor durabilidad, las unidades de almacenamiento (USB) pueden ser reutilizadas y su vida útil es mucho mayor. Adicionalmente la información que proporciona cada fotografía es cada vez mayor. Los modelos más sencillos de cámaras trampa incluían información de fecha y hora y en la actualidad se puede registrar no solo esta información, también se incluye información de temperatura, fase lunar y nombre de la estación de muestreo si se desea.

En este manual presentamos una guía con recomendaciones para que el investigador pueda implementar el fototrampeo siguiendo un modelo sistemático y comparable con otros estudios.

Uso de cámaras trampa

a) Programación

Cada marca y modelo de cámara trampa tiene su sistema de programación independiente y cuenta con su propio manual de funcionamiento, que debe ser leído y comprendido a cabalidad. El modelo o tipo de cámara a usar depende del área de estudio y de la disponibilidad de recursos económicos para su adquisición. Se sugiere evaluar las siguientes características para seleccionar el modelo de la cámara trampa:

- Dimensiones y peso de la cámara trampa.
- Nivel de resistencia al calor y humedad.
- Calidad y/o tamaño de las fotografías (resolución).
- Tipo de iluminación para fotografías nocturnas: flash o infrarrojo.
- Tipo y cantidad de las baterías.
- Rango de detección.
- Velocidad de captura fotográfica.

- Tiempo de recuperación entre fotografías.
- Opción de fotografías múltiples.
- Posibilidad de adaptación a otros dispositivos (paneles solares, sistemas de visualización de imágenes, etc).

En general se recomienda hacer la evaluación del modelo de cámara trampa personalmente o hablar con un colega que haya trabajado con ese modelo en particular o en la zona de estudio, para tener información más precisa. Aquí presentamos algunas recomendaciones generales sobre su uso, indispensables para su óptimo funcionamiento.

Gran parte del éxito de la investigación depende de la programación adecuada de las cámaras. Es necesario verificar que la hora y fecha sean las correspondientes. Se recomienda, cuando sea posible, incluir el nombre de la cámara y de la estación de muestreo en las fotografías (ver sección Diseño Muestreo). La programación de las demás funciones depende del investigador y del tipo de cámara, por ejemplo si prefiere que sus registros sean videos o fotografías, el tiempo entre fotografías o la cantidad de fotografías por evento, entre otras.

b) Pruebas de funcionamiento de las cámaras trampa

Previo a la salida de campo se requiere hacer pruebas del funcionamiento de las cámaras. Estas pruebas consisten en verificar que el sistema eléctrico de la cámara no presente fallas (revisión con baterías), que el sensor de movimiento y/o térmico se active adecuadamente, que el flash o sistema infrarrojo responda como es esperado y que el sistema de almacenamiento de imágenes y de registro de información de cada fotografía corresponda a lo programado. Si todos los componentes mencionados anteriormente funcionan a cabalidad durante la revisión de las fotos de prueba se encontrarán fotos de cuerpo completo, con una buena iluminación y con la información asociada (fecha y hora, por ejemplo) correctas. Para realizar esta prueba se debe seguir la guía de la sección *Instalación de las cámaras trampa en campo* y que además puede servir como entrenamiento para el trabajo de campo.

c) Instalación de las cámaras trampa en campo

La puesta de las cámaras trampa obedece al objetivo deseado. Por ejemplo, para el caso de detección de grandes felinos e inventarios de vertebrados, se ubican en zonas donde el paso

de fauna ha sido registrado antes, como en caminos usados por animales y/o cazadores. No obstante las generalidades son las siguientes (Figura 2):

1. La cámara debe estar en posición perpendicular al camino – para maximizar la probabilidad de detectar todo el flanco del animal.
2. Asegúrese que la ubicación de la cámara está sobre un sector del camino nivelado y plano.
3. Ubique las cámaras sobre arboles rectos y con poco ángulo de engrosamiento del tronco.
4. Asegúrese de ubicar la cámara entre tres y cuatro metros de donde usted espera que pase el animal objetivo.
5. Corte a ras del suelo toda la vegetación en frente de la cámara en una amplitud de un ángulo de 180 grados.



Figura 2. Fotografía donde se observa la ubicación correcta de una cámara trampa en campo. Foto: Panthera Colombia.

d) Mantenimiento de las cámaras trampa en campo

Las cámaras requieren de mantenimiento en campo. No solo se requiere cambiar baterías y unidades de grabación (memorias digitales), también es necesario mantenerlas limpias, en particular el sensor, el flash y lente de la cámara, y verificar que no presenten humedad interna o algún tipo de desgaste que pueda afectar su funcionamiento óptimo. En el caso de presentar humedad interna se recomienda hacer pequeños paquetes con gel de sílice (silica gel), para ubicarlos dentro de la cámara y buscar algún medio para cerrarla herméticamente, por ejemplo con el uso de silicona.

El tiempo de duración de las baterías varía según el tipo de cámara y el clima del lugar de muestreo. Al parecer en áreas con mayor humedad el desgaste de las baterías es mayor que en

El examen del “gateo”

La prueba fehaciente de la correcta ubicación de la cámara trampa en campo es el examen del gateo. Siempre hay ángulos invisibles al momento de fijar la cámara trampa y algunos terrenos no se prestan para la mejor ubicación o enfoque. Una vez la cámara esta instalada, se debe activar el modo de prueba y gatear en frente a la cámara para cerciorarse de que el objetivo ha sido detectado (Figura 3). El gateo debe hacerse con el pecho contra el suelo, pues solo así se asegura que hasta los animales más pequeños, como ratones, serán detectados. Una vez la cámara detecte el objetivo a la distancia correcta, se puede armar el equipo.



Figura 3. Fotografía de prueba en campo: examen del “gateo”. Foto: Panthera Colombia.

áreas más secas. El tiempo necesario para el cambio de unidades de grabación (memoria digital) depende de la capacidad de almacenamiento de esta unidad y de la cantidad de fotografías obtenidas por día. En promedio se requiere cambiar las baterías y las memorias digitales cada 20 días -una prueba piloto en campo permite identificar el tiempo ideal para hacer el cambio-.

Se debe tener siempre presente que una cámara en campo que no se encuentre funcionando significa menos esfuerzo de muestreo, pérdida de trabajo y de dinero que son requeridos para el estudio en cuestión.

Objetivos y diseño de muestreo

El diseño del muestreo está dado por el objetivo del estudio. El objetivo a su vez está dado por la pregunta de investigación que se desea responder. Es necesario por lo tanto, determinar previamente cual es el objetivo de la instalación de las cámaras trampa en campo, de esta forma se define el tiempo requerido para la investigación, el número de cámaras trampa a usar, los insumos requeridos para su mantenimiento en campo, la ubicación de las cámaras trampa, el tipo de estaciones de muestreo y todos los detalles del diseño de muestreo y del posterior análisis de los resultados.

Dentro de los objetivos que pueden tener los estudios utilizando cámaras trampa se encuentran los siguientes:

- Determinar la presencia/ausencia de especies.
- Estimar la diversidad de especies.
- Estimar la abundancia relativa de vertebrados terrestres.
- Estimar la densidad de especies.
- Definir patrones de actividad de especies.
- Detectar comportamientos de las especies registradas.

