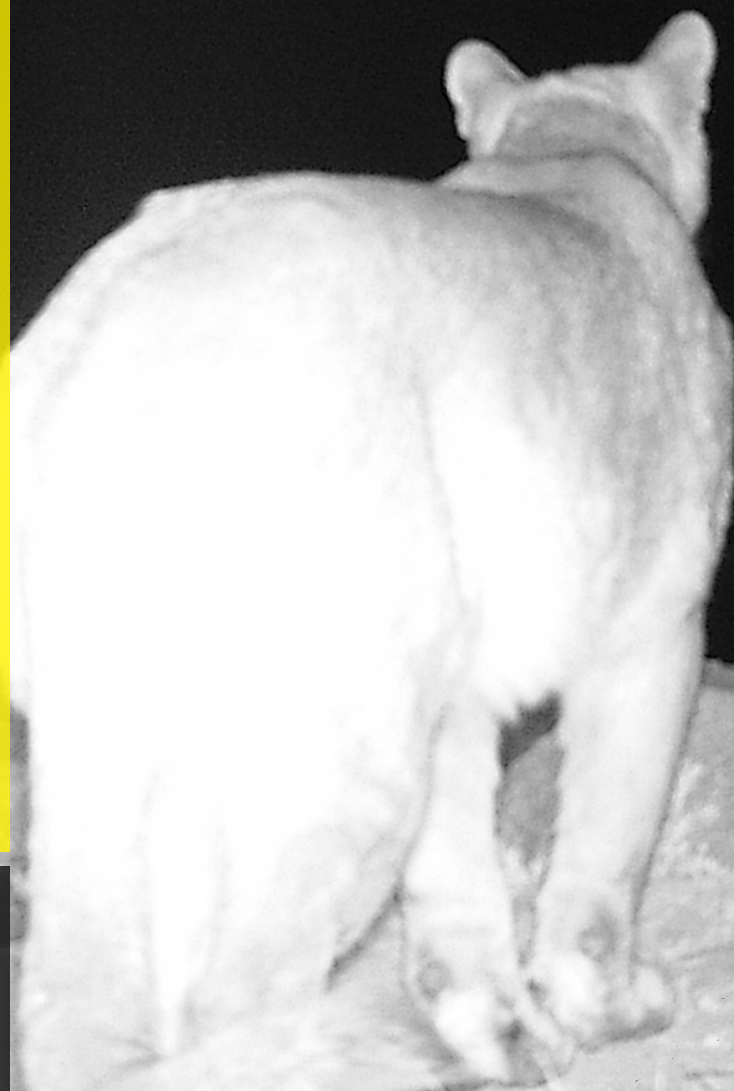


MANUAL DE USO DE TRAMPAS CÁMARA

para el monitoreo de
carnívoros nativos
y exóticos



Corredores Biológicos
de **Montaña**
Proyecto GEF





“Este manual ha sido elaborado en el marco del diseño e instalación de la expresión regional del Sistema de Información y Monitoreo de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos - SIMBIO RMS del Proyecto GEF Montaña”

Encargado a: M.Sc. Nicolás Lagos Silva.

Revisión y Edición:

Equipo Proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña (GEFSEC ID 5135); Marianne Katunaric Núñez - Petra Wallem Stein - Jaime Rovira Soto - Magdalena Bennett Manzano.

Equipo Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas de la Corporación Nacional Forestal - GASP CONAF; Diego Valencia Delgado - José Caro Lagos - Jorge Valenzuela Oyarzún - Gabriella Svensson Hagwall - Mariano De la Maza Musalem.

Especialista invitado: Ph.D. (c) Camila Dünner Oliger.

Esquemas y Diagramas: Rodrigo Verdugo Tartakowsky.

Diseño: Natalia Ibaceta Guerra.

Financiado por: Proyecto GEFSEC ID 5135 “Protegiendo la Biodiversidad y Múltiples Servicios Ecosistémicos en Corredores Biológicos de Montaña, en el Ecosistema Mediterráneo de Chile”. Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (2016-2022).

Citar como: MMA - ONU Medio Ambiente – CONAF. 2021. Manual de uso de trampas cámaras para el monitoreo de carnívoros nativos y exóticos. Encargado a: M.Sc. Nicolás Lagos Silva. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente. Santiago, Chile. 80pp.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	8	4.3. Programación de la cámara	49
2. TRAMPAS CÁMARAS	10	4.4. Revisión de las cámaras en terreno	54
2.1. Historia del foto trampeo	10	5. TIPOS DE ESTUDIOS CON TRAMPAS CÁMARAS	54
2.2. Funcionamiento de las trampas cámaras	12	5.1. Presencia	55
2.3. Componentes y características de una trampas cámaras	15	5.2. Riqueza de especies	56
2.4. Ventajas y desventajas de las trampas cámaras	23	5.3. Distribución	58
3. DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO	24	5.4. Abundancia y densidad	60
DE CARNÍVOROS MEDIANTE TRAMPAS CÁMARAS		5.5. Ocupación	64
3.1. Monitoreo de poblaciones animales	24	5.6. Comportamiento y patrones de actividad	66
3.2. Diseño de muestreo	25	6. MANEJO Y ANÁLISIS DE DATOS	71
4. INSTALACIÓN EN TERRENO	30	7. PRINCIPALES PROBLEMAS, PREGUNTAS Y RESPUESTAS	73
4.1. Estación de muestreo	30	8. REFERENCIAS	75
4.2. Instalación en terreno	33	9. ANEXOS	78-79

INDICE FIGURAS

Figura 1: Fotografía de ciervos tomada por una de las trampas cámara de George Shiras © George Shiras.....	11
Figura 2: Bushnell Trophy Cam. Uno de los modelos de cámara más utilizados en programas de monitoreo..... de vida silvestre por su relación precio/calidad. © Bushnell Corporation.	13
Figura 3: Ángulo de detección de la cámara.....	14
Figura 4: Bandas de detección en un sensor pasivo. © Reconyx.....	15
Figura 5: Principales componentes de una trampa cámara. © Bushnell Corporation.....	16
Figura 6: a) Imagen de gato andino (<i>Leopardus jacobita</i>) tomada por una cámara de flash blanco,..... b) imagen de gato colocolo (<i>Leopardus colocolo</i>) tomada por una cámara de flash infrarrojo, © Alianza Gato Andino (AGA)/CONAF Región de Tarapacá.	17
Figura 7: Alternativas sustentables de energización para trampas cámara a) batería de 12V dentro de una..... carcasa hermética y energizada por un panel solar, b) batería de 12V.	19
Figura 8: Etapas de un programa de monitoreo.....	28
Figura 9: Uso de cebo protegido para evitar su remoción y/o consumo. © CONAF Región de Los Ríos.....	31
Figura 10: Imagen de cámaras trampa aseguradas con cadenas.....	35

Figura 11: Recomendaciones de instalación de una estación de monitoreo de trampa cámara.....	36-37
a) Angulo instalación trampa cámara respecto de la trayectoria de paso esperada del animal.	
b) Altura de instalación trampa cámara respecto del tamaño de la especie objetivo.	
Figura 12: a) Cámara apuntando en ángulo incorrecto, no captura la totalidad del animal.....	39-40
© Alianza Gato Andino. b) Cámara apuntando en ángulo correcto, captura la totalidad del animal © CONAF Región de Aysén.	
Figura 13: Fotografía sobreexpuesta o “quemada” por las luces infrarrojas de la cámara. © Alianza Gato Andino.....	42
Figura 14: Ejemplo de leds tapados en la cámara con cinta adhesiva, evitando sobreexposicion de fotografías © Nicolás Lagos.....	42
Figura 15: a) Cámara en ángulo inadecuado para doble estación © CONAF Región de Valparaíso.	43
b) Cámara en ángulo adecuado, respecto de la trayectoria de tránsito del animal © GEF Montaña.	
Figura 16: Cámara movida por un animal © Alianza Gato Andino.....	44
Figura 17: Ejemplo de cámara firmemente amarrada, para evitar que sea movida por animales o el viento © Nicolás Lagos.....	44
Figura 18: Captura falsa por cámara apuntando hacia el este u oeste activada por el Sol. © Jim Sanderson.....	45
Figura 19: a) Captura falsa por vegetación movida por el viento © CONAF Región del Maule, o.....	46
b) Ejemplo de como colocar peso sobre vegetación para evitar capturas falsas © GEF Montaña.	

Figura 20: Vista interior de una trampa cámara. © Bushnell Corporation.....	49
Figura 21: Ejemplo de ubicación de la tarjeta de memoria y baterías en la cámara. © Bushnell Corporation.....	50
Figura 22: Información de la pantalla en modo SETUP © Bushnell Corporation.....	50
Figura 23: Diseño de muestreo ideal para estudios de riqueza de especies: al azar y sistemático.....	57
Modificado de Wearn & Glover-Kaepfer (2017).	
Figura 24: Muestreo mediante grillas para determinar la distribución de carnívoros nativos en el área del Proyecto GEF Montaña.....	58
Figura 25: Identificación individual de gato de Geoffroy (<i>Leopardus geoffroyi</i>) en dos estaciones de muestreo diferentes.....	61
mediante su patrón de manchas. © Conservación Cerro Guido.	
Figura 26: Esquema del cálculo del área de monitoreo efectiva. Modificado de O'Brien <i>et al.</i> (2011b).....	63
Figura 27: Recomendaciones para el diseño de muestreo en estudios de ocupación mediante trampas cámaras.....	66
Figura 28: Recomendación de almacenamiento jerárquico de fotografías en el computador o disco duro.....	72
Figura 29: Almacenamiento de fotografías requerido para el análisis mediante el programa CameraSweet.....	72

INDICE TABLAS

Tabla 1: Carnívoros silvestres de hábitos terrestres presentes en Chile.....	9
Tabla 2: Características principales de una trampa cámara comercial	20
Tabla 3: Listado de anotaciones para llenar en libreta al instalar y revisar las cámaras.....	47
Tabla 4: Parámetros para configuración de cámara Bushnell Trophy Cam.....	52
Tabla 5: Supuestos para la realización de un estudio mediante captura-recaptura.....	62
Tabla 6: Supuestos para la realización de un estudio de ocupación.....	65
Tabla 7: Resumen de los tipos de estudio mediante trampas cámara y recomendaciones generales para su diseño.....	67
Tabla 8: Pros y contras de los diferentes tipos de estudio mediante trampas cámara.....	69

1. INTRODUCCIÓN

Los carnívoros son un grupo que ha formado parte importante de la cultura humana desde la antigüedad hasta el día de hoy. Manifestaciones artísticas en pinturas rupestres dan cuenta del interés hacia estos animales, que a la vez pueden cautivar, causar admiración, amor, odio y miedo. Este es un grupo muy diverso, que incluye a más de 230 especies que habitan todos los continentes a excepción de la Antártica, desde el nivel del mar hasta más de los 5.000 msnm (Boitani & Powell, 2012; Hunter, 2019). Los carnívoros son elementos clave en los niveles tróficos superiores de la mayoría de los ecosistemas terrestres, y de cuyo bienestar depende la salud de los mismos (Paine, 2010; Atkins *et al.*, 2019). Por esta misma razón los carnívoros son comúnmente utilizados como especies focales en iniciativas de conservación (Linnell *et al.*, 2000).

Al tratarse de especies de hábitos principalmente crepusculares y nocturnos, y por lo general, esquivas, los carnívoros son animales difíciles de avistar (Iriarte & Jaksic, 2017). Por esta razón es común utilizar metodologías alternativas para conocer su presencia en un lugar. En el pasado la presencia de carnívoros era estudiada mayormente a través de sus signos indirectos como

huellas y heces. Sin embargo, en los últimos años, y gracias a la tecnología de las trampas cámara, se ha podido monitorear a estas y otras especies a través de estos dispositivos remotos, que registran el movimiento de cualquier animal que pase por delante (O'Connell *et al.*, 2011; McCallum, 2013; Meek *et al.*, 2014). Una de las principales ventajas de esta metodología es que funcionan las 24 horas del día, los 7 días de la semana, permitiendo así un monitoreo constante. Además, las cámaras son muy fáciles de usar y programar, permitiendo a casi cualquier persona, con una debida capacitación, mantener en marcha un programa de monitoreo con esta tecnología.

En la última década las trampas cámara se han vuelto una metodología cada vez más conocida y utilizada por quienes realizan monitoreos de fauna (O'Connell *et al.*, 2011, Meek *et al.*, 2014, Rovero *et al.*, 2016). Estas pueden ser utilizadas para conocer la presencia u ocurrencia de una especie en un área determinada, estimar parámetros poblacionales como abundancia y densidad, conocer patrones de actividad diaria, estacional o anual de animales, realizar estudios de comportamiento, inventarios de especies (riqueza), estudios de dinámicas poblacionales al largo plazo, e incluso han demostrado ser una herramienta útil para difusión a partir del material generado (Jackson *et al.*, 2006, McCallum, 2013, Burton *et al.*, 2015, Hossain *et al.*, 2016, Hobbs & Brehme, 2017, Wearn & Glover-Kapfer, 2017). El tipo de monitoreo a realizar dependerá principalmente de los objetivos

del estudio, además de consideraciones logísticas de tiempo, equipamiento y recursos.

Los ecosistemas de Chile albergan un total de 13 especies de carnívoros silvestres de hábitos terrestres (Tabla 1; Iriarte & Jaksic, 2017). De ellos, un total de 5 pertenecen a la familia de los félidos, 3 a la de los cánidos, 2 a la de los mustélidos y 2 a la de los mefitidos.

Cada especie de carnívoro presenta hábitos característicos. Por ejemplo, si bien por lo general son especies de hábitos crepusculares y nocturnos, hay especies como las de la familia de los félidos, en que esta característica es más marcada en comparación con los cánidos. En cuanto al hábitat preferente también existen diferencias, por ejemplo, el gato andino (*L. jacobita*) presenta una marcada preferencia por ambientes rocosos en comparación a otras especies como el quique (*G. cuja*) que prefiere lugares cercanos a humedales y cursos de agua (Iriarte & Jaksic, 2017). Las preferencias de nicho tanto espacial, temporal o trófico de la o las especies focales de nuestro monitoreo serán aspectos relevantes a considerar al momento de su diseño, así como

(*) De acuerdo a un estudio reciente realizado por Do Nascimento *et al.*, 2020, sugieren un nuevo arreglo taxonómico para el complejo de *Leopardus colocolo*, el que incluiría un total de 5 especies diferentes, 3 de las cuales se encontrarían en Chile. En este caso, el número de especies diferentes de felinos presentes en el país ascendería a 7.

TABLA 1. CARNÍVOROS SILVESTRES DE HáBITOS TERRESTRES PRESENTES EN CHILE

1	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
2	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma
3	Felidae	<i>Leopardus jacobita</i>	Gato andino
4	Felidae	<i>Leopardus colocolo</i> (*)	Gato colocolo
5	Felidae	<i>Leopardus geoffroyi</i>	Gato de Geoffroy
6	Felidae	<i>Leopardus guigna</i>	Güiña
7	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro colorado o culpeo
8	Canidae	<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro gris o chilla
9	Canidae	<i>Lycalopex fulvipes</i>	Zorro de Darwin
10	Mustelidae	<i>Galictis cuja</i>	Quique
11	Mustelidae	<i>Lyncodon patagonicus</i>	Huroncito patagónico
12	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Chingue
13	Mephitidae	<i>Conepatus rex</i>	Chingue de la puna

también para la elección del sitio de instalación de las estaciones de monitoreo mediante trampas cámara. Al realizar monitoreos dirigidos es importante tener pleno conocimiento de la especie con que se trabajará, por lo que se recomienda estudiar y realizar consultas a expertos acerca de su biología y ecología en toda su distribución y cuando sea posible, en la zona específica en donde se trabajará, para de esta forma poder establecer un programa de monitoreo adecuado y exitoso.

2. TRAMPAS CÁMARA

Las trampas cámara son un dispositivo formado por una cámara fotográfica asociada a un sistema de disparo automático que la activa, tomando de esta forma una fotografía o un video. Hoy en día existen cámaras de rollo o digital, así como también cámaras que pueden ser adaptadas para este fin. Los sistemas de disparo pueden ser variados, y van desde sistemas mecánicos, hasta sistemas basados en sensores láser o infrarrojos, siendo estos últimos los más utilizados en las cámaras comerciales y que serán explicados en detalle en las secciones posteriores.