Los objetivos de muestreo no se restringen a los citados anteriormente. Cada investigador puede definir y crear sus propios objetivos y métodos de análisis en la medida que la información proporcionada por las fotografías y los análisis estadísticos lo permitan.

El diseño de muestreo en general requiere de un mapa topográfico y otro de cobertura del área de estudio. En este mapa se hace un “diseño en papel” de la ubicación de las estaciones de muestreo. Este diseño será modificado en campo de acuerdo a las condiciones reales del área de estudio pero servirá como una guía de ruta para el investigador. Las estaciones de muestreo deben procurar cubrir todos los tipos de hábitat ya que algunas especies podrían estar limitadas a sólo uno de ellos (Tobler *et al.* 2008). Es importante considerar el número de cámaras, el tamaño del área a cubrir y el número de noches-trampa (que define la duración del muestreo). Entre más cerca estén las cámaras, menor área se cubre, pero hay diseños que requieren una distancia entre cámaras definida, un área mínima a muestrear y un esfuerzo mínimo medido en trampas-noche (ver sección de Densidad).

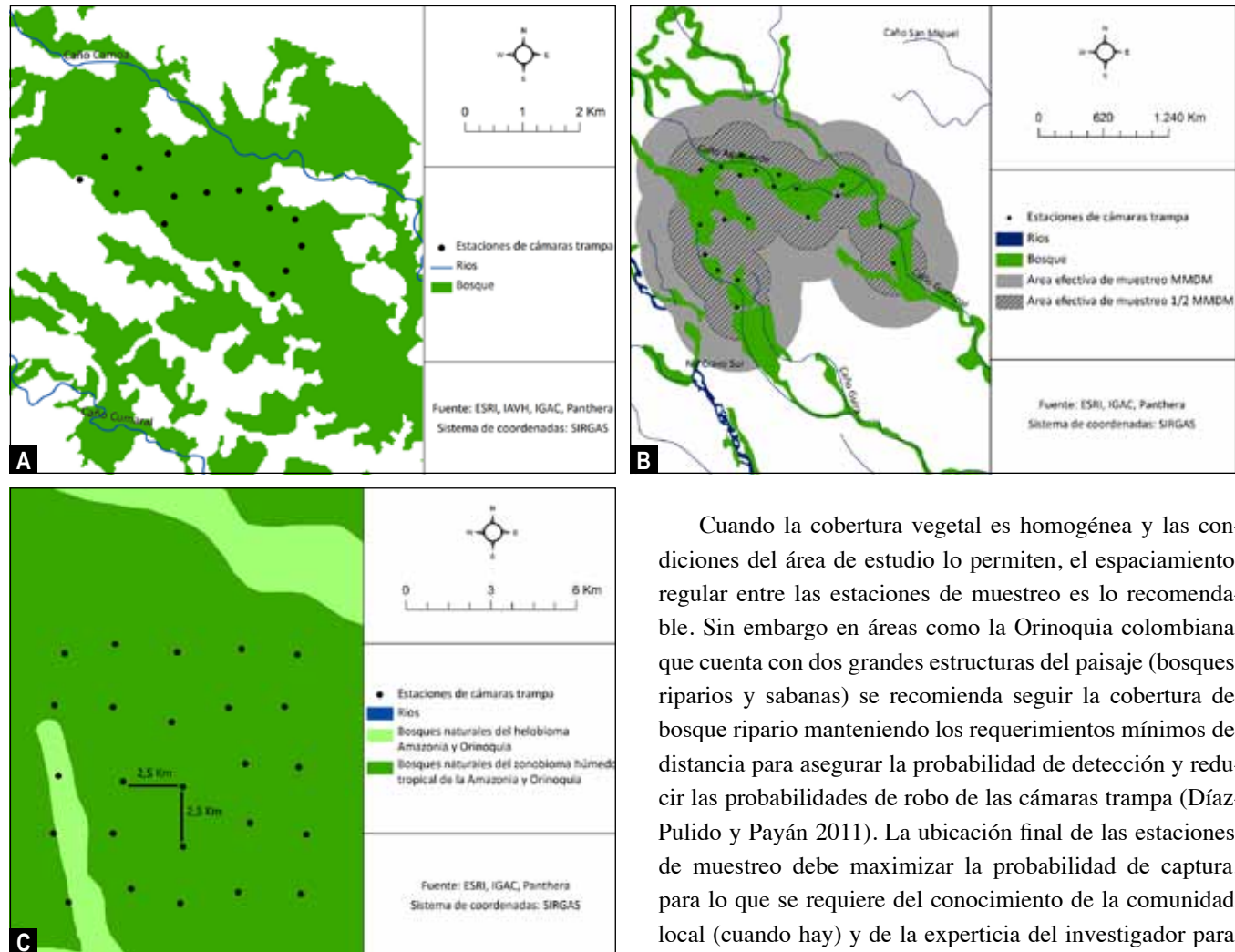


Figura 4. A) Diseño de estaciones sencillas para presencia, inventarios, diversidad, y abundancia relativa. B) Diseño para muestreos de (A) pero adaptados a bosques riparios en llanos. C) Diseño para estimar densidad en bosques homogenizados, por ejemplo en la Amazonía.

Cuando la cobertura vegetal es homogénea y las condiciones del área de estudio lo permiten, el espaciamiento regular entre las estaciones de muestreo es lo recomendable. Sin embargo en áreas como la Orinoquia colombiana que cuenta con dos grandes estructuras del paisaje (bosques riparios y sabanas) se recomienda seguir la cobertura de bosque ripario manteniendo los requerimientos mínimos de distancia para asegurar la probabilidad de detección y reducir las probabilidades de robo de las cámaras trampa (Díaz-Pulido y Payán 2011). La ubicación final de las estaciones de muestreo debe maximizar la probabilidad de captura, para lo que se requiere del conocimiento de la comunidad local (cuando hay) y de la experticia del investigador para identificar los lugares que podrían ser de paso frecuente para la especie objeto de estudio, como senderos o saleros (Silver 2004).

A continuación presentamos una serie de observaciones que deben ser tenidas en cuenta para el diseño de muestreo de acuerdo al objetivo de la investigación:

a) Presencia y ausencia de especies

Las cámaras trampa son la mejor herramienta para evaluar presencia o ausencia de animales crípticos y para hacer inventarios de vertebrados en zonas desconocidas. Las estaciones de muestreo pueden ser simples (con una sola cámara trampa) la distancia entre cámaras no tiene que ser muy grande, puede ser entre 500 y 800 m., y las cámaras pueden ser ubicadas en un sistema de senderos simple, pero a una alta densidad para conseguir un esfuerzo de muestreo óptimo (Figura 4). Con un esfuerzo de muestreo de 400-500 trampas noche se registran las especies más comunes. Para el registro de especies raras (1/1.000 trampas-noche) se requiere de un esfuerzo de muestreo de 3.000 trampas-noche con un probabilidad de captura del 95%, mientras en 1.500 trampas-noche se registran las especies con una frecuencia igual a 2/1.000 trampas-noche (Tobler *et al.* 2008) (Figura 5). Para tigres y por lo tanto se asume que para jaguares también, se requiere de un esfuerzo de muestreo de 1.000 trampas-noche para registrar su presencia (Carbone *et al.* 2001a).

La ausencia de una especie es un concepto poco claro para muchos. La ausencia se debe evidenciar, es decir, se debe asegurar que la no detección de la especie es por su ausencia, no por error muestral. Esto implica que se debe medir el esfuerzo y tener una métrica de qué cantidad de esfuerzo es necesario para aseverar que una especie no esta presente en el área. Por lo tanto, muchos muestreos rápidos solo podrán medir presencia, pero no ausencia con certidumbre.

Las estaciones deben estar ubicadas en el hábitat donde se tiene registro de su presencia y con la colaboración de personas locales y la experiencia del investigador se deben seleccionar los lugares donde la

Figura 5. El paujil de pico azul (*Crax alberti*), uno de los crácidos más desconocidos del planeta, fue detectado por cámaras trampa en un paisaje mixto de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) y bosque natural del heliobioma Magdalena Caribe colombiano. Este es el primer reporte a nivel mundial de la especie asociada a palma de aceite y el primer registro para el municipio de Puerto Wilches, Departamento de Santander, Colombia. Foto: Panthera Colombia.



probabilidad de captura sea mayor. La distancia entre cámaras en este caso está supeditada al área de acción de la especie objeto de estudio, de esta forma se asegura que no queden espacios sin cobertura de muestreo (Silver 2004) (ver sección de Densidad).

Los inventarios de especies se pueden lograr en unas cuantas semanas de muestreo y también requieren de estaciones sencillas (Gajapersad *et al.* 2011) (Figura 4).

b) Diversidad de especies

La diversidad de los sitios se basa en el número de especies presentes. Las cámaras trampa son ideales para evaluar la diversidad de uno o varios sitios. Incluso se pueden detectar gradientes o patrones que denoten cambios en la composición de especies en el tiempo y en el espacio. No obstante, aquí también se debe evaluar el esfuerzo para poder estimar si el número de especies detectadas es representativo del sitio muestreado o si el muestro es incompleto. Esto se hace por medio de curvas de acumulación de especies y estimadores de diversidad (ver sección Análisis de los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa).

El diseño del montaje de las cámaras para evaluar diversidad puede ser el mismo que para evaluar presencia, hacer inventarios o estimar abundancia y densidad (Figura 4). Si los datos provienen de estaciones de cámaras dobles, se debe velar por hacer un solo registro cuando se tienen dos fotos una por cada lado del animal y solo considerar fotos independientes (ver sección Análisis de los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa).

c) Abundancia relativa de vertebrados terrestres

Mientras se discute si los índices de abundancia relativa se pueden utilizar como indicadores de densidad de las especies (Carbone *et al.* 2001a, Jennelle *et al.* 2002), está claro que son una valiosa fuente de información en cuanto se pueden comparar entre especies o entre hábitats (Kelly y Holub 2008, Payán 2009b, Tobler *et al.* 2008). Las especies de menor tamaño presentan una menor tasa de captura por lo cual no es recomendable hacer comparaciones entre especies (Tobler *et al.* 2008). También se debe considerar que hay índices que pueden reflejar una abundancia imprecisa cuando se trata de especies que sólo usan el suelo parcialmente, como aquellos de hábitos arbóreos, por ejemplo la tayra (*Eira barbara*) o de hábitos acuáticos, como el mapache cangrejero (*Procyon cancrivorus*) (Payán 2009b).

Para medir abundancia las estaciones de muestreo solo requieren de una cámara trampa (Figura 4). Sin embargo, si se tiene un diseño para estimaciones de densidad (con dos cámaras trampa por estación de muestreo), también es posible hacer un análisis de abundancia relativa asegurando que la información no sea duplicada (ver sección Análisis de cámaras trampa – abundancia relativa). La distancia entre estaciones de muestreo y el esfuerzo de muestreo requerido puede determinarse siguiendo las recomendaciones dadas para estudios de diversidad de especies.

d. Densidad

Las estimaciones de densidad se realizan para especies en las que se pueden reconocer individuos. Las especies ideales para este tipo de análisis son aquellas naturalmente marcadas, sin embargo también se han hecho estimaciones de dantas y pumas a partir de características particulares de cada individuo (Kelly *et al.* 2008, Noss *et al.* 2003). Los individuos de felinos manchados son fácilmente identificados por su patrón de manchas (Karanth y Nichols 1998), pero este no es simétrico (costado derecho/izquierdo). Por esta razón se recomienda el uso de estaciones de muestreo con dos cámaras trampa enfrentadas entre sí para obtener fotografías de los dos costados del individuo y de esta forma no hacer dobles conteos.

Las estimaciones de densidad con esta herramienta requieren de un análisis de captura-recaptura. Para satisfacer los supuestos de este análisis se requiere de un diseño de muestreo estricto. El análisis de captura-recaptura asume que la población es cerrada. En un sistema natural la única forma para tratar de cumplir este supuesto es limitar el tiempo de muestreo. De acuerdo a la historia natural de los tigres, Karanth y Nichols (1998) limitaron este período a un máximo de tres meses, tiempo que también es sugerido para estimaciones de densidad de jaguares (Silver 2004).

El análisis de captura-recaptura asume que la probabilidad de captura es mayor a 0. Para cumplir con esta presunción se requiere de la instalación de por lo menos una estación de muestreo dentro del área de acción de un individuo de la especie objeto de estudio. Es decir que la máxima distancia entre estaciones de muestreo corresponda al diámetro de un círculo cuya área es el rango de acción mínimo estimado para la especie (Silver 2004).

El diseño debe seguir una cuadrícula, o la más parecido a ella (Figura 4c). La distancia máxima entre cámaras debe ser definida por el área de acción (*home range*) más pequeña publicada. Se asume que esta área es circular y se le calcula el radio a ese círculo. Ese valor será

la distancia máxima entre cámaras de la cuadrícula. Este criterio obedece al argumento de que basándose en el área de acción, la puesta de las cámaras no dejan ningún “hueco” (Silver 2004). El área a cubrir debe ser entre tres y cuatro veces el área de acción publicada para la especie en esa zona (Maffei y Noss 2008). Como hay poca información de este tipo, se asume por ejemplo que para jaguares se debe muestrear un área mínima de 100 km².

e) Patrones de actividad

Para determinar patrones de actividad se sugiere seguir el diseño de muestreo para estudios de diversidad. A partir de los diseños para estimaciones de abundancia relativa y densidad también se pueden realizar este tipo de análisis. Se requiere de especial atención a la fecha y hora de las fotografías capturadas para su posterior análisis y de esta forma encontrar relaciones de abundancia o presencia de especies con el clima o la fase lunar, por ejemplo.

f) Comportamientos de las especies registradas

Este objetivo es comúnmente un subproducto de otra investigación. Es probable que bajo un diseño de muestreo para estimar densidades o abundancias relativas, se obtengan fotografías que reflejen un tipo de comportamiento que antes no había sido identificado (Figura 6). La naturaleza críptica de muchas especies ha dificultado su estudio, es por esta razón que las cámaras trampa, dada su característica no invasiva, permiten obtener una gran cantidad de información sobre comportamientos nunca antes registrados.