2.1. HISTORIA DEL FOTO TRAMPEO

Si bien la historia del uso de la fotografía se remonta al siglo XIX, fue recién en la década de 1890 cuando George Shiras desarrolló el primer método que permitió tomar las primeras fotografías remotas de fauna silvestre, en las que los animales eran fotografiados por si mismos al activar la cámara mediante un sistema de cables. Sus fotografías fueron luego publicadas en la revista National Geographic, siendo este el inicio del uso de las trampas cámara para la fotografía de fauna silvestre (**Figura 1**). Luego de los trabajos de Shiras, otros fotógrafos como F.W. Champion y F.M. Chapman utilizaron la misma metodología para realizar las primeras fotografías de tigres, ocelotes, leopardos, leones, hienas y otras especies.

Luego de esto, hacia mediados del siglo XX se realizaron los primeros estudios para el monitoreo de fauna (Kucera & Barrett, 2011), utilizando como base el mecanismo empleado por Shiras para la construcción de dispositivos caseros, elaborados por los propios investigadores, que por lo general consistían en varias partes, además de ser abultados y pesados. Sin embargo, no fue sino hasta la década de los '90, luego de la llegada de las cámaras al mercado, cuando comenzaron a ser utilizadas de manera más extensiva alrededor del mundo (Karanth, 1995; Jacobson *et al.*, 1997; Cutler & Swan, 1999). Uno de los usos importantes que se le ha dado a esta tecnología es en



FIGURA 1:
Fotografía de ciervos tomada por una
de las trampas cámara de George Shiras
© George Shiras.

conservación de fauna, donde se destacan los primeros estudios realizados en tigres, que estuvieron enfocados en la estimación de abundancia y ámbitos de hogar de tigres (*Panthera tigris*; Griffiths, 1993; Karanth, 1995; Karanth & Nichols, 1998), los que fueron de gran ayuda para entender el estado de sus poblaciones y ayudar a la conservación de este amenazado felino. El éxito de esta tecnología para el estudio de especies crípticas, especialmente carnívoros, marcó sin lugar a duda un antes y después en su investigación y conservación, permitiendo la obtención de información que anteriormente era extremadamente difícil de conseguir. La llegada de las cámaras digitales marcó un punto de inflexión en el uso de las trampas cámara para el estudio de vida

silvestre, ayudando a la masificación de su uso alrededor del mundo. Año tras año la tecnología continúa avanzando, mejorando consistentemente las cámaras disponibles en el mercado, y haciéndolas a su vez cada vez más accesibles. Hoy en día las trampas cámara son uno de los dispositivos de colecta de datos más eficientes por su capacidad de trabajar las 24 horas del día, los siete días de la semana y pudiendo almacenar miles de imágenes utilizando sólo un set de baterías (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017). Entre las mejoras que trajo la era digital se encuentra el uso de flash infrarrojo en lugar de flash blanco, permitiendo iluminar la escena nocturna con el mínimo impacto visual hacia el animal, reduciendo la posibilidad de alterar su comportamiento

natural. Es así como, en un curso de poco más de 100 años, las trampas cámara han pasado a formar parte casi indispensable en estudios de investigación y conservación, en especial de carnívoros.

2.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS TRAMPAS CÁMARA

Como se mencionó anteriormente, la principal característica de las trampas cámara es su capacidad de ser activada automáticamente ante la presencia del animal. Para lograr esto, cuentan principalmente de dos partes: una de ellas es la cámara fotográfica y la otra es el sistema encargado de accionar la cámara ante la presencia del animal. Entre los sistemas de activación se encuentran el del tipo mecánico, que activa la cámara cuando el animal presiona o tira del dispositivo, que usualmente corresponde a una plataforma accionada con presión o un cable que acciona la cámara al ser tirado (O'Connell *et al.*, 2011; Wearn & Glover-Kaepfer, 2017). Un segundo sistema muy común en cámaras comerciales es del tipo óptico, que consta de un sensor, que puede ser del tipo activo o pasivo. El sensor activo consiste en un emisor de un rayo infrarrojo o un láser, el que es recibido por un receptor. Cualquier elemento que pase enfrente del rayo provocará la interrupción de la comunicación entre el emisor y receptor, activando de esta manera a la cámara. Para este tipo de sensores se debe predecir de antemano la ruta posible del animal, de manera que la cámara sea

activada correctamente. Por otra parte, el sensor pasivo o PIR (Sensor Infrarrojo Pasivo, por su sigla en inglés, también denominados de “calor en movimiento”) es capaz de detectar diferencias de temperatura entre algún elemento que esté enfrente del sensor y el entorno circundante (Apps & McNutt, 2018). Este método de detección resulta muy efectivo para especies como animales vertebrados, que son capaces de generar su propia temperatura corporal, incluyendo a mamíferos y aves, aunque también para algunas especies que pueden presentar temperaturas corporales mayores o menores a su entorno, como reptiles. Para activar el sensor PIR de la cámara, el animal debe además estar en movimiento. Este último es el tipo de sensor utilizado más ampliamente y el más abundante en el mercado (Figura 2), por lo que se explicará su funcionamiento con más detalle.

El sensor pasivo en las cámaras se encuentra ubicado justo debajo del lente de la cámara, formando un pequeño arco. Este arco permite al sensor tener un ángulo de detección cercano a los 45° (Figura 3 ver pág. 14), el cual es similar al área que será fotografiada, y que varía dependiendo de la marca y modelo de la cámara. El sensor pasivo funciona mediante bandas de detección (Figura 4 ver pág 15). Para que la cámara se active, no sólo alguna de las bandas de detección debe captar la diferencia de temperatura entre algún elemento y el entorno, sino también detectar el movimiento de este elemento a través de las bandas (Apps & McNutt, 2018). En la Figura 4 por ejemplo, el ciervo que se encuentra

en la banda 1 hará que la banda capte la diferencia de temperatura respecto a la banda 2, pero no activará la cámara a no ser que el individuo o se aleje del ángulo de detección o se mueva hacia la banda 2. Así es como el sensor percibe el movimiento. En el caso de los otros dos ciervos ubicados en las bandas 4 y 6 al encontrarse en movimiento, las bandas aledañas (3 y 5) perciben la diferencia de temperatura, activando de esta manera la cámara.

Comprender de mejor forma el funcionamiento del sensor de las cámaras que estamos utilizando es de gran utilidad, ya que nos ayudará a posicionarlas de mejor forma en terreno, disminuyendo la probabilidad de capturas falsas o que el animal no sea detectado por la cámara. Por ejemplo, si se instala la cámara sobre un palo que se mueve con el viento, el movimiento hará que las bandas de detección estén en constante movimiento, pasando los diferentes elementos del entorno (con distintas temperaturas) entre las bandas de detección y provocando que la cámara se active de manera constante. Por otro lado, si un elemento se acerca directo frente a la cámara, sin pasar entre las bandas de detección, el sensor, si bien detectará la diferencia de temperatura entre las bandas, no detectará el movimiento, ocasionando que la cámara no se active con la presencia del individuo. Por esto se recomienda ubicar la cámara mirando perpendicular al movimiento esperado del animal (Reppucci *et al.*, 2012; Jackson *et al.*, 2005).



FIGURA 2: Bushnell Trophy Cam. Uno de los modelos de cámara más utilizados en programas de monitoreo de vida silvestre por su relación precio/calidad. © Bushnell Corporation

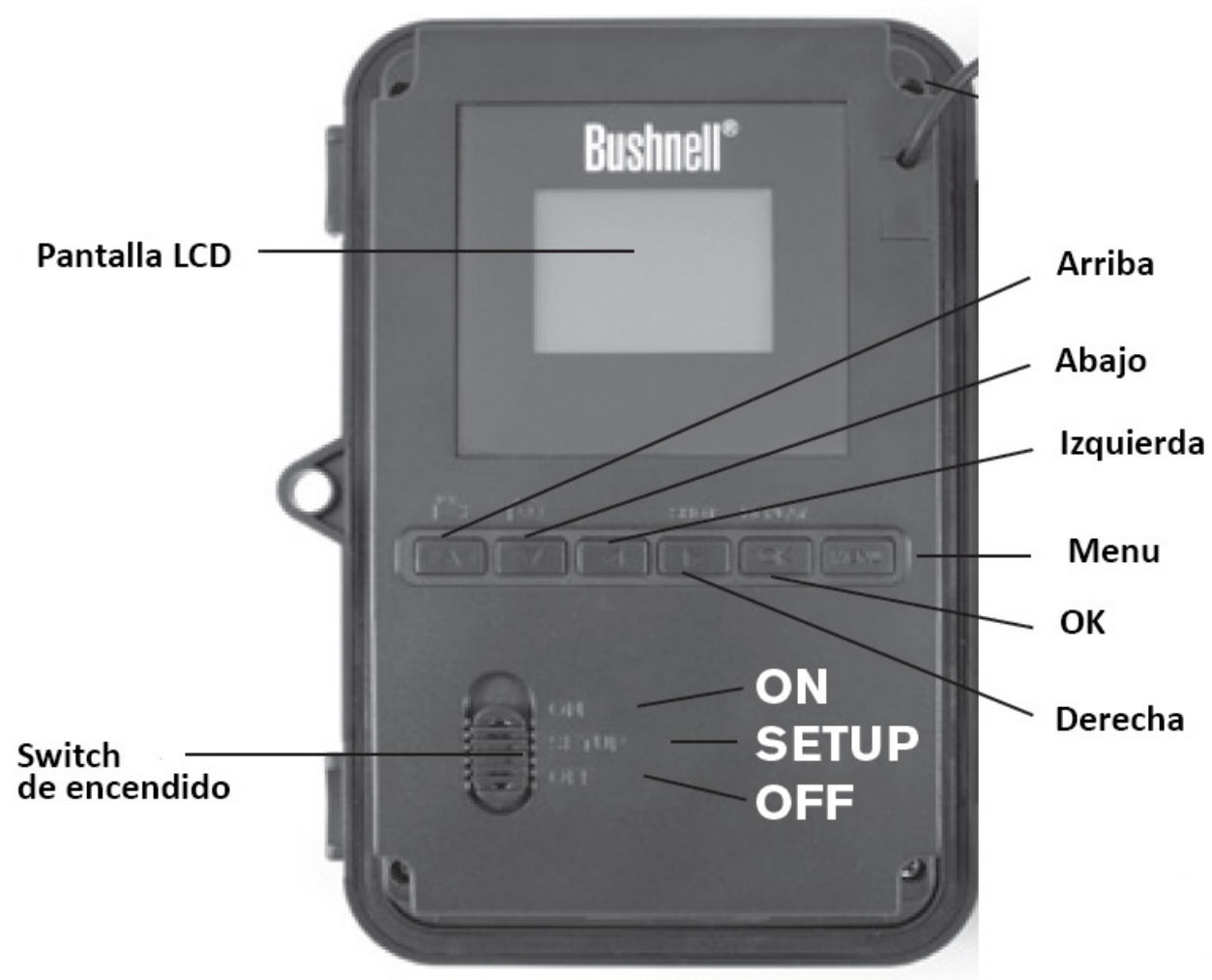
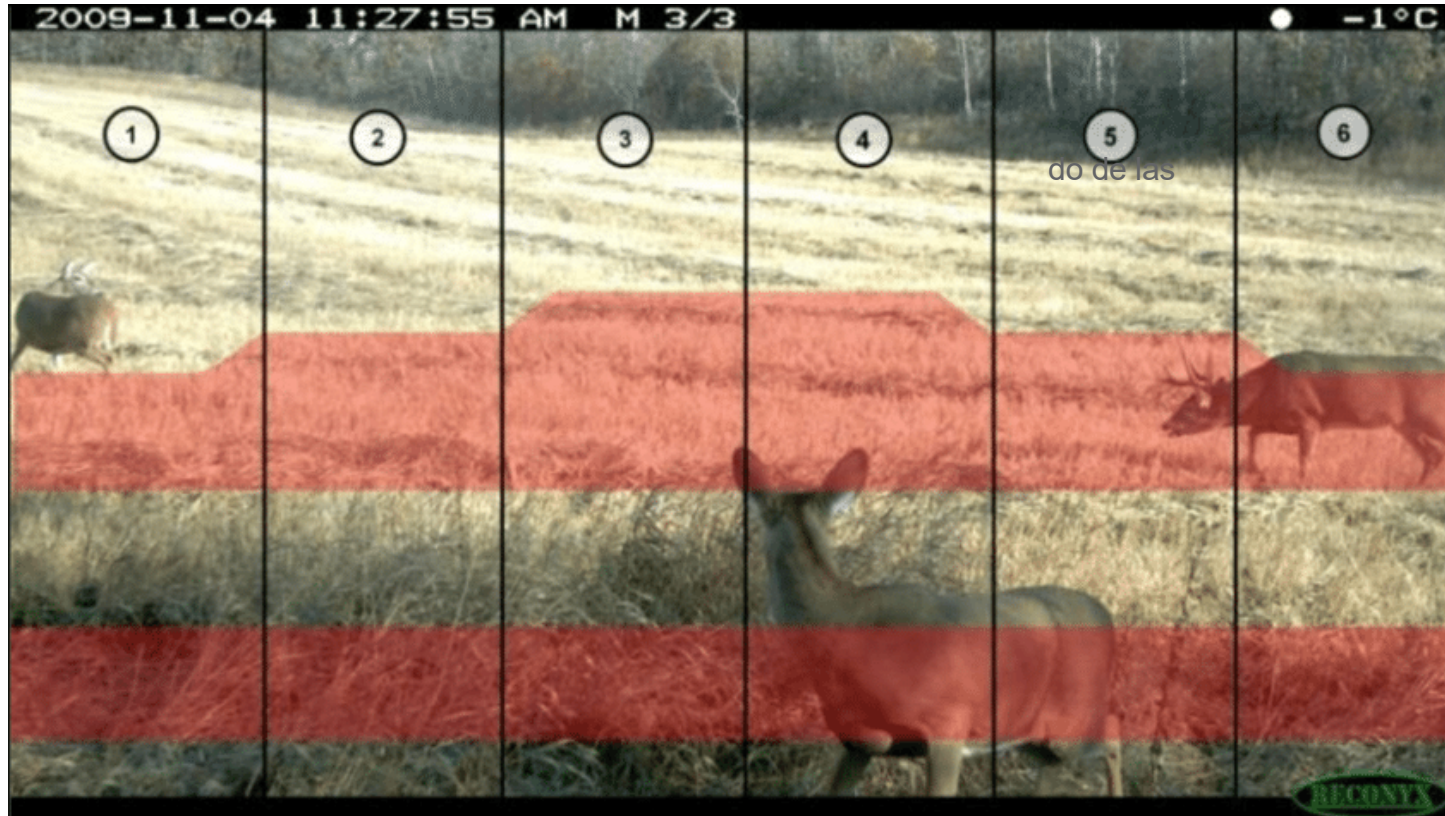


FIGURA 3:
Ángulo de detección de la cámara



Trampas cámara

FIGURA 4:
Bandas de detección en un sensor pasivo.
© Reconyx

2.3 COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS DE UNA TRAMPA CÁMARA

Como se mencionó anteriormente, los principales componentes de una trampa cámara corresponden a la cámara fotográfica y el sistema de detección (sensor PIR). La Figura 5 (ver pág. 16) indica la ubicación de los distintos componentes en una cámara comercial. Es importante destacar que la ubicación de los componentes podrá variar dependien-

distintas marcas y modelos, por lo que se recomienda siempre revisar el manual correspondiente antes de comenzar a utilizar una cámara, con la finalidad de tener pleno conocimiento de sus partes y funcionamiento.

El lente de la cámara por lo general se ubica en una posición central, el cual debemos preocuparnos de mantener libre de suciedad con la

Trampas cámara

finalidad de obtener fotografías nítidas. Existen algunos modelos de cámaras que presentan dos lentes distintos, con distinta configuración de apertura y velocidad de obturación, de manera de optimizar su funcionamiento en fotografías diurnas y nocturnas. El sensor PIR se encuentra también en una posición central en la cámara, ubicado arriba o debajo del lente y con una placa semicircular. Ya que este es el mecanismo que tiene la cámara para ser activada, debemos preocuparnos de que nunca quede tapado por algún elemento y que no tenga ramas, pastos u otro objeto justo en frente que pudiera activar la cámara, obteniendo capturas falsas.

Otro componente importante en la cámara es el flash. Hoy en día la mayoría de las cámaras utilizan flash infrarrojo, ya que, al ser una luz invisible para la mayoría de los animales tiene un menor impacto en su comportamiento (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017). Este sistema de flash se encuentra compuesto de un número variable de leds, los que se encienden para iluminar la escena durante las capturas nocturnas, observables al ojo humano por una tenue tonalidad roja que ilumina los leds. En algunos modelos de cámaras estos leds son cubiertos por una placa oscura, haciendo las luces completamente invisibles al ojo humano. Sin embargo, por lo general estas cámaras presentan una calidad de imagen nocturna más deficiente (menos nítidas y con más



FIGURA 5: Principales componentes de una trampa cámara. © Bushnell Corporation

ruido) que aquellas que tienen los leds al descubierto.

Otra opción es el flash blanco de Xenon o led, sin embargo, están cayendo en desuso debido principalmente a su alto consumo de baterías y a que, al tratarse de un único disparo del flash, no permite grabar videos. Si bien el uso de flash blanco presenta algunos puntos a favor como la obtención de fotografías nocturnas a color (en lugar de blanco y negro en el caso del flash infrarrojo); una mayor eficiencia para congelar el movimiento del animal; y, por lo general una mayor nitidez y contraste, características útiles cuando el objetivo del programa incluye la identificación de individuos (Figura 6), lo desfavorable es que estos

flash producen una luz blanca, similar a los flash de las cámaras convencionales, visibles para la fauna, pudiendo alterar su comportamiento natural (Wegge *et al.*, 2004; Schipper, 2007), y además llamando la atención a posibles ladrones.

En relación a la fuente de energía utilizada, las cámaras por lo general requieren baterías AA, pudiendo funcionar con un número variable de baterías, que puede ir entre 4 y 12. Si bien la mayoría de las cámaras funcionan con baterías alcalinas, las más modernas, al tener procesadores más sofisticados y sistemas de flash que requieren un mayor consumo de energía, sugieren la utilización de baterías de litio.



FIGURA 6:
A) Imagen de gato andino (*Leopardus jacobita*) tomada por una cámara de flash blanco,
B) Imagen de gato colocolo (*Leopardus colocolo*) tomada por una cámara de flash infrarrojo,
 © Alianza Gato Andino (AGA)/CONAF Tarapacá.

RESIDUOS DE BATERÍAS

Un aspecto relevante a considerar está relacionado con la gran cantidad de residuos que se generan al implementar un programa de monitoreo a largo plazo. El alto consumo de baterías en estudios realizados con cámaras trampa implica que por ejemplo, un programa de monitoreo de un año, utilizando un total de 20 trampas cámara, genere desechos de alrededor de 320 pilas (considerando un recambio de baterías a los 6 meses). Esto es algo no menor, considerando que las pilas son por lo general acumuladas y dispuestas bajo tierra en contenedores especiales, sin posibilidad de ser recicladas o reutilizadas. Sin embargo, en los últimos años, un emprendimiento en la Región de Atacama llamado Recybatt (www.recygroup.cl) se encuentra gestionando la construcción de una planta piloto que permitirá extraer dos de los metales contenidos en las pilas y baterías: el manganeso y el zinc. Si bien este corresponde a un gran aporte al reciclaje de pilas, aún algunos componentes de las mismas quedan sin posibilidad de ser reciclados. Como se menciona en el texto, existen también otras alternativas al uso de pilas, útiles y amigables con el medio ambiente, como el uso de paneles solares o baterías de 6 o 12 V recargables.

Las cámaras permiten el uso de baterías recargables, sin embargo hasta el momento no han demostrado ser eficientes en cuanto a la energía entregada, teniendo una duración de pocas semanas e incluso pocos días en terreno.

La mayoría de las cámaras modernas poseen una entrada de voltaje DC (Figura 5, ver pág 16) que permite la conexión de paneles solares, generalmente ofrecidos por los mismos fabricantes de las cámaras, los que pueden utilizarse para mantener una carga constante a baterías recargables instaladas a las cámaras. Hoy en día existen también en el mercado modelos de trampas cámara que tienen incluido un panel solar, pudiendo funcionar tanto con energía entregada por las baterías como por el panel solar. Otra alternativa es el uso de baterías de 6 o 12V (dependiendo del modelo y marca de la cámara), las que previamente cargadas pueden ser conectadas directo a la cámara, o energizarla a través de un panel solar (Figura 7, ver pág 19). En caso de utilizar esta última se debe considerar su utilización dentro de una caja hermética. Antes de utilizar este tipo de baterías en las cámaras se debe comprobar el voltaje y amperaje al cual funciona la cámara. Con una carga completa estas baterías pueden funcionar con una autonomía de al menos 4 a 5 meses, dependiendo de la marca y modelo de la cámara y de la cantidad de registros obtenidos, siendo una alternativa altamente recomendable no sólo por la autonomía de funcionamiento que entrega, sino también porque se evita la generación de residuos a través del uso de baterías alcalinas o de litio.

Entre las nuevas prestaciones que entregan las cámaras modernas, se encuentra la conectividad Wi-Fi o celular, que permiten enviar los datos obtenidos a través de redes de dispositivos móviles o Wi-Fi. Las cámaras con conexión celular pueden enviar las fotografías a un teléfono celular, e-mail o plataforma web, permitiendo el acceso a la información en tiempo real, además de poder chequear el funcionamiento de la cámara e incluso en algunos modelos, cambiar la configuración de la cámara de manera remota (O'Connell *et al.*, 2011; Wearn & Glober-Kaepfer, 2017). Es importante señalar que por lo general estas cámaras con conexión celular se encuentran configuradas para traba-

jar con compañías extranjeras, por lo que se recomienda antes de su compra contactar al fabricante con la finalidad de saber si es posible reconfigurarla para trabajar en Chile. Por otra parte, las cámaras Wi-Fi envían las imágenes a una base, que puede servir como un punto central de recepción de datos, así como también de almacenaje de datos en caso de que la cámara sea robada o perdida.

Cada vez son más las marcas y modelos de cámaras disponibles en el mercado y sus prestaciones mejoran año tras año. A modo de guía, en la **Tabla 2** se muestran las principales características a considerar



FIGURA 7:
Alternativas sustentables de energización para trampas cámara. **A)** batería de 12V dentro de una carcasa hermética y energizada por un panel solar. **B)** batería de 12V.

al momento de escoger una trampa cámara. Actualmente el costo de las trampas cámaras es muy variable, y van desde unos \$20.000 hasta poco más de \$500.000 pesos, sin embargo existen cámaras de bajo costo (alrededor de \$70.000 pesos) cuyas prestaciones son adecuadas para casi cualquier monitoreo de fauna. Si bien el costo unitario de las cámaras puede ser bajo, por lo general los programas de monitoreo requieren una gran cantidad de equipos, lo que finalmente se traduce

en una gran inversión. Por esto se recomienda escoger con precaución la marca y modelo de cámara que más se adecúa a nuestros intereses. Como apoyo se recomienda visitar la web www.trailcampro.com, en donde realizan testeos y reseñas actualizadas de las principales cámaras disponibles en el mercado, realizando rankings y recomendaciones de compra.

TABLA 2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UNA TRAMPA CÁMARA COMERCIAL.

CARACTERÍSTICA	OPCIONES	DESCRIPCIÓN
Tipo de flash (Flash type)	Xenon, led blanco, led infrarrojo	Corresponde al método que tienen las cámaras para iluminar la escena en imágenes nocturnas. Existen tres tipos de flash en las cámaras comerciales. El flash blanco de Xenon es el mismo tipo de flash que utilizan cámaras de fotografía convencional, y consiste en un tubo incandescente que ilumina la escena. Al ser sólo un único destello de luz, este tipo de flash no permite grabar videos. El flash de led blanco está conformado por una serie de luces led que emiten luz blanca, visibles para el ojo humano y la mayoría de los animales. En contraste, las luces led (tanto blancas como infrarrojas) pueden permanecer encendidas de manera constante, permitiendo la grabación de videos nocturnos. Las imágenes obtenidas tanto por el flash de Xenon como el blanco, son a color. Por otro lado, el flash led infrarrojo emite una luz infrarroja, invisible para la mayoría de los animales. Estas luces son menos potentes que las anteriores, y las imágenes resultantes son en blanco y negro. El flash de led infrarrojo es el más común en cámaras comerciales.
Rango del flash (Flash range)	5 a 45 metros	Corresponde a la distancia máxima a la cual el flash de la cámara puede iluminar al sujeto de interés. Esta distancia es muy variable y depende del número de leds (en el caso de cámaras que usan esta tecnología de iluminación), la cantidad de energía que la cámara envía al flash y el tiempo de exposición.

CARACTERÍSTICA	OPCIONES	DESCRIPCIÓN
Duración de baterías (Battery life)	Variable, desde pocas semanas a varios meses	La duración de las baterías es muy variable, y dependerá de la marca y modelo de la cámara y que tan eficiente es en el uso de la energía. La duración de la batería depende también de las condiciones ambientales del lugar (en ambientes fríos las baterías se descargan más rápido) y de la cantidad y tipo de registros capturados por la cámara (los videos ocupan más batería que las fotos, y el uso de los led en el modo nocturno implica también un mayor consumo). El tipo de baterías utilizadas también influye en su durabilidad, siendo las de Litio las más duraderas.
Velocidad de disparo (Trigger speed)	1/20 de segundo a 4 segundos	Corresponde al tiempo transcurrido entre que la cámara detecta el movimiento y captura la primera fotografía o video del objeto que causó que la cámara se activara. Este parámetro es relevante sobre todo para especies que pueden pasar rápidamente enfrente de la cámara. Cuando la reacción de la cámara es lenta, es posible que obtengamos numerosas fotografías de sólo una parte del animal o incluso sin fotografías. Esta velocidad varía dependiendo de la marca y modelo de la cámara, siendo recomendables velocidades de 0,5 segundos o menos.
Velocidad de recuperación (Recovery time)	Desde 0 hasta 30 segundos	La mayoría de las cámaras comerciales pueden ser programadas para que tomen varias fotografías por evento. La velocidad de recuperación es el tiempo que demora la cámara para tomar una segunda fotografía luego que la primera ya fue tomada. Se recomiendan utilizar cámaras con velocidades de recuperación menores a 0,5 segundos.
Rango de detección (Detection Range)	10 a 35 metros	El rango de detección corresponde a la distancia a la cual el sensor de la cámara es capaz de percibir el movimiento y de esta forma activarla. La mayoría de las cámaras comerciales funcionan con un sensor PIR sensible al calor, por lo que este rango dependerá, además de la marca y modelo de la cámara, de la temperatura ambiental del lugar en que se instaló la cámara.
Ángulo de detección (Detection angle)	15° a 75°	Corresponde al ángulo horizontal al cual el sensor PIR de la cámara forma la zona de detección, es decir, la zona en la que el sensor podrá ser capaz de percibir movimiento y activar la cámara. Por lo general, en cámaras comerciales el ángulo de detección es levemente menor al ángulo de visión (más abajo), y rodea los 40°, aunque hay modelos en los que el ángulo de detección es mayor al campo de visión del lente de la cámara. En estos casos, es común que los animales en las fotografías aparezcan con el cuerpo cortado, al activar la cámara antes que el animal este completamente dentro del ángulo de visión del lente.

CARACTERÍSTICA	OPCIONES	DESCRIPCIÓN
Campo de visión (Field of view)	35° a 125°	Es diferente al ángulo de detección, ya que el primero está asociado al sensor PIR y este al lente de la cámara. El ángulo de visión corresponde al ángulo horizontal de visión que tiene el lente de la cámara, relacionado directamente con la longitud focal del lente que presenta la cámara, el cual es fijo y depende del modelo. Por lo general este ángulo en cámaras comerciales rodea los 45°, existiendo algunos modelos en los que es posible aplicar lentillas para modificar el ángulo de visión del lente.
Sensibilidad del sensor PIR	-	Corresponde a la sensibilidad con que el sensor de la cámara percibirá el movimiento. Una alta sensibilidad permitirá capturar pequeños animales como roedores o lagartijas, mientras que una sensibilidad baja concentrará las capturas en animales de mayor tamaño. Por lo general este es un parámetro que en cámaras modernas es ajustable desde el menú.
Calidad de imagen	3 a 24 MP	Corresponde al tamaño (en megapíxeles) de las fotografías tomadas por la cámara. Es importante destacar que los megapíxeles anunciados generalmente en las características de la cámara, no corresponden al tamaño del sensor. Como una estrategia de marketing las compañías aumentan este valor mediante la interpolación digital de las imágenes, usando el procesador de la cámara, que añade megapíxeles de manera digital a las fotografías. Por lo general los sensores de las cámaras comerciales rodean los 3 a 4 megapíxeles. Esta información es posible de obtener por el manual de la cámara.
Calidad de video	640x480 a 4K	Corresponde a la resolución del video tomado por la cámara. Al igual que en el caso de las fotografías, se debe tener en cuenta que en algunos modelos los tamaños de los videos son interpolados digitalmente para hacerlos de mayor resolución.
Capacidad tarjeta SD (SD card capacity)	32 a 512 GB	Corresponde al máximo de capacidad de almacenamiento (en megapíxeles) que soporta la cámara en una tarjeta SD.
Fotos por disparo (Photos per trigger)	Desde 1 a 10 imágenes por disparo	Corresponde al número de fotografías que la cámara toma una vez que el sensor percibió el movimiento. Este parámetro es ajustable a través del menú de las cámaras, pero tiene un valor máximo por marca y modelo. Generalmente en cámaras comerciales el número máximo de fotos por disparo es de 3, aunque las nuevas cámaras están incorporando una mayor cantidad de fotografías, entregando una mayor versatilidad.

Información basada en O'Connell *et al.* (2011), Meek & Pittet (2012), Wearn & Glover-Kapfer (2017), Glover-Kapfer *et al.* (2019) y www.trailcampro.com. La información presentada es referencial, y varía entre marcas y modelos de cámaras.

2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TRAMPAS CÁMARA

En las últimas décadas, las trampas cámara han demostrado ser una tecnología útil, eficiente y de relativamente bajo costo para el monitoreo de carnívoros y de fauna en general. No obstante, antes de escoger las cámaras como metodología para un programa de monitoreo es necesario conocer bien los objetivos del estudio, así como también las potencialidades y desventajas que tiene esta metodología.

Ventajas

- Método no invasivo.
- Funcionamiento continuo durante las 24 horas del día.
- Permite un monitoreo constante en áreas de difícil acceso.
- Funcionamiento autónomo que no requiere un chequeo constante.
- Capacidad de almacenamiento de una gran cantidad de datos por períodos largos de tiempo.
- Es una metodología costo eficiente.
- Son capaces de obtener información difícil de obtener mediante métodos convencionales.
- Método efectivo para el monitoreo de especies nocturnas y crípticas.
- Permite monitorear el comportamiento y patrones de actividad de animales.
- Permite registrar un amplio espectro de animales.
- Corresponde a evidencia basada en fotografías, un medio que es difícilmente refutable, fácilmente reevaluado y permanente en el tiempo.
- Las fotografías son útiles también como medio de comunicación y difusión.
- Fáciles de usar y programar.
- Metodología fácilmente replicable geográfica y temporalmente.

Consideraciones logísticas, monetarias y de esfuerzo humano no deben dejarse de lado, y deben tenerse en cuenta al momento de escoger la metodología que mejor se adecúe a los objetivos del programa.

A continuación, se muestran las ventajas y desventajas del uso de trampas cámara para el monitoreo de fauna silvestre (O'Connell *et al.*, 2011, Meek *et al.*, 2014, Glover-Kapfer *et al.*, 2019):

Desventajas

- Implican un costo inicial elevado.
- Requieren un alto consumo de batería.
- La cantidad de datos generada implica un elevado tiempo de procesamiento de las imágenes, que por lo general se realiza manualmente.
- Requiere una gran capacidad de almacenamiento de los datos obtenidos.
- En algunos casos las cámaras presentan problemas de funcionamiento en condiciones ambientales extremas (humedad, frío extremo).
- Es común que algunas cámaras presenten problemas de funcionamiento difícilmente reparables por un usuario convencional.
- Son altamente susceptibles a ser robadas en entornos donde hay tránsito humano.

3. DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO DE CARNÍVOROS MEDIANTE TRAMPAS CÁMARA

3.1. MONITOREO DE POBLACIONES ANIMALES

En ecología, por lo general los muestreos se enfocan en conocer la distribución y abundancia de especies (Boitani *et al.*, 2012b). La realización de muestreos periódicos en un mismo lugar, por un período prolongado de tiempo, con el objetivo de hacer inferencias sobre las dinámicas poblacionales u otros parámetros ecológicos de las especies objetivo del estudio, es a lo que comúnmente se le llama monitoreo (Boitani *et al.*, 2012b). Un programa de monitoreo busca conocer el estado de estos parámetros, detectar y evaluar cambios temporales en estos parámetros, y diseñar de estrategias de manejo (Gibbs, 2000).

Por lo general los programas de monitoreo buscan conocer cambios en la abundancia, sin embargo, existen también otros parámetros poblacionales que se pueden evaluar, como la tasa de sobrevivencia, mortalidad, incidencia de enfermedades, entre otros. Lo que sí tiene en común cualquier programa de monitoreo es que presentan campañas de muestreo distribuidas de manera sistemática a lo largo del tiempo, a través de lo cual se podrán realizar comparaciones acerca de los

cambios observados en el parámetro poblacional que se desea monitorear en el tiempo y espacio.

Un aspecto relevante al momento de diseñar y ejecutar un programa de monitoreo es tener claro cuál será su objetivo. Un objetivo claro permitirá definir qué parámetro poblacional se va a medir y cómo se va a medir. Muchas veces ocurre que programas sin un objetivo claro se traducen en diseños de muestreo inadecuados, lo que puede afectar posteriormente la toma de decisiones y redundar en un potencial impacto sobre las poblaciones que se están estudiando. Detrás de un programa de monitoreo hay gran esfuerzo, y su éxito dependerá del objetivo planteado. Por lo mismo, se recomienda destinar el tiempo suficiente para definir, previo a la ejecución de cualquier programa, cuál será el objetivo que queremos abordar y de qué manera la información será utilizada para dar cumplimiento al mismo.

El programa de monitoreo debiera además ser factible de llevar a cabo considerando los recursos monetarios y humanos disponibles. El establecimiento de objetivos inalcanzables o el diseño de un monitoreo logísticamente complicado puede llevar a que el programa de monitoreo fracase. Mientras más simple sea el indicador más fácil será sostenerlo en el tiempo y evaluarlo, siendo muy importante destacar que una vez iniciado el proceso no debiera detenerse ni modificarse, aunque los resultados no sean favorables a primera vista.

Otro aspecto relevante que destacar es su seguimiento. Ya que todo programa de monitoreo busca conocer cambios en el tiempo, el objeto que se está midiendo debe ser comparable año tras año. Como se mencionó anteriormente, el diseño del muestreo debiera incluir muestreos sucesivos, que serán comparados entre períodos, por lo cual la metodología no debe ser modificada una vez establecida. En este sentido, la preparación previa del estudio y del diseño de muestreo, como veremos más adelante, no es trivial y debe ser elaborada minuciosa y rigurosamente.

3.2. DISEÑO DE MUESTREO

Para el desarrollo de un programa de monitoreo exitoso es necesario un cuidadoso diseño de muestreo y un análisis estadístico riguroso de los resultados, para asegurar conclusiones e inferencias robustas (Boitani *et al.*, 2012b). Es importante señalar que las opciones para un diseño muestral son prácticamente infinitas, y deberán ajustarse a la ecología y biología de la o las especies que se requieran monitorear. Es difícil realizar generalizaciones, y por lo mismo en las siguientes secciones se busca entregar a modo de referencia y sugerencia algunos conceptos y pasos esenciales para el desarrollo de un correcto programa de monitoreo. Entre las consideraciones que se deben tener en cuenta, de acuerdo al objetivo que se quiere lograr, están las características de historia de vida de la o las especies de interés, las

EJEMPLO DE PLAN DE MONITOREO Y AMENAZAS / PARQUE NACIONAL LA CAMPANA.

A continuación, se presenta un ejemplo de un Plan de Monitoreo realizado por CONAF para el Parque Nacional La Campana, realizado mediante la metodología de Estándares Abiertos, en la cual se definen indicadores en base a objetos de conservación y sus amenazas. En este caso, se busca monitorear presencias y pseudo-ausencias, patrones horarios de actividad, y eventualmente abundancias entre otros, tanto de las especies contenidas en los objetivos de conservación, así como de las especies identificadas como amenazas a dichos objetivos. En las siguientes tablas se muestran los resultados de datos obtenidos mediante trampas-cámara para la evaluación de indicadores que se utilizaron para evaluar el estado del objeto de conservación referente a los carnívoros nativos que habitan los Parques Nacionales del SNASPE y las amenazas a su conservación.

Los resultados de este monitoreo de carnívoros nativos y exóticos, así como ganado doméstico en las áreas protegidas del SNASPE actúan como insumo para definir la estrategia de conservación de los objetos de conservación definidos para cada área protegida, trabajando sobre actividades que busquen mitigar las amenazas, como se indica en la Recuadro 2 de la página 26.

PLAN DE MONITOREO Y AMENAZAS DEL PARQUE NACIONAL LA CAMPANA.

OBJETOS DE CONSERVACIÓN BIOLÓGICO	OBJETIVO	INDICADOR	2017	2018	2019	2020
CARNÍVOROS	Al año 2027, el porcentaje (%) de ocupación de sitios por especie de carnívoro no disminuirá en más de un 10% respecto a lo registrado en el monitoreo del año 2017.	Porcentaje (%) de ocupación de sitios por especie. (n° TC con registro/ n° total de TC instaladas)*100	Zorro Culpeo = 89.8% Zorro Chilla = 8.5% Gato Colocolo = 3.4% Quique = 1.7%	Zorro Culpeo = 94.9% Zorro Chilla = 5.1% Gato Colocolo = 10.2% Quique = 0%	Zorro Culpeo = 94.9% Zorro Chilla = 10.2% Gato Colocolo = 5.1% Gato Güiña = 5.1%	Zorro Culpeo = 73.3% Zorro Chilla = 3.3% Gato Colocolo = 1.7% Gato Güiña = 1.7% Quique = 0%
AMENAZAS	OBJETIVO	INDICADOR	2017	2018	2019	2020
GANADO DOMÉSTICO	Al año 2022, el porcentaje de ocupación de sitios por parte de ganado domestico al interior del Parque disminuirá en un 90% en relación a lo registrado el 201.	Porcentaje (%) de ocupación de sitios por especie. (n° TC con registro/ n° total de TC instaladas)*100	Caballos = 11.9% Vacas = 57.3%	Caballos = 3.4% Vacas = 52.5%	Caballos = 10.2% Vacas = 54.2%	Caballos = 6.7% Vacas = 23.3%
PRESENCIA DE PERROS Y GATOS	Al año 2022, el porcentaje de ocupación de sitios por parte de perros y gatos al interior del Parque se reducirá en al menos un 90% respecto a lo registrado el año 2017.	Porcentaje (%) de ocupación de sitios por especie. (n° TC con registro/ n° total de TC instaladas)*100	Perros = 10.2% Gatos = 1.7%	Perros = 16.9% Gatos = 5.1%	Perros = 28.8% Gatos = 5.1%	Perros = 16.7% Gatos = 3.3%

condiciones particulares del área de estudio, y la logística y recursos disponibles.

El primer paso antes de instalar trampas cámara en el campo, es determinar el objetivo de nuestro estudio, y la pregunta de investigación, ya que este definirá el diseño que deberá seguir el monitoreo. Por ejemplo, en estudios de estimación de parámetros poblacionales (abundancia, densidad) se requiere realizar recapturas de los individuos, y que a su vez las estaciones de muestreo sean independientes entre sí. Para esto las cámaras deberán ser instaladas a una distancia tal, que permita cumplir, entre otros, con el supuesto de independencia de los registros, como veremos más adelante. Existen otros diseños que necesitan que se muestreen de manera proporcional todos los ambientes presentes en el área de estudio, por lo que en estos casos el diseño del muestreo deberá enfocarse en tener muestras representativas de toda la variabilidad ambiental del área a prospectar (O'Connell *et al.*, 2011). Es importante destacar que no existe un diseño de muestreo ideal, sobre todo para el estudio de carnívoros. Un método que resulta útil para una especie en una localidad puede que no lo sea en un área diferente o para otra especie, principalmente a la heterogeneidad en los atributos autoecológicos y sinecológicos de las mismas.

Por otra parte, la cantidad de factores que inciden en la implemen-

tación de un programa de monitoreo a escala local son variados, por lo que muchas veces será necesario adecuar el programa de acuerdo a las necesidades y realidades locales. Es por esta razón que la planificación previa de cualquier monitoreo lleva tiempo, y debe tomar en cuenta todos los factores antes de salir a terreno a instalar las cámaras.

La **Figura 8** (ver pág. 28) muestra las principales etapas de un programa de monitoreo y los factores a considerar en cada una de ellas.

Al momento de diseñar un programa de monitoreo es importante considerar la variabilidad estacional. Un monitoreo realizado sólo durante una estación del año puede arrojar resultados poco representativos de la realidad local (Kays *et al.*, 2020). Por lo mismo, en monitoreos sucesivos se debe tomar en cuenta que éstos debieran realizarse durante la misma estación del año, ya que en caso contrario los datos no podrán ser comparables año tras año. Esto es especialmente relevante para especies que muestran variaciones estacionales, como movimientos altitudinales, períodos de hibernación o cambios conductuales a lo largo del año.

La realización de un estudio piloto previo a la implementación del programa de monitoreo es sumamente relevante, ya que permitirá, entre otras cosas:

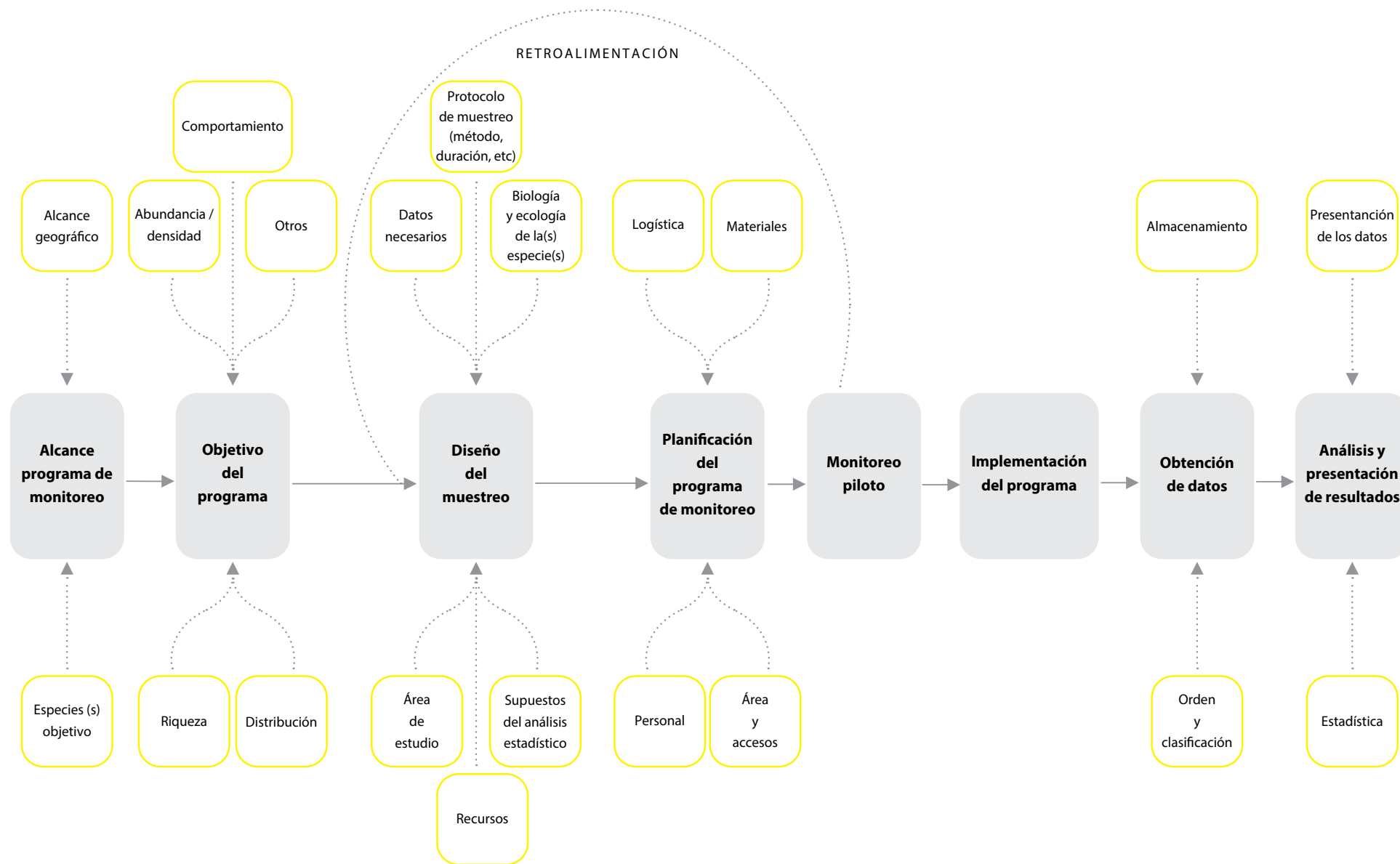


FIGURA 8: Etapas de un programa de monitoreo.

- Familiarizarse con el equipo que se estará utilizando (sensibilidad del sensor, duración de baterías, facilidad para identificar individuos, etc.) y de esta manera minimizar la probabilidad de errores que puedan resultar en pérdida de datos en la mitad del programa de monitoreo.
- Comprobar accesos dentro del área de estudio, y determinar si el diseño escogido es el apropiado para los objetivos trazados.
- Conocer unas primeras estimaciones de tasas de captura, realistas para el área de estudio, lo que ayudará a realizar ajustes a la metodología de muestreo en terreno.
- Establecer protocolos logísticos para el desarrollo del monitoreo (cuántas cámaras se instalan/revisan por día de trabajo, si los tiempos de monitoreo son los adecuados, verificar cada cuánto tiempo se realizarán movimientos de las cámaras si así se requiere, etc).
- Asegurarse que el personal que llevará a cabo el monitoreo se encuentre adecuadamente entrenado para la tarea.
- Buscar apoyo local y acuerdos con comunidades locales que puedan minimizar el posible daño y robo de equipo en terreno.
- Finalmente, pero no menos importante, permitirá ajustar la pregunta de investigación que será el hilo conductor del monitoreo, a las condiciones locales, limitaciones logísticas y factibilidad de muestreo.

Este estudio piloto no es necesario realizarlo en la totalidad del área de estudio, ni utilizar todo el equipo disponible, ya que sólo representa un ensayo general. El piloto puede durar entre 2 y 4 semanas,

idealmente utilizando 20 estaciones de muestreo (o menos en caso de monitoreos que cuentan con un número reducido de cámaras), un número suficiente para poder conocer los principales aspectos y limitantes del programa de monitoreo, y de esta manera asegurar que se será eficiente con el tiempo, esfuerzo y recursos al momento de despliegue el estudio formal (Jackson *et al.*, 2005).