Figura 6. Fotografía de pavas hediondas (*Opisthocomus hoazin*) nunca antes reportadas en el suelo. Un nuevo comportamiento observado en estas aves de la Orinoquía colombiana. Foto: Panthera Colombia.



Fecha: día de ubicación y activación de la estación de muestreo.

Hora: hora de activación de la cámara trampa.

Estación: nombre de la estación de muestreo. Se recomienda usar iniciales que denoten que es una cámara trampa (CT), el del sendero (A), número de estación (24) y el nombre del muestreo o estudio (PAL). Por ejemplo: CTA24PAL.

Cámara: nombre de la cámara. Cada cámara debe estar marcada para poder llevar un control sobre su funcionamiento.

Coordenadas: registro de GPS correspondiente a la ubicación de la estación de muestreo. Se recomienda guardar este punto en el GPS con el nombre asignado a la estación de muestreo.

Ancho del camino: ancho del camino donde se ubicó la cámara trampa expresado en metros.

Distancia al objetivo: distancia en metros entre la cámara trampa y el centro del camino (el punto donde se asume pasará el animal).

Altura del lente: distancia entre el suelo y el lente de la cámara trampa en centímetros.

Cobertura del dosel: porcentaje de la cobertura vegetal en el dosel donde se ubicó la cámara trampa.

Memoria: marcar con una x, cuando se haya verificado que la unidad de almacenamiento de fotografías esta activa.

Programada: marcar con una x, cuando se tenga completa la programación de la cámara (ver sección Uso de cámaras trampa).

Armada: marcar con una x, luego de la prueba en campo y activación de la cámara trampa (ver sección Ubicación de cámaras trampa en campo).

Foto: número fotos que muestra el indicador, cuando haya.

Las cámaras trampa requieren de mantenimiento en campo. La revisión sistemática adecuada de las cámaras define en gran parte el éxito de muestreo. Cuando se realiza la revisión de las cámaras se deben tener en cuenta cuatro factores principalmente: el estado general de la cámara trampa (aseo, humedad y ubicación), la unidad de almacenamiento de la información (Memoria - USB), las unidades de suministro energético (baterías) y el funcionamiento de la cámara trampa (programación y activación). El siguiente formato, puede ser empleado para la optimización del trabajo en campo y la verificación de las cámaras trampa (Tabla 2).

TABLA 2. Formato de revisión de cámaras trampa.

FORMATO REVISIÓN DE CAMARAS TRAMPA

Estación	Cámara	Fecha	Cambios		Programada	Armada	Foto
			Memoria	Baterías			

Estación: nombre de la estación de muestreo (ver Formato de registro de cámaras trampa en campo).

Cámara: nombre de la cámara (ver Formato de registro de cámaras trampa en campo).

Fecha: día de revisión de la cámara trampa.

Cambios – memoria: marcar con una x, cuando se haya efectuado el cambio de la unidad de almacenamiento de información (memoria digital).

Cambios – baterías: marcar con un x, cuando se haya efectuado el cambio de baterías.

Programada: marcar con una x, cuando se tenga completa la programación de la cámara (ver sección Uso de cámaras trampa).

Armada: marcar con una x, luego de la activación de la cámara trampa (ver sección Ubicación de cámaras trampa en campo).

Foto: número de fotos que muestra el indicador, cuando haya.

Información de las fotografías de las cámaras trampa

Toda la información colectada en las fotografías (Figura 7) debe ser organizada sistemáticamente para su análisis posterior. Sugerimos el uso de un formato para organizar toda la información disponible en las fotografías con el objeto de homogenizar los resultados del fototrampeo, aunque el objetivo del estudio solamente requiera cierta información de las mismas (Tabla 3). Cuando la fotografía proporciona otros datos adicionales a los presentados aquí, se sugiere adicionar esta información en columnas nuevas.

El uso de la información de esta base de datos depende del objetivo del muestreo. Por ejemplo, si se va a realizar un análisis de patrones de actividad (diurna/nocturna), solamente se emplearán la información correspondiente a las columnas especie y hora. En cambio si se busca obtener resultados de abundancia relativa se requiere la información de las columnas: fecha, estación, especie y hora.

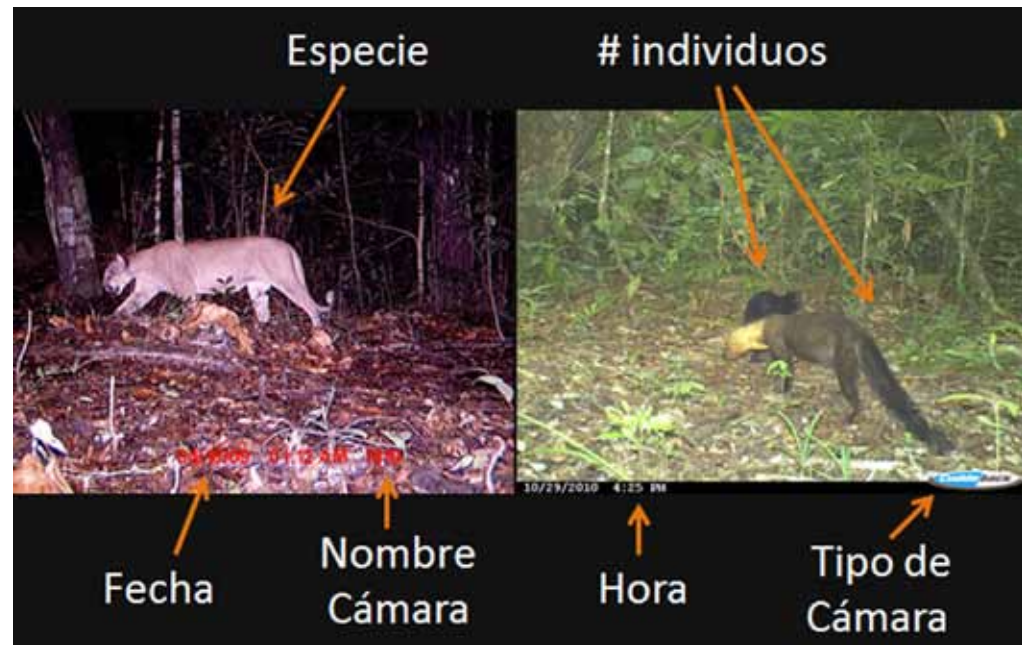


Figura 7. Información disponible en las fotografías de las cámaras trampa. Fotos: Panthera Colombia.

TABLA 3. Formato de registro de la información de las fotografías.

FORMATO DE REGISTRO DE FOTOS

No. Foto	Fecha	Estación	Cámara	Especie	Nombre común	Número de Individuos	Hora	Código de la fotografía	Observaciones adicionales

Número de fotografía: número consecutivo del registro de fotos.