El diseño de muestreo se refiere a la manera en que se distribuirán espacialmente las estaciones de muestreo dentro del área de estudio y la cantidad de estaciones a instalar. Abordar correctamente el diseño de muestreo forma parte fundamental del programa de monitoreo y dependerá de los objetivos de nuestro estudio. El muestreo, como su nombre lo indica, busca ser una muestra que debiera ser representativa del área de estudio, ya que las inferencias que se realizarán con estos datos se harán sobre la totalidad de la misma (Boitani *et al.*, 2012b). Si el monitoreo tiene un objetivo cuantitativo (que busca cuantificar la abundancia o riqueza de especies), y las unidades de muestreo se encuentran ubicadas de manera no probabilística, como por ejemplo cercano a caminos y senderos, estas muestras no serán representativas del área de estudio; y por lo tanto las inferencias que se tomen a partir de estos datos se encontrarán sesgadas por el diseño de muestreo. Sin embargo, si el objetivo del estudio es cualitativo (como por ejemplo estudiar el comportamiento de la especie de interés) un muestreo dirigido hacia los lugares de interés resulta una buena elección (Boitani *et al.*, 2012b).

Los carnívoros son especies que por lo general se encuentran en bajas densidades, presentan una baja probabilidad de detección y cuya distribución espacial no es al azar (Thompson, 2004). Por esta razón, para especies cuya distribución es agregada y que además presentan hábitos crípticos, un muestreo totalmente aleatorio (al azar o sistemático) muchas veces no tendrá el resultado esperado ya que arrojará tasas muy bajas de captura, inapropiadas para el cálculo de parámetros poblacionales. Para estos casos, se sugiere que las cámaras se instalen de manera que aumenten la probabilidad de captura de los animales, asegurando que están cubriendo la totalidad del área de estudio (Noss *et al.*, 2013), y evitando dependencia de los datos entre puntos de muestreo (Recuadro 5, pág 41). En este sentido, se recomienda un diseño de muestreo adaptativo o estratificado, más eficientes en la obtención de datos (McDonald, 2004; Boitani *et al.*, 2012b). De esta manera, con el propósito de aumentar la probabilidad de detección de la(s) especie(s) objetivo, el esfuerzo de muestreo se distribuye dentro el área de estudio de manera tal, que un menor esfuerzo sea destinado a áreas donde se espera una menor densidad o probabilidad de detección de la especie objetivo (McDonald, 2004). En este sentido, y en especial para especies que son especialistas de hábitat, se sugiere como una aproximación costo/eficiente para su monitoreo, la estratificación del área de estudio en distintos tipos de hábitats, para luego diseñar un muestreo diferencial, con una mayor intensidad de muestreo en aquellos hábitats identificados como óptimos para la especie objetivo (McDonald, 2004).

Una vez diseñada la disposición de las cámaras en el área de estudio, con el apoyo de material cartográfico se identificarán las coordenadas potenciales para los sitios de muestreo, las que luego deberán ser visitadas en terreno y ajustadas seleccionando la mejor localización posible teniendo en cuenta la biología y ecología de la especie(s) de estudio (Noss *et al.*, 2013). El establecimiento de un radio de búsqueda alrededor de la coordenada es útil para seleccionar el mejor sitio de muestreo que maximice la probabilidad de captura (sitios de paso, con presencia de signos o marcas, senderos, etc.), pero siempre teniendo en cuenta que esta debiese ser instalada lo más cercana posible a la coordenada y no violar los supuestos del modelo que se vaya a utilizar, como se indica más adelante.

4. INSTALACIÓN EN TERRENO

4.1. ESTACIÓN DE MUESTREO

Al desarrollar un monitoreo, las unidades en las que se realizará la medición del parámetro que se va a estudiar se denominan “estaciones de muestreo”. Un estudio o monitoreo por lo general incluye varias estaciones de muestreo, las que en su conjunto idealmente debieran comprender una muestra representativa de la población que

se va a estudiar o monitorear. En el caso de un estudio o programa de monitoreo de carnívoros mediante trampas cámara, las estaciones de muestreo corresponden a los sitios en los que se instalará la o las cámaras. Cuando el objetivo del estudio es el de identificar las capturas a nivel de individuo, por lo general la estación de muestreo se encuentra conformada por dos cámaras enfrentadas, que tienen como función fotografiar ambos flancos del animal. De esta manera se obtiene una mayor información de los patrones de manchas en su pelaje, así como también cicatrices u otras marcas características que permiten diferenciar entre individuos.

El cebo se utiliza para aumentar la probabilidad de detectar al animal, existiendo una amplia variedad, incluyendo animales muertos, alimento y atrayentes olfativos (Figura 9). Su uso ha generado controversias en cuanto al efecto que tendría en la estimación de parámetros poblacionales (Recuadro 3, pág 32), por lo que su uso queda a consideración de quien diseñe el estudio, y del objetivo del mismo. Por ejemplo, cuando el objetivo del estudio es el de conocer la presencia de una especie en particular, es recomendable su uso para aumentar la probabilidad de detección de la misma (Harmsen *et al.*, 2010; Garrote *et al.*, 2012), y así disminuir las incertezas relacionadas con las ausencias. Por otra parte, si lo que se desea es evaluar el comportamiento del animal, como en una madriguera o en un sitio de alimentación, no se recomienda el uso de cebo, ya que podría alterar la conducta del animal.



FIGURA 9: Uso de cebo protegido para evitar su remoción y/o consumo. © CONAF Región de Los Ríos.

De todas formas, es importante recalcar que en caso de que la decisión sea la de utilizar cebos o atrayentes en el estudio, su uso debiera ser consistente en todas las estaciones de muestreo y en el tiempo, así como también entre áreas de estudio, de modo que los resultados puedan ser comparables entre sí.

USO DE CEBOS O ATRAYENTES EN ESTUDIOS DE MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE

El uso de cebos en estudios de monitoreo mediante trampas cámara se encuentra en constante discusión. El objetivo detrás de la decisión de utilizar este tipo de atrayentes es aumentar la probabilidad de detección de la especie que se desea monitorear. Muchas de las especies focales en estudios de trampas cámara son raras, elusivas y presentan grandes ámbitos de hogar, lo que sumado a la pequeña zona de detección que tienen las cámaras, se traduce en bajas detecciones (Holinda *et al.*, 2020). Como una manera de solucionar este problema es que algunos estudios incorporan el uso de atrayentes para así aumentar la probabilidad de detección. Estos pueden ser basados principalmente en alimento u olores.

Por lo general aquellos estudios que plantean que su uso no es recomendable, mencionan que los atrayentes pueden alterar los patrones de movimiento de los animales (Noyce *et al.*, 2001), pudiendo atraer individuos de sitios aledaños al área de estudio. Por otra parte, en el caso de estudios con más de una especie focal, el atrayente puede tener un efecto diferencial en la detectabilidad de la diversidad de especies que se desea estudiar (Holinda *et al.*, 2020), en especial cuando se estudian especies de distintos taxa, ya que por lo general estos atrayentes son diseñados para atraer a especies de un grupo en particular (generalmente carnívoros). Sin embargo, existen otras evidencias que demuestran que los atrayentes no tendrían tal efecto

o incluso tener un impacto positivo al aumentar la probabilidad de detección. En los Andes de la puna de Argentina encontraron que el uso de atrayentes olfativos no pareciera favorecer la detección de felinos menores como gato andino (*Leopardus jacobita*) y colocolo (*Leopardus colocolo*; Reppucci *et al.*, 2012). Otro estudio con lince ibérico (*Lynx pardinus*) determinó que el uso de estaciones sin atrayente llevó a una subestimación en el número de lince en comparación con las estaciones con atrayentes, llegando a la conclusión que el uso de atrayente incrementaba la eficiencia en las capturas mediante trampas cámara y en el posterior análisis mediante captura-recaptura (Garrote *et al.*, 2012). En otro estudio con leopardos (*Leopardus pardus*) el uso de atrayente aumentó la tasa de captura, siendo una metodología costo efectiva y sin afectar el ámbito de hogar ni el comportamiento espacial de los animales (Du Preez *et al.*, 2014). Por otra parte, en estudios de captura-recaptura, en donde se busca maximizar la probabilidad y frecuencia de captura de los individuos, su uso es recomendado ya que aumentaría la precisión del modelo (Karanth *et al.*, 2011). Por lo general para especies raras, que presentan una detectabilidad muy baja, se recomienda el uso de atrayentes o a través de un muestreo dirigido o adaptativo como una manera de aumentar su probabilidad de captura (Thompson, 2004, Specht *et al.*, 2017).

4.2. INSTALACIÓN EN TERRENO

Un aspecto relevante en cualquier monitoreo mediante trampas cámara es la instalación del equipo en terreno. Como se mencionó anteriormente, el lugar de instalación de las cámaras y diseño de muestreo va a depender del objetivo del estudio, de la especie de interés y de consideraciones logísticas del lugar de instalación. Antes de escoger los sitios definitivos, y sobre todo cuando se trata de un monitoreo a largo plazo, siempre es conveniente la realización de un estudio piloto, con el fin de chequear el comportamiento de las cámaras, conocer el área de muestreo, definir el o los sitios propicios para el muestreo final, entrenar al equipo humano que participará del estudio y conocer las tasas de captura preliminares de la especie que se desea monitorear (Jackson *et al.*, 2005; Wearn & Glover-Kaepfer, 2017).

El lugar específico de instalación de las cámaras es clave para un muestreo exitoso. Si bien el uso de cebo ayuda a la obtención de mejores registros (ver **Recuadro 3**, pág 32), su uso no garantiza el éxito del monitoreo. En el caso de trabajo con carnívoros, si el objetivo del estudio busca maximizar la probabilidad de captura, el sitio de instalación deberá estar ubicado en lugares con evidencias de su presencia (huellas, heces, madrigueras). La observación detenida del terreno nos permitirá también identificar senderos y pasos posibles a ser utilizados

por los animales que transitan por el lugar. Para esto la experiencia otorgada por el trabajo en terreno es un factor fundamental, siendo muy útil al momento de la revisión de las cámaras, el chequeo de las fotografías tomadas in situ, lo que nos permite conocer y evaluar el éxito de las cámaras e indagar acerca de los principales factores que aportaron en la obtención de los registros.

Otro aspecto relevante de la selección del sitio donde instalar las trampas cámara, es tener en cuenta que no queden demasiado visibles al ojo humano para evitar su hurto. Es por esto que, en el marco de un estudio a largo plazo, donde se espera que las cámaras permanezcan por varios años, se recomienda evitar la instalación de las cámaras en lugares de fácil acceso a personas y visibles desde lejos. Se recomienda también evitar senderos usados frecuentemente por excursionistas y arrieros. El uso de protecciones adicionales como cables o carcassas de seguridad también ayuda a evitar robos de las cámaras en terreno (ver **Recuadro 4**, pág 34).

Una vez seleccionado el sitio de instalación, hay varios aspectos a tener en cuenta con el fin de obtener buenos registros y que la cámara funcione correctamente. Por esto es necesario invertir una buena cantidad de tiempo en esta etapa, asegurando así que la cámara queda en la posición deseada, fija y con el encuadre adecuado.

EVITANDO ROBOS Y VANDALISMO

En programas de monitoreo que incluyen estaciones de muestreo cercanas a lugares donde hay movimiento humano, es común que ocurran robos o acciones de vandalismo hacia el equipo instalado, que más allá de implicar la pérdida del equipo, puede afectar los resultados del monitoreo, perdiendo datos relevantes y todo el esfuerzo detrás de la instalación de la cámara en terreno (Hossain *et al.*, 2016). Prácticamente en cualquier lugar en donde existe la probabilidad de presencia humana, existirá algún riesgo de robo, por lo que se deberán tomar algunas recomendaciones:

- En lugares aledaños a comunidades locales, es recomendable antes de implementar el programa de monitoreo, realizar reuniones para dar a conocer el proyecto a las comunidades, sus objetivos, la información que se recabará y rescatar sus impresiones. Involucrar directamente a algunos miembros a formar parte activa del monitoreo a través de la instalación y/o revisión de las cámaras siempre es valioso, así como también compartir los registros y principales resultados del estudio a través de reuniones periódicas. Esto ayudará a crear conciencia y que la comunidad tenga una actitud positiva hacia el estudio e incluso ayudando a evitar

robos y vandalismo por parte de personas ajenas a la comunidad.

- Siempre buscar sectores en donde la cámara pueda camuflarse y quedar fuera de la vista de personas que pudieran estar caminando cerca. Se pueden usar rocas, ramas u otro material disponible en terreno para ayudar a camuflar las cámaras, siempre teniendo en cuenta que el sensor PIR no quede obstaculizado por ningún elemento.

- En caso de ser posible, utilizar cables o cadenas para amarrar la cámara fuertemente a un poste o árbol (**Figura 10**). Es importante señalar que cualquiera sea el objeto al que se amarre la cámara, este debe mantenerse inmóvil, de lo contrario el sensor PIR percibirá el movimiento de la cámara y se activará. Una alternativa a lo anterior es el uso de carcasas metálicas, las cuales son generalmente vendidas por los mismos fabricantes de las cámaras, a la medida para los distintos modelos. Estas ofrecen una mayor protección que el uso de cables y cadenas. Sin embargo, hay casos en donde incluso talan los árboles para el robo de las cámaras, siendo en este caso inútil cualquier medida de protección.

- Para casos extremos y en donde el monitoreo se realizará a largo plazo, una combinación de una carcasa metálica adherida a un poste enterrado en el suelo con concreto entregará una mejor protección al equipo en terreno.



FIGURA 10: Imagen de trampa cámara aseguradas con cadenas.

A continuación, se indican algunos consejos a tener en cuenta al momento de instalar la cámara en la estación de muestreo:

- Llegar siempre en silencio al área donde se instalará o donde se encuentra instalada la cámara. Es importante que el sector esté lo menos perturbado posible.

- Se recomienda instalar la cámara perpendicular o en un ángulo de 45° respecto de la trayectoria esperada del animal (Figura 11a, ver pág 36), a una altura de entre 30 y 60 centímetros del suelo, dependiendo del animal que se pretenda registrar (Figura 11b, ver pág 37) y apuntando al horizonte. Si la cámara apunta hacia abajo, el área cubierta disminuye y es posible que las fotografías obtenidas sean sólo de las patas del animal. En el caso opuesto, si queda apuntando hacia el cielo, es posible que las patas del animal queden cortadas (Figura 12, ver pág 39). La cámara deberá ubicarse a una distancia no menor a 2 metros (idealmente 3 a 4) de la trayectoria esperada del animal, a manera de evitar cortar el cuerpo del animal o que las fotografías salgan movidas (Figura 11, ver pág 37).

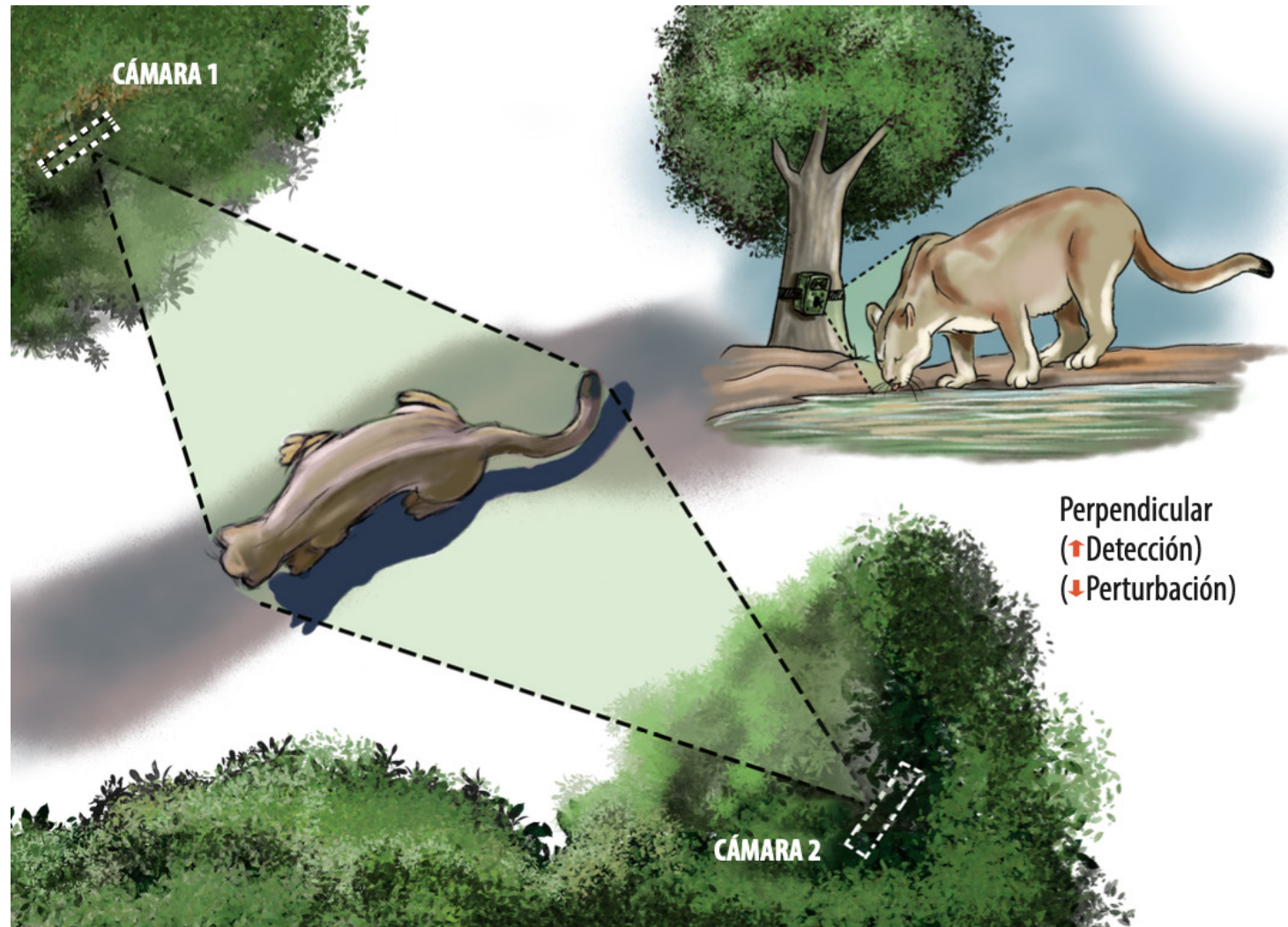
- En el caso de fotos nocturnas es común que cuando el animal pasa cerca las fotos salgan sobreexpuestas por el flash infrarrojo, dificultando su identificación (Figura 13, pág 42). Algunos modelos de

DIRECCIÓN

FIGURA 11:
Recomendaciones de instalación
de una estación de monitoreo
de trampa cámara.

A

Ángulo instalación trampa
cámara respecto de la trayectoria
de paso esperada del animal.



Perpendicular
(↑ Detección)
(↓ Perturbación)

ALTURA

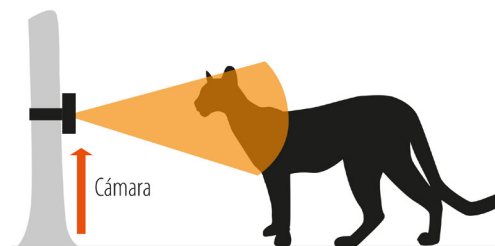
ALTURA

La altura de las cámaras trampa estará condicionada según el objeto a ser estudiado



OBJETIVO PEQUEÑO/MEDIANO

Si son especies como la vizcachá su altura debe ser de 30 cm



OBJETIVO MEDIANO/GRANDE

Si nuestra especie es un puma o guanaco, la cámara debe estar a una altura de 50-60 cm



FIGURA 11:

Recomendaciones de instalación de una estación de monitoreo de trampa cámara.

B

Altura de instalación trampa cámara respecto del tamaño de la especie objetivo.

OTRAS CONSIDERACIONES DE LOS SENSORES

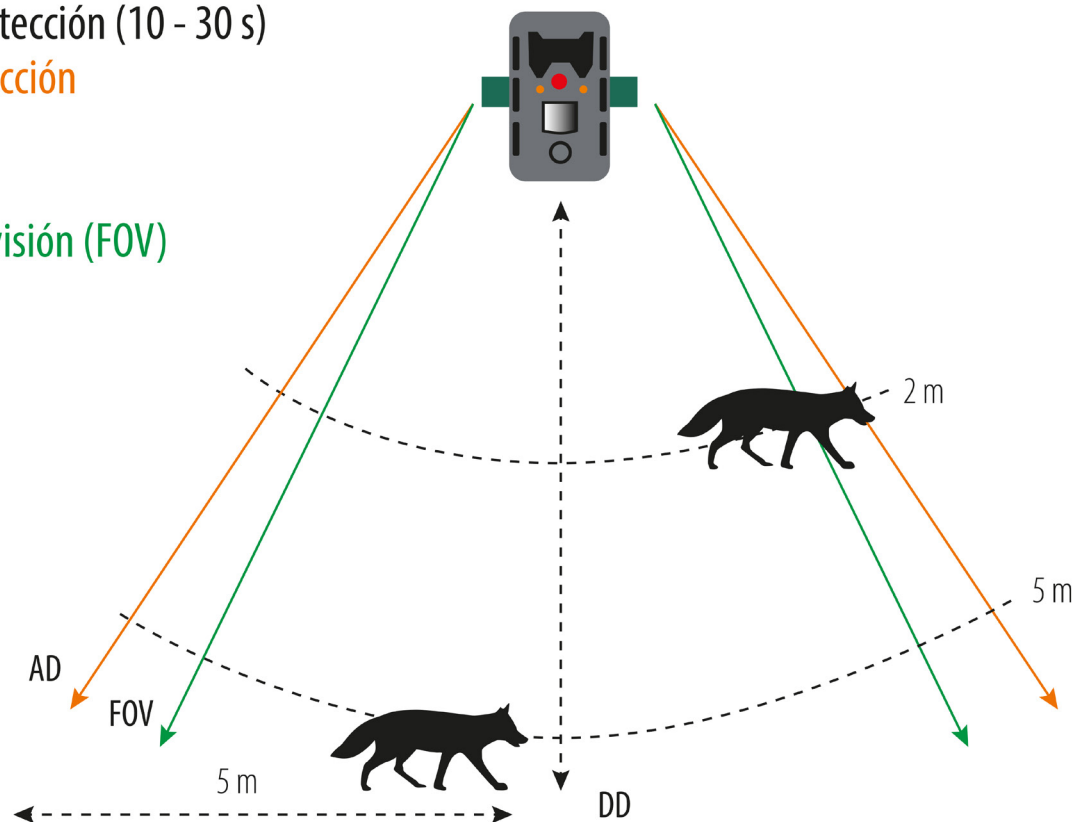
- Velocidad de disparo (0,1 - 4 s)
- Velocidad de recuperación (0,5 - 60 s)
- Distancia de detección (10 - 30 s)
- Ángulo de detección

Lente: **campo de visión (FOV)**

Wearn y Glover-Kapfer 2017

C

Otras consideraciones
para la instalación trampas
cámara respecto de la movilidad
de la especie objetivo.



Cruce 15 km/h disparo 1 seg



Stealth Cam 06/12/2009 01:12:26 ● 39F

FIGURA 12:
A) Cámara apuntando en ángulo incorrecto, no captura la totalidad del animal © Alianza Gato Andino.



FIGURA 12:
B) Cámara apuntando en ángulo
correcto, captura la totalidad del
animal © CONAF Región de Aysén.



CameraName

37 °F 2 °C

07-30-2017 17:53:35

ALGUNOS CONCEPTOS RELEVANTES EN EL DISEÑO DE MUESTREO

Estación de muestreo: Sitio donde se instalará la o las (en caso de ser estación de doble cámara) trampas cámara en terreno.

Estaciones de muestreo independientes: Quiere decir que el resultado de una estación de muestreo no está influenciado por el de otra estación cercana. Por ejemplo, si hay dos estaciones muy cercanas una de otra, de manera que si un animal pasa por una es muy probable que pase por la otra también, resultando que ambas estaciones no son independientes entre sí, por lo que habría que espaciarlas más.

Ventana de muestreo: Corresponde al tiempo durante el cual una estación de muestreo permanecerá activa tomando datos.

Población cerrada: Se asume que una población es cerrada durante un período de tiempo determinado cuando no ocurren nacimientos, muertes, inmigraciones ni emigraciones. A medida que aumentamos la ventana de muestreo (tiempo durante el que se realiza el muestreo), la probabilidad de que ocurran nacimientos, muertes, inmigraciones o emigraciones aumenta, afectando directamente a este supuesto.

Recaptura: Capturas fotográficas de un mismo individuo en distintas estaciones de muestreo o diferentes momentos en una misma

estación de muestreo.

Probabilidad de detección: Probabilidad de que el animal sea detectado por una estación de muestreo dado que éste se encuentra presente en el área. Este término se encuentra relacionado con lo que se le llama “falsa ausencia” (Boitani *et al.*, 2012b), muy común cuando se estudian carnívoros, en donde la no detección de una especie en una estación de muestreo no quiere decir que ésta realmente se encuentre ausente. La probabilidad de detección mide entonces la dificultad de detectar a las especies en un lugar determinado. Esta probabilidad varía no sólo según el ambiente muestreado, sino también según el tiempo que una cámara permanece activa en una estación de muestreo. A través del cálculo de la probabilidad de detección es posible corregir estadísticamente la detección imperfecta de las especies monitoreadas y así obtener estimaciones más robustas de variables como la abundancia, densidad u ocupación (MacKenzie *et al.*, 2006). La aproximación propuesta por MacKenzie *et al.*, (2006), en la que incluye los conceptos de detectabilidad y ocupación, y los factores que influyen en éstos, dio origen a los nuevos modelos de ocupación, que han ido ganando cada vez más espacio en estudios de parámetros poblacionales en fauna silvestre (O’Connell *et al.*, 2011, Meek *et al.*, 2014, Burton *et al.*, 2015, Specht *et al.*, 2017).

cámara permiten ajustar la intensidad del flash infrarrojo, encendiendo sólo algunos leds, evitando así que el flash sobreexponga las fotografías. Para el caso de modelos de cámaras que no permiten esta opción, se recomienda tapar algunos leds de las luces infrarrojas con cinta de ducto, de esta forma la emisión de luz hacia el individuo frente a la cámara es menor (Figura 14). En caso de utilizar cebo, colocarlo a una distancia no menor a 2 metros (idealmente 3 a 4) de la cámara.



FIGURA 13: Fotografía sobreexpuesta o “quemada” por las luces infrarrojas de la cámara. © Alianza Gato Andino.

- Cuando el objetivo del estudio requiera estaciones de muestreo de doble cámara, se recomienda que las cámaras se instalen formando un ángulo entre ellas que sea menor a 180° (Figura 11A y Figura 15B). De esta manera se obtienen fotografías de ambos flancos del animal, evitando a la vez que los flashes de las cámaras interfieran entre sí.



FIGURA 14: Ejemplo de leds tapados en la cámara con cinta adhesiva, evitando sobreexposición de fotografías © Nicolás Lagos.

- Al usar cebo olfativo, es común que este sea sustraído por animales. Por esta razón se recomienda amarrar el algodón embebido (o lo que contenga el cebo) a una roca. También es recomendable que éste quede tapado parcialmente, a manera de evitar que le llegue la luz solar directa y la lluvia.

- Luego de instalar la cámara, siempre debemos revisar que el encuadre sea correcto. Para esto es necesario contar con una cámara fotográfica o algún dispositivo que nos permita leer las tarjetas SD en teléfonos celulares y así comprobar que la cámara se encuentra correctamente orientada. Es importante señalar que no todas las cámaras fotográficas son capaces de leer los archivos guardados por las



FIGURA 15: A) Cámara en ángulo inadecuado para doble estación © CONAF Valparaíso. **B)** Cámara en ángulo adecuado, respecto de la trayectoria de tránsito del animal © GEF Montaña.



FIGURA 16: Cámara movida por un animal © Alianza Gato Andino.

cámaras, por lo que es recomendable hacer una prueba previa con el fin de corroborarlo. Para lograr el ángulo deseado y que el sensor esté apuntando correctamente, se recomienda hacer una prueba realizando un recorrido gateando, simulando la trayectoria del animal. Para confirmar si el área de detección es la correcta, poner el switch de la cámara en la posición SETUP y cerrar la cámara. Un led rojo (Figura 5, ver pág 16)



FIGURA 17: Ejemplo de cámara firmemente amarrada, para evitar que sea movida por animales o el viento © Nicolás Lagos.

se encenderá avisando que el sensor detectó el movimiento. Luego de esto, realizar la prueba del sensor a distintas distancias y hacia distintos ángulos alrededor de la cámara.

- La cámara puede ser movida por animales que transitan por el lugar e incluso por el viento (Figura 16), cambiando su encuadre e incluso



FIGURA 18: Captura falsa por cámara apuntando hacia el este u oeste activada por el sol.
© Jim Sanderson.

ocasionando capturas falsas. Por esta razón la cámara debe quedar bien firme en el lugar donde será instalada, ya sea una roca, tronco, estaca, etc. (Figura 17, ver pág 44). La cámara nunca debe quedar sujeta a un elemento que tenga algún tipo de movimiento, como la rama de un árbol. También debemos preocuparnos de las condiciones climáticas potenciales del sector, evitando dejar las cámaras en lechos de ríos,

sectores donde se pueda acumular mucha nieve o en lugares donde pueda caerse fácilmente.

- En ocasiones el sensor de la cámara se activa al estar apuntando directo al Sol, especialmente al amanecer y atardecer (Figura 18). Por esta razón es preferible dejar la cámara apuntando hacia un lugar en donde el Sol no le llegue de manera directa al amanecer o atardecer (dirección sur-norte o norte-sur), o apuntando a una pared o roca que tape la luz del Sol cuando éste se encuentre en el horizonte.

- Al realizar un monitoreo a largo plazo, es posible que al momento de instalar la cámara ésta funcione correctamente, sin embargo, meses después la cámara obtenga muchas “capturas falsas”; por ejemplo, por ramas o pastos que han crecido y que con el viento se mueven enfrente del sensor, activándolo (Figura 19A, ver pág 46). Por esto es necesario, al momento de visitar la cámara, siempre revisar las fotos que tomó y chequear que esté funcionando correctamente. Tras esta evaluación se debe considerar cambiarla o no de lugar o dirección. También se puede colocar piedras pesadas sobre los pastos a modo de evitar su crecimiento en dirección hacia el encuadre de la cámara (Figura 19B, ver pág 46).

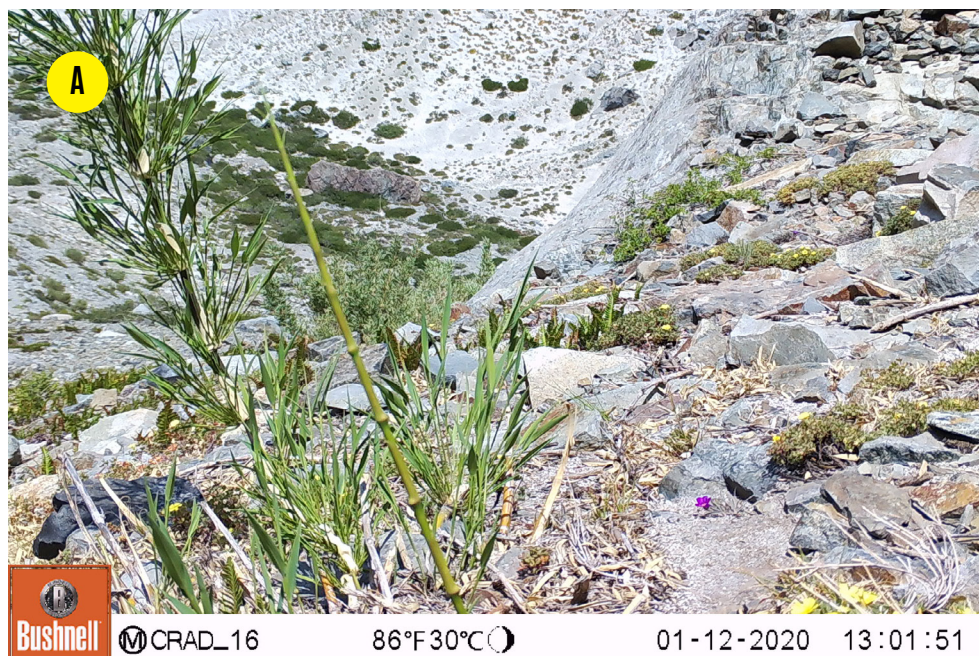


FIGURA 19:

A) Captura falsa por vegetación movida por el viento ©CONAF Región del Maule o
B) Ejemplo de como colocar peso sobre vegetación para evitar capturas falsas © GEF Montaña.