Fecha: día que registra la imagen cuando fue tomada la fotografía.

Estación: nombre de la estación de muestreo donde se registro la fotografía.

Cámara: nombre de la cámara trampa donde se registro la fotografía.

Especie: nombre científico de la especie registrada en la fotografía.

Nombre común: nombre común en el área de estudio, de la especie registrada en la fotografía.

Número de individuos: cantidad de individuos registrados en la fotografía.

Hora: hora que registra la imagen cuando fue tomada la fotografía.

Código de la fotografía: nombre de registro de la fotografía que es asignado automáticamente cuando se descargan las fotos.

Observaciones adicionales: incluir cualquier detalle adicional y que podría ser de importancia para los futuros análisis. Por ejemplo sexo, enfermedades, etc.

Análisis de los datos obtenidos a partir de las cámaras trampa

a) Diversidad de especies

Conocer el número de especies es uno de los objetivos más importantes para cuantificar y monitorear el estado de diferentes comunidades o ensamblajes en el tiempo y el espacio (MacKenzie *et al.* 2005). A partir de un diseño de fototrampeo y utilizando el programa *EstimateS*, disponible en la página web <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstimateS-Registration.htm>, se logra cumplir con dicho objetivo (Colwell 2009). Básicamente se tiene en cuenta la presencia/ausencia de cada especie identificada, en cada uno de los días de muestreo y se itera, es decir se repite, para identificar que tan completo está el muestreo. Si la curva de acumulación de especies llega a un “plateau”, es decir la curva empieza a estabilizarse, significa que hay muy poca probabilidad de detectar una especie nueva y el muestreo está completo.

Proceso de creación de curvas de rarefacción y de acumulación de especies en EstimateS

A partir de esta información se genera una matriz binaria de entrada, en la cual la información de las especies se coloca en las filas y los días de muestreo en las columnas. Adicionalmente, en la primera fila (celda A1) se escribe el nombre del archivo, en la segunda fila (celda A2) el número de especies identificadas y en la celda B2 el número de unidades muestreadas (p. e. número de días de esfuerzo de muestreo). El archivo debe tener un formato de texto delimitado por tabulaciones. Al cargar el archivo (File > Load Input File), se corrobora el número de especies y las unidades muestrales, luego se selecciona el formato 1 (Format 1: Species (rows) by Samples (columns)), se ajustan los parámetros (Diversity > Diversity Settings), idealmente se usan 1000 iteraciones (Randomization > Runs: The number of randomization) y finalmente, se corre el programa (Compute). La tabla resultante se exporta (Export) para poder generar las curvas de acumulación y rarefacción de especies en Excel. Para las curvas de acumulación se utiliza la información de especies observadas (Sobs) y los intervalos de confianza (95% CI Sobs). Para las curvas de rarefacción se sugiere emplear los estimadores Jackknife que presentan un mejor desempeño respecto a otros estimadores (Chao 1, Chao 2, ICE, ACE) (Magurran 2004).

b) Abundancia relativa

Conocer el número de individuos que compone una población es la pregunta principal en muchos estudios ecológicos. Sin embargo, es un atributo poblacional que no puede ser medido en

su totalidad porque son muchas las especies a las cuales no se les puede realizar un conteo total de individuos (Krebs 2000). A partir del fototrampeo, se pueden calcular índices de abundancia relativa por especie considerando el número de fotografías independientes por cada 100 trampas-noche (Carbone *et al.* 2001b). Este índice está fundamentado en la correlación positiva entre la abundancia y la probabilidad de detección (Hadly y Maurer 2001, Nichols y Conroy 1996), y permite realizar comparaciones temporales y espaciales (Tobler *et al.* 2008, Walker *et al.* 2000).

Estimación de la abundancia relativa de una especie

La abundancia relativa se calcula a partir del número de fotos independientes de una especie sobre el número total de fotos del muestreo por el factor de corrección 100 (trampas-noche) así:

$$AR = (X_i / Y_i) \times 100 \text{ trampas-noche}$$

Por ejemplo si se tienen 64 fotos independientes de una especie y un muestreo con un total de fotografías de 1350. La abundancia relativa de la especie sería igual a 4,74.s

c) Densidad

El fototrampeo ha sido una de las herramientas más útiles para estimar densidades, basados en el método de captura-recaptura y la identificación de individuos fotografiados (Foster y Harmsen 2012). Este análisis requiere del historial de captura de la especie objeto de estudio para lo cual se tienen en cuenta la primera y última fecha donde se registró al menos uno de los individuos identificados. De esta forma cada día o su agrupación homogénea es considerada una ocasión. Las ocasiones se ubican en columnas y en filas cada uno de los individuos identificados, a los cuales se les asigna un nombre (código alfanumérico) y su notación respectiva para cada ocasión así: registros de capturas (1) y no capturas (0). A partir del historial de captura es posible estimar el tamaño poblacional de la especie a través del programa de difusión libre *Capture*, disponible en la página web <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/capture.html>, en él deberá ingresar la matriz binaria del historial de captura (para más información sobre cómo ingresar los datos al programa ver Silver (2004)).

El programa *Capture* provee como resultado una estimación del tamaño poblacional de la especie (N) para diferentes modelos con supuestos diferentes. Estos supuestos difieren en probabilidades de captura por individuos, en el tiempo y en el espacio (Rexstad y Burnham 1991). Por ejemplo para jaguar se usa un modelo que asume heterogeneidad de captura entre indivi-

duos, ya que se sabe que hay diferencias territoriales entre hembras y machos (Kelly 2008). Un modelo tiene un buen comportamiento y un menor sesgo cuando cumple con el supuesto de población cerrada (probabilidad de menor valor > 0.05), la probabilidad de captura es mayor a 0.2, el tamaño de la muestra es de al menos 10 individuos y el coeficiente de variación no excede el 20% (Foster y Harmsen 2012). No obstante, estas condiciones generalmente no se cumplen para las especies con amplios ámbitos de hogar y bajas densidades naturales. Por lo tanto, se consideran los modelos con las mayores probabilidades de captura, errores estándar e intervalos de confianza más bajos. A continuación se requiere calcular el área efectiva de muestreo, la cual corresponde al área cubierta por los círculos dispuestos sobre cada estación de muestreo (Figura 4), cuyo radio es la media de la máxima distancia de movimiento (MMDM por sus siglas en inglés) (Karanth y Nichols 2002). Sin embargo existe una discusión sobre la sobrestimación del área efectiva de muestreo y por lo tanto en la densidad, por lo que algunos investigadores han usado la MMDM y otros $\frac{1}{2}$ MMDM (Dillon y Kelly 2008, Soisalo y Cavalcanti 2006). Luego de seleccionar el modelo más apropiado y calcular el área efectiva de muestreo, se calcula la densidad teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

Estimación de la densidad de una especie

La densidad se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$D = (N / A) \times 100\text{km}^2$$

Donde (N) es el estimado poblacional (abundancia) del modelo escogido obtenido en Capture y (A) es el área efectiva de muestreo, multiplicado por el factor de corrección 100 que es el área definida en km^2 para presentar las estimaciones de densidad, es decir X animales por 100 km^2 .