- Es importante rotular a las cámaras y la tarjeta SD (especialmente al momento de realizar los cambios de tarjeta), con el fin de evitar que haya una confusión luego al momento de chequear las fotografías.

- Mantener un registro ordenado de la fecha en que se realizó el chequeo, el número de fotos tomada por la cámara, estado de las baterías y cualquier observación importante acerca del funcionamiento es relevante para mantener un control de cada cámara, en especial

cuando el monitoreo involucra una gran cantidad de equipos.

- Es útil antes de dejar el sitio, permitir que la cámara tome una foto, a manera de registrar la fecha y hora en que la cámara fue instalada. Esta información también debiera ser anotada en una libreta (Tabla 3, ver pág 47). En el Anexo 1 (ver pág 78) se muestra una propuesta de ficha de instalación para utilizar a modo de referencia.

TABLA 3. LISTADO DE ANOTACIONES PARA LLENAR EN LIBRETA AL INSTALAR Y REVISAR LAS CÁMARAS

INSTALACIÓN		REVISIÓN	
Nombre de quien hizo la instalación		Nombre de quien revisa	
ID cámara		Fecha/hora de revisión	
ID Estación de muestreo		Cantidad de fotos tomadas	
Marca/modelo		Nivel de carga de batería	
Sector/localidad		Estado de funcionamiento de la cámara	
Coordenadas UTM		Cambio de tarjeta	
Altitud		Cambio de batería	
Fecha/hora de instalación		Cambio de cebo	
Tamaño tarjeta		Cambio en orientación de la cámara	
Número baterías		Cambio en configuración de la cámara	
Cebo utilizado		Observaciones adicionales	
Evidencia en el lugar (huellas, heces, lugar de paso, etc)			
Configuración de la cámara			
Observaciones adicionales			

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN TERRENO

El trabajo con carnívoros implica la necesidad de trabajar en áreas extensas, muchas veces bajo condiciones climáticas extremas y terrenos de geomorfología peligrosa (pendientes pronunciadas, acarreos), por lo que se recomienda tomar las medidas necesarias para minimizar el riesgo antes de realizar la primera visita a terreno. Una planificación previa debiera considerar no sólo aspectos logísticos relacionados con el muestreo en sí, sino también con la seguridad del personal que estará en terreno. Debido a que los sectores donde se instalan las cámaras por lo general corresponden a áreas aisladas, se debe ir siempre acompañado y mantener una comunicación constante y fluida con la coordinación del proyecto, ya sea mediante radios, teléfonos celulares o teléfonos satelitales. También es importante contar con un seguro de salud de accidentes personales que cubra cualquier eventualidad que pueda ocurrir estando en terreno.

No hay que olvidar que se debe contar con todos los elementos de protección personal que nunca deberían faltar:

- Protector solar con factor de protección +50
- Gorro con protección para el cuello
- Lentes de Sol con filtro UV
- Ropa que cubra piernas y brazos. Se recomienda el uso de ropa técnica de trabajo, en especial cuando se trata de lugares con condiciones climáticas extremas
- Botas de montaña semirrígidas y con caña alta
- Suficiente agua (dos litros por día) y alimentación para el día de trabajo
- Bastones de trekking
- Guantes de trabajo
- En lugares donde hay peligro de caída de rocas usar casco
- Alcohol en gel
- Linterna frontal, en caso de retrasos en el desarrollo de la expedición
- Comida energética y suficiente

4.3. PROGRAMACIÓN DE LA CÁMARA

Actualmente, las cámaras más utilizadas en programas de monitoreo, principalmente por su relación precio/calidad son las Bushnell modelo Trophy Cam. Si bien el presente manual se centra en la programación para este modelo en específico, la forma de programar cámaras de distintos modelos y marcas es similar. Para esto es importante tener un conocimiento básico de los distintos parámetros posibles de ajustar. La **Figura 20** muestra el interior de una trampa cámara Bushnell modelo Trophy Cam. En la parte superior se encuentra la pantalla LCD, donde se visualizan los parámetros a programar. Bajo la pantalla se encuentran una serie de botones que permiten navegar por el menú de programación y ajustar la cámara de acuerdo con nuestras necesidades. De izquierda a derecha los botones son: ARRIBA, ABAJO, IZQUIERDA, DERECHA, OK y MENU. En la parte inferior se encuentra un switch con tres niveles: ON, SETUP y OFF.

Para programar la cámara lo primero que debemos hacer es comprobar que ésta cuenta con las baterías y tarjeta de memoria ya instaladas (**Figura 21**, ver **pág 50**). Estas deben ser instaladas con el switch en la posición OFF. Luego, pasaremos el switch a la posición SETUP, la que se utiliza para programar la cámara. Este modelo de cámara es capaz de funcionar con 4 u 8 baterías. En caso de utilizar sólo 4, estas

deben ser instaladas como se indica en la figura. Este modelo de cámara soporta tarjetas SD de un máximo de 32 GB, aunque hay modelos que permiten el uso de tarjetas con mayor capacidad. Cuando se utiliza la cámara en modo de video se recomienda el uso de tarjetas de alta velocidad (Clase IV o superior).



FIGURA 20:
Vista interior
de una trampa
cámara.
© Bushnell
Corporation

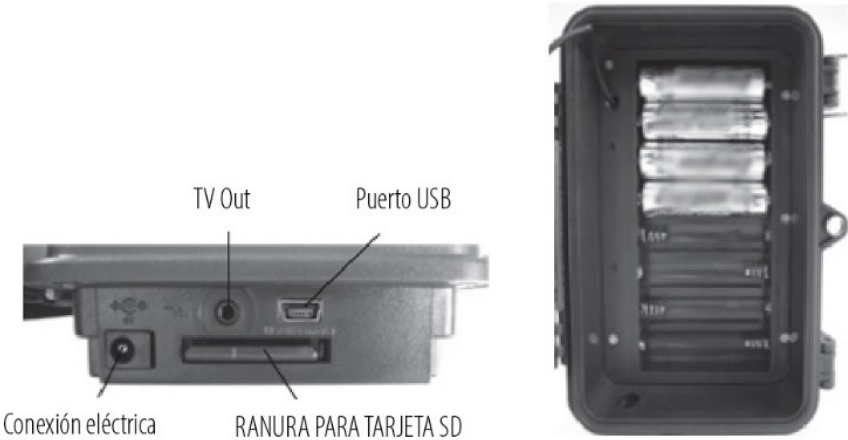


FIGURA 21: Ejemplo de ubicación de la tarjeta de memoria y baterías en la cámara.
© Bushnell Corporation.

Al entrar la cámara en modo SETUP, la pantalla LED se encenderá inmediatamente, indicando la programación actual de la cámara (Figura 22). En este modo será posible cambiar el tipo de registro (foto o video) la resolución de las fotografías o videos, configurar la

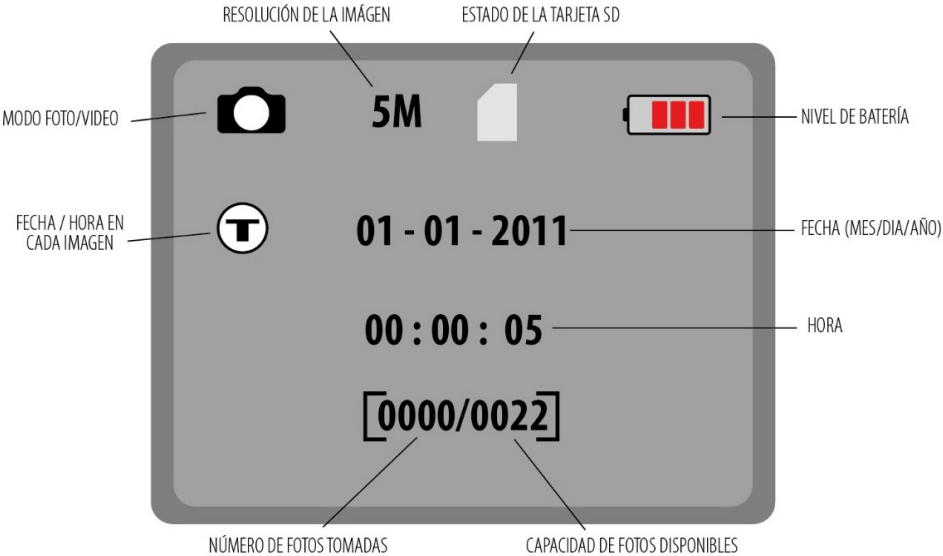


FIGURA 22: Información de la pantalla en modo SETUP © Bushnell Corporation.

fecha y hora, seleccionar el número de capturas fotográficas por evento, la duración del video, el intervalo entre eventos, la sensibilidad del sensor y formatear la tarjeta.

Para cambiar la configuración, se debe presionar el botón MENU. Al presionarlo, en la pantalla LED se indicarán los distintos parámetros a configurar. Al presionar los botones DERECHA o IZQUIERDA se puede navegar entre los distintos parámetros. Los botones ARRIBA y ABAJO son utilizados para cambiar la configuración de cada parámetro. Una vez seleccionada la configuración del parámetro, es necesario presionar el botón OK, para aceptar el cambio. Una vez se haya finalizado

la configuración de la cámara, se debe presionar el botón MENU para salir de la pantalla de configuración. La Tabla 4 (ver pág 52) muestra los distintos parámetros posibles de configurar en las trampas cámara Bushnell Trophy Cam y una descripción de cada uno de ellos. En resumen, para cambiar la configuración de la cámara se debe seguir el siguiente proceso:

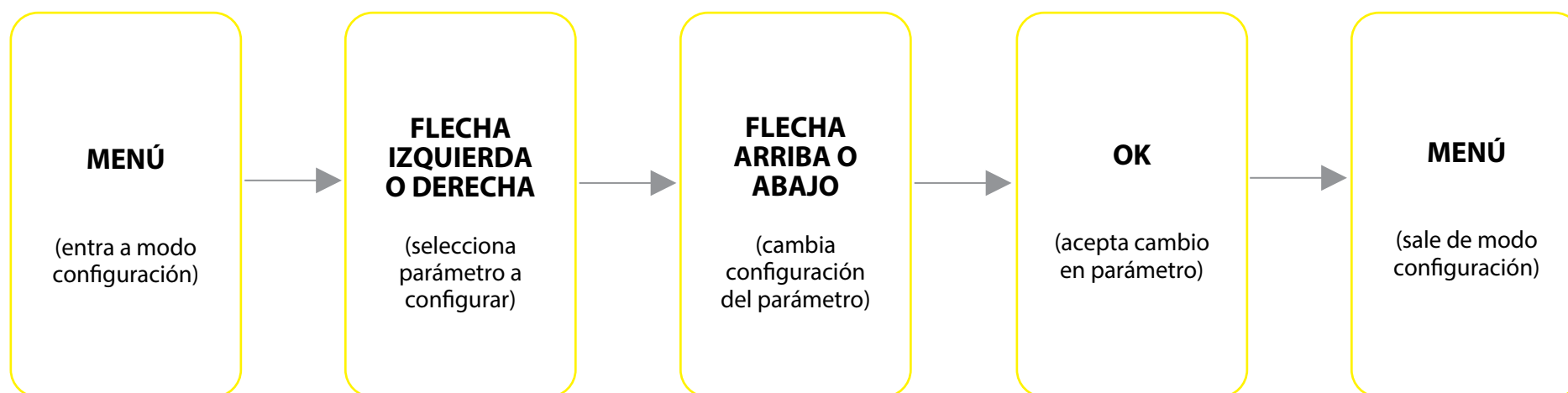


TABLA 4. PARÁMETROS PARA CONFIGURACIÓN DE CÁMARA BUSHNELL TROPHY CAM

PARÁMETRO	CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN
Modo (mode)	Camera o Video	Selecciona entre modo foto o video.
Tamaño imagen (image size) (sólo aplicable cuando se encuentra en modo foto)	3M Pixel, 5M Pixel, 8M Pixel, 16 M Pixel (varían dependiendo del modelo)	Selecciona la resolución de las fotos. Una mayor resolución implica mejor calidad de fotos, pero también fotografías de mayor tamaño y por lo tanto una mayor necesidad de almacenamiento en la tarjeta SD.
Número de capturas (capture number) (sólo aplicable cuando se encuentra en modo foto)	1 Photo, 2 Photo, 3 Photo	Selecciona el número de fotos que se obtienen por evento de captura (vez en que la cámara se activa por movimiento).
Tamaño video (video size) (sólo aplicable cuando se encuentra en modo video)	1280x720, 640x480, 320x240 (varían dependiendo del modelo)	Selecciona la resolución del video. Una mayor resolución implica videos de mejor calidad, pero también de mayor tamaño.
Duración video (video length) (sólo aplicable cuando se encuentra en modo video)	Rango entre 1 y 60 segundos	Selecciona la duración del video.
Intervalo (interval)	Rango entre 1 segundo y 60 minutos	Selecciona la cantidad de tiempo en que la cámara queda en modo de "espera" entre eventos de captura. Durante el intervalo de espera, el sensor de la cámara no la activará en caso de que algún elemento pase enfrente de ella. Si bien un mayor intervalo previene que la tarjeta se llene con demasiadas imágenes, es posible que algún registro importante no sea capturado debido a que la cámara se encuentra en modo de espera.
Sensibilidad Sensor (sensor level)	Auto, Low, Normal, High	Selecciona la sensibilidad del sensor. La posición "High" hará que el sensor sea más sensible al calor y se active con mayor facilidad ante el movimiento, mientras que la posición "Low" la hace menos sensible al calor y movimiento. Por lo general no se recomienda la posición "High" ni "Auto", ya que produce demasiadas capturas falsas.
Modo de la Cámara (camera mode)	24 hrs, Day, Night	Permite limitar la operación de la cámara sólo de día, sólo de noche o durante las 24 horas del día. El sensor de la cámara determina si es de día o noche de manera automática de acuerdo a la cantidad de luz que recibe.

PARÁMETRO	CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN
Formato (format)	Execute	Al presionar el botón OK, la cámara borra todas las imágenes guardadas en la tarjeta SD. Seleccionar NO para salir del menú sin formatear la tarjeta.
TV Out	NTSC, PAL	Selecciona el formato de video en caso de requerir conectar la cámara directo a un televisor. El formato utilizado en Chile es el NTSC.
Timbre de hora y fecha (time stamp)	On, Off	Selecciona "On" para que la fecha y hora quede impresa en cada foto capturada, y "Off" para que no quede impresa. Se recomienda siempre dejarla en la posición "On".
Fijar hora (set clock)	Set	Presionar OK y luego los botones ARRIBA/ABAJO para cambiar la configuración y los botones DERECHA/IZQUIERDA para mover entre los distintos campos para cambiar la hora y fecha.
Paneo de campo (field scan)	On, Off	Activa el modo "Time Lapse" de la cámara. Este modo permite que la cámara tome fotografías de manera constante en un intervalo de tiempo programable. Al presionar el botón OK en la posición "On" se accede al menú "Set Field Scan", que permite seleccionar los horarios en que deseamos que la cámara se encuentre funcionando cada día ("Start" y "Stop"). Presionar el botón DERECHA para navegar entre los campos y ARRIBA/ABAJO para modificarlos. Esto definirá entre que horarios deseamos que la cámara tome fotografías. Luego de configurar el campo "Stop" el menú pasa a la pantalla que permite configurar el intervalo de tiempo (qué tan seguido deseamos que la cámara tome una fotografía). Este se puede seleccionar para intervalos de entre 1 y 60 minutos.
Sonido video (video sound)	On, Off	Para los modelos que tienen micrófono incorporado, permite escoger si deseamos grabar sonido o no.
Default Set	Cancel, Execute	Al seleccionar "Execute" y presionar el botón OK la cámara vuelve a la configuración original de fábrica.
Versión (version)	n/a	Muestra la versión del firmware (controlador de los circuitos electrónicos) de la cámara

4.4. REVISIÓN DE LAS CÁMARAS EN TERRENO

Luego de instalar la cámara, lo ideal es realizar un primer chequeo en la primera semana, con el fin de corroborar su correcto funcionamiento y que no esté tomando capturas falsas. Luego, el período de revisión se puede extender a intervalos de 2 a 3 meses, e incluso más, dependiendo de la actividad que presente la cámara y duración de las baterías. En el Anexo 2 (ver pág 79) se muestra una ficha de referencia para la revisión de las estaciones de muestreo mediante trampas cámara.