Por ejemplo, si el programa Capture estimo una abundancia de 7 y el área efectiva de muestro calculada fue de $63,2 \text{ km}^2$ la densidad sería de 11,08 animales/ 100 km^2 .

d) Distribución espacial

Basados en los datos obtenidos en los muestreos y en la ubicación espacial de las cámaras, se puede llevar a cabo análisis de uso versus la disponibilidad de hábitat específicos. Los análisis comúnmente utilizados para ello se basan en observaciones directas y/o huellas obtenidas a lo largo de transectos, información que luego es analizada por métodos paramétricos y no paramétricos (Morrison *et al.* 1992). La información obtenida por medio de cámaras puede utilizarse de la misma manera ya que cada foto debe estar acompañada por la ubicación geográfica de la

cámara y el diseño experimental puede tener en cuenta los diferentes hábitats presentes en el área de muestreo para poder realizar este tipo de análisis.

Sin embargo, el método que más se ha utilizado para el análisis del uso del hábitat a partir de la información proveniente de cámaras trampa es la utilización de los modelos de ocurrencia o aparición (“occupancy”) (MacKenzie *et al.* 2005). Esta misma metodología es utilizada para obtener un acercamiento a las abundancias de individuos no reconocibles por marcas naturales, basados en el porcentaje de área donde estadísticamente se puede inferir que están presentes, siempre teniendo en cuenta la probabilidad de detección y la influencia de diferentes variables ambientales o del muestreo mismo.

Para utilizar el análisis de ocurrencia se debe construir una nueva base de datos a partir de los datos de las cámaras. Esta historia de captura es parecida a la que se prepara para los análisis de diversidad de especies en la cual a cada cámara se le concede un 1 si en el periodo considerado hubo por lo menos una foto de la especie en cuestión y 0 si no la hubo. Con esta información se crea una historia de capturas/fotos para cada una de las especies registradas en cada una de las zonas de muestreo (hábitats) que será la entrada para el análisis de ocurrencia. Con esta información y utilizando el programa *PRESENCE* 3.1, disponible en la página web <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>, se calcula el porcentaje de ocurrencia de cada una de las especies en cada una de las zonas de muestreo. Esta información se puede entonces considerar como un acercamiento al uso que se hace de los hábitats presentes en la zona de estudio (MacKenzie *et al.* 2005).

e) Patrones de actividad

Al utilizar cámaras para analizar los periodos diarios de actividad se obtiene un tamaño de muestra significativamente mayor al obtenido por los métodos tradicionales. Esto resulta en la obtención de información a nivel de la población presente en el sitio de estudio y con ello un mejor acercamiento a la realidad local (Bridges *et al.* 2004). Si se han construido las bases de datos como ya hemos explicado anteriormente en este manual, se pueden llevar a cabo fácilmente análisis que determinen periodos de actividad para cada especie. El único factor a tener en cuenta es entonces la determinación de los periodos de tiempo que se quieren analizar.

Los periodos temporales dependen del interés del investigador, ya que se pueden hacer comparaciones de los niveles de actividad o de los comportamientos más frecuentemente realizados durante los periodos diurnos contra los nocturnos, actividad antes o después del amanecer,

efecto de la fase lunar, etc. Una vez determinados los periodos temporales de interés, se agrupan los datos y se calculan las frecuencias fotográficas. La información así obtenida se puede graficar con el fin de determinar patrones generales. Lo importante aquí es no dejar los datos en simples gráficas descriptivas y llevar a cabo análisis estadísticos que permiten la comparación de la frecuencia de fotografías obtenidas en cada periodo de tiempo. Estas pruebas pueden incluir análisis de varianza (Augustine 2004, Campbell *et al.* 2006), chi-cuadrado (Campbell *et al.* 2006, de Almeida Jacomo *et al.* 2004, Foresman y Pearson 1999, Griffiths y Van Schaik 1993b, Liebezeit y Luke 2002), Kruskal–Wallace (Cabrera 2012, Pierce *et al.* 1998), Pearson r (Zegers *et al.* 2000), pruebas F (Zegers *et al.* 2000), y pruebas de Mann–Whitney U (Griffiths y Van Schaik 1993b). La posibilidad que ofrece el uso de cámaras para el análisis de los patrones de actividad de varias especies al mismo tiempo, también permiten a los investigadores el estudio de la partición de los nichos existentes en un hábitat determinado (de Almeida Jacomo *et al.* 2004, Fedriani *et al.* 2000, Rivero *et al.* 2005).

f) Comportamiento

La observación directa de animales en campo es la metodología más utilizada para el estudio del comportamiento. En ciertos aspectos esta sigue siendo la única manera para conocer las respuestas de los animales a los diferentes estímulos a los que son expuestos en su hábitat natural. Sin embargo, la ineludible presencia humana necesaria para llevar a cabo estas observaciones puede alterar significativamente las respuestas de los animales. En otros muchos casos las limitaciones logísticas y los pequeños tamaños de muestra que se adquieren a partir de la observación directa, disminuyen la eficacia de esta metodología, lo cual ha llevado a intentar el uso de otras formas para estudiar el comportamiento animal.

Debido a que actividades particulares no pueden ser determinadas a partir de una única fotografía, el uso de trampas cámara no provee información específica acerca del comportamiento exhibido por un animal. Sin embargo, su uso puede ayudar a contrarrestar las limitaciones logísticas inherentes a la observación directa y ofrece información valiosa para la determinación de temas específicos e importantes dentro del repertorio comportamental de las especies, tales como: patrones de actividad diarios, de depredación de nidos, forrajeo, partición de nichos ecológicos, uso de hábitat y patrones reproductivos (Bridges y Noss 2011). Estas ventajas se hacen aún mas evidentes cuando se tiene en cuenta que en un estudio que utilice cámaras trampas, son varias las especies que se registran. Por esta razón el análisis de la información resultante de un muestreo de este tipo resulta en información valiosa para un variado número de especies.

A partir de las fotos obtenidas en lugares específicos y las actividades capturadas en las imágenes se pueden inferir de manera indirecta los comportamientos que se llevan a cabo, sobre todo en lo concerniente a análisis de forrajeo. Debido a que sitios específicos son utilizados como sitios que proveen comida, agua o nutrientes a los animales (Cabrera 2012), las fotografías allí obtenidas permiten estimar patrones de comportamiento, horas preferidas para el forrajeo, duración de visitas y la frecuencia de estas visitas (Cabrera 2012, Claridge *et al.* 2004). Las fotos así obtenidas, también proveen información acerca de el tamaño promedio de grupos (Altendorf *et al.* 2001, Hernández *et al.* 2005, López y Lorenzana 2002, Miura *et al.* 1997, Otani 2001), la existencia de comportamientos de vigilancia (Altendorf *et al.* 2001, Hernández *et al.* 2005), entre otros.

g) Información adicional

La producción de información de fotografías de la vida silvestre de forma no invasiva es casi que ilimitada, en tanto registra aspectos del diario vivir de los animales. Por ejemplo, durante el transcurso de un estudio con objetivos específicos se pueden registrar datos adicionales como por ejemplo de reproducción. Es posible seguirle la vida y desarrollo a las especies en cuestión (Figura 8).

Esperamos que este manual inspire a muchos estudiantes de la vida animal y los anime a tomar datos estandarizados, serios y valiosos de sus sujetos de estudio. Este tipo de técnicas son ideales para avanzar en el conocimiento de nuestra biodiversidad y así poder conservarla.

Figura 8. Las dos fotos muestran madres jaguar de diferente camadas. Nótese el patrón de manchas de los cachetes izquierdos de cada madre. Estas dos camadas fueron fotografiadas en 2012 a 3.3 km de distancia en abril y en julio, en el Magdalena Medio colombiano. Fotos: Panthera Colombia.



Conclusiones y recomendaciones generales

El uso de las cámaras trampa proporciona una gran cantidad de información en poco tiempo. Su característica no invasiva y de actividad permanente (día/noche) permite el estudio de especies de hábitos crípticos y de los vertebrados terrestres en estado silvestre. En este manual presentamos una guía con recomendaciones para que el investigador pueda implementar el fototrampeo siguiendo un modelo sistemático y comparable con otros estudios.

El objetivo de la investigación define el diseño de muestreo a emplear. Dentro de los objetivos que pueden tener los estudios utilizando cámaras trampa se encuentran los siguientes: determinar la presencia/ausencia de especies, estimar la diversidad de especies, abundancia relativa y densidad, definir patrones de actividad y/o detectar comportamientos de las especies registradas. Sin embargo, cada investigador puede definir y crear sus propios objetivos y métodos de análisis en la medida que la información proporcionada por las fotografías y los análisis estadísticos lo permitan.

El éxito del uso de las cámaras trampa requiere de un diseño de muestreo sistemático. Las fases previas a la instalación de las cámaras trampa en campo son vitales para no malgastar tiempo y recursos en campo. La instalación y el mantenimiento de las cámaras trampa en campo son actividades que requieren de suma atención y cuidado para asegurar su óptimo funcionamiento. Se debe tener siempre presente que una cámara en campo que no se encuentre funcionando significa menos esfuerzo de muestreo, pérdida de trabajo y de dinero que son requeridos para el estudio en cuestión.

Los formatos de registro de información que se sugieren en el manual son un instrumento de gran utilidad, ya que minimiza la posibilidad de errores durante la instalación, mantenimiento y registro de información producto de las cámaras trampa.

Bibliografía

- Altendorf, K. B., J. W. Laundré, C. A. López y J. S. Brown. (2001). Assessing effects of predation risk on foraging behavior of mule deer. *Journal of Mammalogy* 82:430-439.
- Ange, C. y C. Castaño-Urbe. (2012). Herramientas para la participación comunitaria en la conservación de felinos del Caribe colombiano. En: Payán, E., C. Castaño-Urbe (Eds.). *Grandes felinos de Colombia*, Panthera Colombia, Conservación Internacional Colombia, Cat Specialist Group IUCN/SSC y Fundación Herencia Ambiental Caribe., Bogotá.
- Augustine, D. J. (2004). Influence of cattle management on habitat selection by impala on central kenyan rangeland. *Journal of Wildlife Management* 68: 916-923.
- Borón, V. y E. Payán. (2012). Resultados preliminares del impacto de plantaciones de palma de aceite para la conectividad de los carnívoros en Colombia. En: Castaño-Urbe, C. (Eds.). *Plan de conservación de felinos del Caribe colombiano 2007-2012: Logros y proyecciones*, Santa Marta.
- Bridges, A. S., J. A. Fox, C. Olfenbittel y M. R. Vaughan. (2004). American black bear denning behavior: Observations and applications using remote photography. *Wildlife Society Bulletin* 32:188-193.
- Bridges, A. S. y A. Noss. (2011). Behavior and activity patterns. Pp.57-69. En: O'Commell, A. F., J. D. Nichols, K. U. Karanth (Eds.). *Camera traps in animal ecology methods and analyses*, Springer.
- Campbell, T. A., C. A. Langdon, B. R. Laseter, W. M. Ford, J. W. Edwards y K. V. Miller. (2006). Movements of female white-tailed deer to bait sites in west virginia, USA. *Wildlife Research* 33:14.
- Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holden, K. Kawanishi y M. Kinnaird. (2001a). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4:75-79.
- Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holden, K. Kawanishi, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D. W. Macdonald, D. Martyr, C. McDougal, L. Nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, D. J. L. Smith, M. Sunquist, R. Tilson, W. N. y W. Shahrudin. (2001b). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4: 75-79.
- Claridge, A. W., G. Mifsud, J. Dawson y M. J. Saxon. (2004). Use of infrared digital cameras to investigate the behaviour of cryptic species. *Wildlife Research* 31: 645-650.
- Corbett, J. (1990). *Jungle lore*. Oxford University Press, Oxford, 178 pp.
- Champion, F. W. (1927). *With a camera in tiger-land*. Chatto y Windus, 228 pp.
- Chapman, F. M. (1927). Who treads our trails? *National Geographic Magazine*: 330-345.
- de Almeida Jacomo, A. T., L. Silveira y J. A. F. Diniz-Filho. (2004). Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil. *Journal of Zoology* 262: 99-106.
- Díaz-Pulido, A., A. Benítez, C. M. Wagner y E. Payán. (2011). Grandes vertebrados como Odc en el Magdalena medio y los Llanos orientales. Pp. 191-198. En: Corzo, G., M. C. Londoño-Murcia, W. Ramírez, H. García, C. Lasso y B. Salamanca (eds.) *Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de ecopetrol localizadas en el Magdalena medio y los Llanos orientales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ecopetrol, Colombia.
- Díaz-Pulido, A. y E. Payán. (2011). Densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos colombianos *Mastozoología Neotropical* 18:63-71.
- Dillon, A. y M. Kelly. (2008). Ocelot home range, overlap and density: Comparing radio telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology* 275: 391-398.
- Fedriani, J. M., T. K. Fuller, R. M. Sauvajot y E. C. York. (2000). Competition and intraguild predation among three sympatric carnivores. *Oecologia* 125:258-270.
- Foresman, K. R. y D. E. Pearson. (1999). Activity patterns of American martens, American martens, snowshoe hares, *Lepus americanus*, and red squirrels, *Tamiasciurus hudsonicus*, in west-central Montana. *Canadian Field-Naturalist* 113: 386-389.
- Foster, R. y B. Harmsen. (2012). A critique of density estimation from camera-trap data. *Journal of Wildlife Management* 76: 224-236.
- Gajapersad, K., A. Mackintosh, A. Benítez y E. Payán. (2011). A survey of the large mammal fauna of the Kwamalasamutu region, Suriname. Pp. 150-155. En: O'Shea, B. J., L. E. Alonso, T. H. Larsen (Eds.) *A rapid biological assessment of the Kwamalasamutu region, southwestern Suriname*. RAP Bulletin of Biological Assessment 63, Conservation International, Arlington, VA.
- Griffiths, M. y C. P. van Schaik. (1993a). Camera-trapping: A new tool for the study of elusive rain forest animals. *Tropical biodiversity* 1:131-135.

- Griffiths, M. y C. P. Van Schaik. (1993b). The impact of human traffic on the abundance and activity patterns of sumatran rain forest wildlife. *Conservation Biology* 7:623-626.
- Hadly, E. A. y B. A. Maurer. (2001). Spatial and temporal patterns of species diversity in montane mammal communities of western north america. *Evolutionary Ecology Research* 3: 477-486.
- Hernández, L., J. W. Laundré y M. Gurung. (2005). Use of camera traps to measure predation risk in a puma-mule deer system. *Wildlife Society Bulletin* 33: 353-358.
- Jennelle, C., M. Runge y D. MacKenzie. (2002). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: A comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* 5: 119-120.
- Karanth, K. U. y 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, P. K. Sen y V. Rishi. (2002). Monitoring tigers and prey: Conservation needs and managerial constraints. pp.1-8 En: Karanth, K. U., J. D. Nichols (eds.) *Monitoring tigers and their prey*, Centre for Wildlife Studies, Bangalore.
- Karanth, U. K. (1995). Estimating tiger panthera tigris populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* 71:333-338.
- Karanth, U. K. y J. D. Nichols. (2002). *Monitoring tigers and their prey*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India, 193 pp.
- Kelly, M. (2008). Design, evaluate, refine: Camera trap studies for elusive species. *Animal Conservation* 11:182-184
- Kelly, M., E. Holub. (2008). Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on salt pond mountain, giles county, virginia. *Northeastern Naturalist* 15:249-262.
- Kelly, M. J., A. J. Noss, M. S. Di Bitetti, L. Maffei, R. L. Arispe, 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* 89:408-418.
- Krebs, C. J. (2000). *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. Oxford University Press México, 786 pp.
- Kucera, T. E. y R. H. Barrett. (2011). A history of camera trapping. Pp. 9-26. En: O'Connell, A. F., J. D. Nichols y K. U. Karanth (Eds.) *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses*, Springer, London.
- Liebezeit, J. R. y G. T. Luke. (2002). Nest predators, nest-site selection, and nesting success of the dusky flycatcher in a managed ponderosa pine forest. *Condor* 104: 507-517.
- Long, R. A., P. MacKay, W. Zielinski y J. Ray. (2008). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press, Washington, 385 pp.
- López, C. A. y G. Lorenzana. (2002). Carrion use by jaguars (*Panthera onca*) in Sonora, Mexico. *Mammalia* 66:603-605.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey y J. E. Hines. (2005). *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Academic Press, London, 244 pp.
- Maffei, L. y A. J. Noss. (2008). How small is too small? Camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the bolivian Chaco. *Biotropica* 40:71-75.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, 256pp.
- Miura, S., M. Yasuda y L. C. Ratnam. (1997). Who steals the fruits? Monitoring frugivory of mammals in a tropical rain forest. *Malayan Nature Journal* 50:183-193.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot y R. W. Mannan. (1992). *Wildlife-habitat relationships. Concepts and applications*. The University of Wisconsin Press, 520 pp.
- Nichols, J. D. y M. J. Conroy. (1996). Techniques for estimating abundance and species richness. pp.177-230. En: Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y R. Foster (Eds.) *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for mammals*, Smithsonian Institution Press, USA.
- Noss, A., R. Cuéllar, J. Barrientos, L. Maffei, E. Cuéllar, R. Arispe, D. Rómiz y K. Rivero. (2003). A camera trapping and radio telemetry study of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) in bolivian dry forests. *Tapir Conservation* 12:24-32.
- O'Connell, A. F., J. D. Nichols y K. U. Karanth. (2011). *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses*. Springer, London, 271 pp.
- Otani, T. (2001). Measuring fig foraging frequency of the yakushima macaque by using automatic cameras. *Ecological Research* 16: 49-54.
- Payán, E., C. Carbone, K. Homewood, E. Paemelaere, H. B. Quigley y S. Durant. (2012). Where will jaguars roam? The importance of survival in unprotected lands. Pp.603-628. En: Ruiz-Garcia, M. y J. Shostell (Eds.) *Molecular population genetics, phylogenetics, evolutionary biology and conservation of the Neotropical Carnivores*, Nova Science, New York.
- Payán, E., C. Soto, A. Diaz-Pulido, A. Benitez y A. Hernandez. (en Prensa). Vertebrate road crossing and mortality as input to road design to lower ecological impact in colombia. *Revista de Biología Tropical*.

- Pierce, B. M., V. C. Bleich, C. Chetkiewicz y D. Wehausen. (1998). Timing of feeding bouts of mountain lions. *Journal of Mammalogy* 79: 222-226.
- Rexstad, E., K. P. Burnham. (1991). User's guide for interactive program capture. Colorado State University, Fort Collins, 39 pp.
- Rivero, K., D. I. Rumiz y A. Taber. (2005). Differential habitat use by two sympatric brocker deer species (*Mazama americana* and *M. gouazoubira*) in a seasonal chiquitano forest of Bolivia. *Mammalia* 69: 169-183.
- Rowcliffe, J. M. y C. Carbone. (2008). Surveys using camera traps: Are we looking to a brighter future?. *Animal Conservation* 11: 185-186.
- Silver, S. (2004). Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara. New York, 27 pp.
- Soisalo, M. y S. Cavalcanti. (2006). Estimating the density of a jaguar population in the brazilian pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with gps radio-telemetry. *Biological Conservation* 129:487-496.
- Tobler, M. W., S. E. Carrillo-Perceguei, R. Leite-Pitman, R. Mares y G. Powell. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large-and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178.
- Valderrama, C. (2012). Densidad de ocelote y abundancia relativa de margay por medio de datos de camaras trampa en los andes colombianos. En: Payán, E. y C. Castaño-Urbe (Eds.). Grandes felinos de Colombia, Panthera Colombia, Conservacion Internacional Colombia, Cat Specialist Group IUCN/SSC y Fundacion Herencia Ambiental Caribe, Bogotá.
- Van Schaik, C. y M. Griffiths. (1996). Activity periods of indonesian rain forest mammals. *Biotropica* 28: 105-112.
- Walker, R. S., A. J. Novaro y J. D. Nichols. (2000). Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical* 7: 73-80.
- Zegers, D. A., S. May y L. J. Goodrich. (2000). Identification of nest predators at farm/forest edge and forest interior sites. *Journal of Field Ornithology* 71: 207-216.



Nuestras publicaciones

Las publicaciones del Instituto Humboldt divulgan el conocimiento sobre la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad de Colombia y hacen parte de sus estrategias institucionales de comunicación, educación y conciencia pública.

www.humboldt.org.co
publicaciones@humboldt.org.co
comunicaciones@humboldt.org.co

ISBN 958-8343-79-2



9 789588 343792 >