A continuación, se repasa el listado de aspectos a tener en cuenta al momento de revisar las cámaras:

- Acercarse al lugar de manera silenciosa y pasar enfrente de la cámara para que tome una fotografía. Esto ayudará a saber si la cámara se encuentra funcionando correctamente al momento de su revisión.
- Observar si la cámara está apuntando correctamente o si ha sido movida.
- Abrir la cámara, dejarla en modo SETUP para chequear si se encuentra funcionando y llenar la ficha de revisión en la libreta (Tabla 3, ver pág 47).
- Fijarse que la fecha y hora mostrada en la cámara sea la correcta.
- Realizar el cambio de tarjeta y de baterías en caso de ser necesario. No olvidar rotular las tarjetas.
- Revisar las fotografías tomadas por la tarjeta SD en un dispositivo

móvil o cámara fotográfica. Comprobar si la cámara funcionó correctamente, si hubo algún cambio en el encuadre, etc.

- Reponer el cebo en caso de ser necesario.
- Activar la cámara y chequear que esté funcionando correctamente. Para esto, esperar unos segundos para que tome algunas fotos de prueba, luego desactivar la cámara, sacar la tarjeta SD y revisar las fotos tomadas.
- Activar la cámara, procurando que ésta tome una fotografía antes de dejar el lugar. Esta fotografía ayudará luego a reconocer fácilmente el momento exacto (fecha y hora) en que la cámara comienza a tomar registros.

5. TIPOS DE ESTUDIOS CON TRAMPAS CÁMARA

En este capítulo se presentarán los estudios más comunes que se pueden realizar mediante la metodología de trampas-cámara. Este no pretende ser un listado riguroso de la totalidad de las opciones disponibles en la literatura, sino mostrar aquellos más relevantes y utilizados como parte de programas de monitoreo de carnívoros. Si se desea ahondar más en los métodos presentados, así como también en otros tipos de estudios, se recomienda revisar la siguiente literatura:

- MacKenzie, D.I., J.D. Nichols, J.A. Royle, K.H. Pollock, L.L. Bailey & J.E. Hines. 2006. Occupancy estimation and modelling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press, New York. 344 pp.
- Meek, P., P. Fleming, G. Ballard, P. Banks, A. Claridge, J. Sanderson & D. Swann. 2014. Camera trapping: Wildlife Management and research. Csiro Publishing. 392 pp.
- O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses. Springer Japan. 271 pp.
- Rovero, F. & F. Zimmermann. 2016. Camera trapping for Wildlife Research. Pelagis Publishing. 320 pp.

5.1. PRESENCIA

Estos estudios buscan establecer la presencia de una especie dentro de un área en particular. Es importante señalar la diferencia entre determinar la presencia de una especie, y su ausencia. Mientras la confirmación de la presencia es fácil de obtener a través de un registro fotográfico, la no detección de una especie en una estación de muestreo no basta para confirmar que la especie se encuentra ausente (Jackson *et al.*, 2005). Esta “falsa ausencia” o también llamada pseudo-ausencia implica que, a pesar de que el animal se encuentre presente en los

alrededores de la estación de muestreo, la cámara no fue capaz de detectar al individuo. Esto puede deberse a que la cámara no se haya instalado en un lugar idóneo para realizar la captura de la especie, o a que el tiempo durante el que permaneció activa la cámara fue muy corto. Por lo general la probabilidad de obtener “falsas ausencias” es mayor en especies crípticas como los carnívoros. De esta manera, la ausencia real de una especie en un lugar es muy difícil de corroborar, lo cual se debe tener en cuenta al realizar este tipo de estudios. Como una manera de resolver este problema, y como se verá más adelante, se han desarrollado algunas metodologías de muestreo y estadísticas que buscan determinar la probabilidad de detección de las especies.

Como su nombre lo indica, en estos estudios sólo se busca conocer si una especie está presente en un área determinada, sin entrar en detalles acerca de parámetros poblacionales como la abundancia o densidad. En estos casos la recomendación es realizar un diseño de muestreo dirigido, con una mayor proporción de estaciones de muestreo en aquellos sitios donde haya una mayor probabilidad de presencia de la o las especies focales. No existe un número mínimo o máximo de estaciones de muestreo ni de tiempo de monitoreo, aunque por lo general su duración quedará sujeta al momento en que se obtengan los primeros registros de la especie, ya que los registros adicionales resultarían redundantes para el objetivo del estudio.

5.2. RIQUEZA DE ESPECIES

A partir de la información de la presencia de especies, se puede calcular la riqueza o el número de especies encontradas en un área determinada. Sin embargo, es importante destacar que muchas veces el cálculo de la riqueza de especies en un área determinada estará sesgado por la metodología *per se*; ya que, si bien las trampas cámara son capaces de registrar un amplio espectro de *taxa*, algunos son más aptos para registrar mediante este método que otros. Por ejemplo, el caso de reptiles o anfibios, especies que no son capaces de generar su propia temperatura corporal, cuando su temperatura es muy similar a la del ambiente circundante pasan desapercibidos por el sensor PIR (Wearn & Glober-Kaepfer, 2017). Por otra parte, en estos *taxa* y en ocasiones algunos roedores, al ser tan pequeños, muchas veces no son registrados por las cámaras ya que el sensor no alcanza a detectar su movimiento. Sin embargo, para el caso de carnívoros y otros mamíferos de tamaño mediano a grande, las trampas cámara han demostrado ser una metodología eficiente y de gran utilidad (Karanth & Nichols, 1998; Cutler & Swan, 1999; Jackson *et al.*, 2005; Rovero & Zimmerman, 2016).

Debemos tener en cuenta que la riqueza de especies, si bien es una medida simple de evaluar, le entrega el mismo peso a todas las especies, sin importar cuan abundantes son ni cuantos registros haya teni-

do en las distintas estaciones de muestreo (Wearn & Glober-Kaepfer, 2017). Por lo tanto, una especie rara que apareció sólo una vez en una estación por lo tanto tendrá el mismo peso que otra especie más común, con múltiples detecciones en distintas estaciones. En estos casos es recomendable la utilización de índices de diversidad de especies (i.e. Simpson) o alternativamente el uso de otras medidas como la abundancia o densidad (Recuadro 7, ver pág 59).

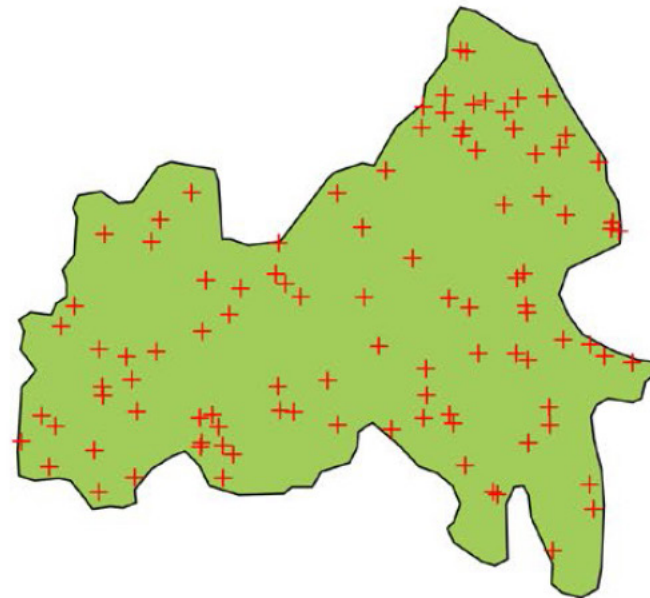
La confección de una curva de acumulación de especies es útil para el análisis de riqueza. Esta consiste en un gráfico en donde en el eje “y” se incluye el número de especies detectadas y en el eje “x” el número de días o unidades de esfuerzo. Esto se puede calcular para la totalidad del área de estudio o por estación de muestreo, aunque se sugiere hacerlo por estación y luego evaluar para la totalidad del área de estudio, ya que esto además permitirá evaluar la “calidad” del lugar elegido para instalar una estación de muestreo por ejemplo para monitoreos a largo plazo. Cuando la curva llega a una asíntota quiere decir que estamos llegando al límite de acumulación de especies, es decir que se ha registrado virtualmente la totalidad de especies en el área de estudio (Rovero *et al.*, 2014).

Debido a que los estudios de riqueza buscan el registro de varias especies, el diseño de muestreo deberá ajustarse de manera tal que permita capturar idealmente la mayor diversidad de especies posible.

En este sentido, un diseño de muestreo al azar o sistemático es el apropiado para el muestreo de un amplio rango de especies, ya que elimina sesgos hacia especies en particular (O'Brien *et al.*, 2011;

Figura 23). No existe un número mínimo para el número de estaciones de muestreo, pero idealmente deberían ser al menos 25-30.

Diseño al azar



Diseño sistemático

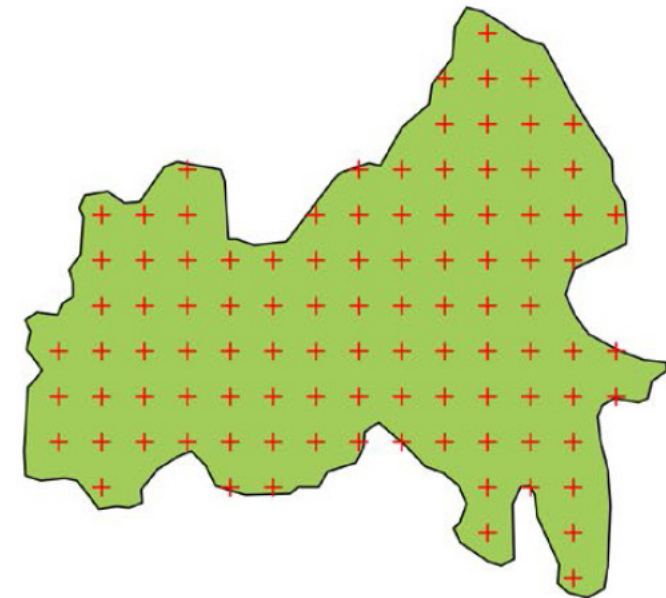


FIGURA 23:

Diseño de muestreo ideal para estudios de riqueza de especies: al azar y sistemático.

Modificado de Wearn & Glover-Kaepfer (2017).

5.3. DISTRIBUCIÓN

En los estudios de distribución se busca establecer o medir la extensión o cambio en la distribución de una especie en un área determinada, la que puede incluir la totalidad de su distribución conocida o una sección de ella (Jackson *et al.*, 2005). Por lo general estos corresponden a estudios a gran escala y buscan monitorear grandes cambios en la distribución de la especie de interés. En estos estudios se recomienda evitar instalar cámaras en donde ya existen registros previos de presencia de la especie, ya que se estarían colectando datos redundantes. Como en los estudios de presencia, el diseño en este tipo de estudios debiera ser dirigido hacia sectores en donde se maximice la probabilidad de captura de la especie de interés, en base al conocimiento previo de sus atributos auto- y sinecológicos. Si el objetivo incluye el conocer la distribución dentro de hábitats específicos, dentro del área de estudio, un muestreo estratificado incluyendo la diversidad de ambientes dentro del área sería el apropiado.

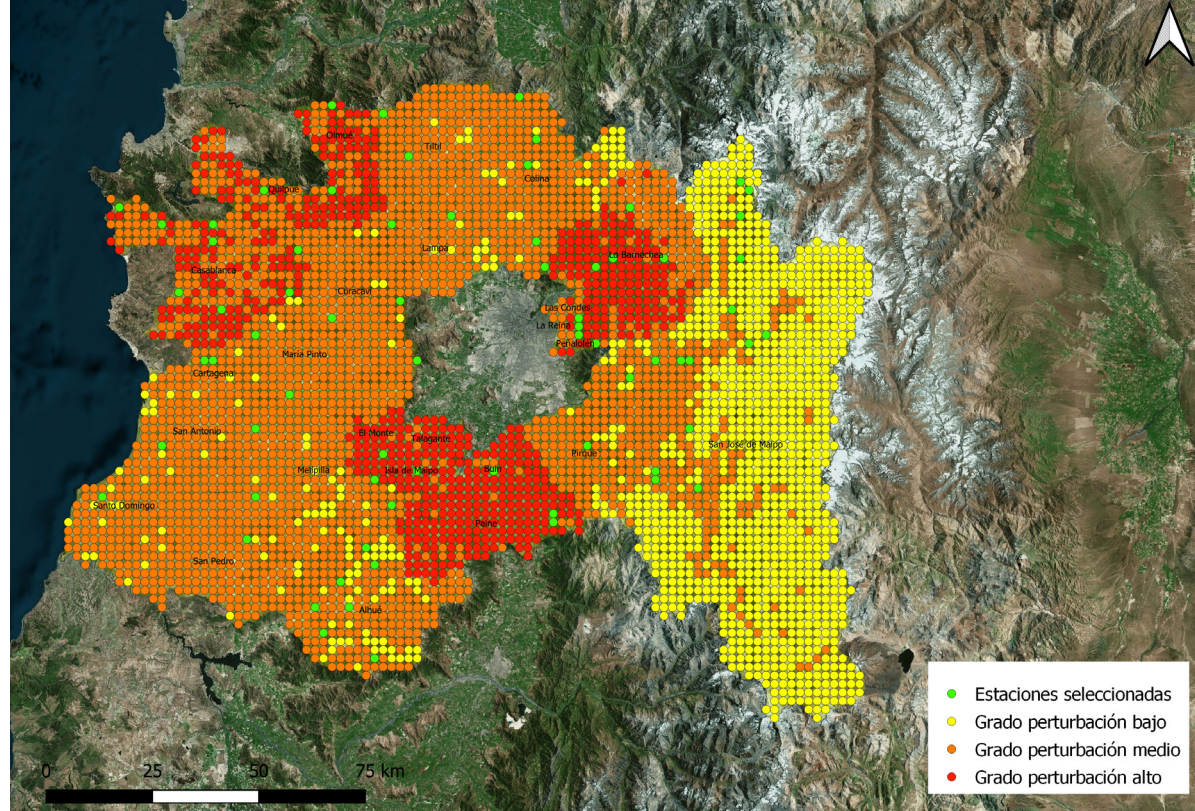


FIGURA 24: Muestreo mediante grillas para determinar la distribución de carnívoros nativos en el área del Proyecto GEF Montaña.

Cuando las áreas a monitorear son extensas, se recomienda subdividir el área de muestreo en una grilla con cuadrículas de tamaño regular, que idealmente no debieran ser mayores al ámbito de hogar mínimo conocido por literatura para la especie de interés (Jackson *et al.*, 2005). Debido a que muchas veces no se cuenta con equipo necesario para el muestreo de la totalidad de la grilla, se realiza una subselección al azar en función a la cantidad de cámaras con que se dispone (Figura 24). Luego, las estaciones son dispuestas en las cuadrículas seleccionadas mediante un muestreo dirigido, privilegiando áreas que presenten una mayor probabilidad de captura, considerando también aspectos logísticos como accesos, seguridad y topografía.

ALGUNOS ÍNDICES ÚTILES DE OBTENER A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DE LAS TRAMPAS CÁMARA

Esfuerzo de muestreo: Una manera de medir el trabajo detrás de un programa de monitoreo mediante trampas/cámara es a través del esfuerzo de muestreo. Este corresponde al total de noches que estuvieron activas las cámaras en el área de estudio y se expresa como trampas/noche. Si durante el monitoreo una cámara dejó de funcionar, se considerarán solo aquellos días en que estuvo activa. Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\sum_{(i=1)}^n = \text{Noches activas estación (i)}$$

Frecuencia relativa de fotografías: Es una manera de evaluar cual especie es más frecuente en relación a la totalidad de las especies detectadas en el área de estudio, medida a través de la cantidad de registros obtenidos en cada cámara. Este índice se utiliza comúnmente como índice de abundancia relativa, permitiendo realizar comparaciones entre especies, entre estaciones de muestreo y entre áreas de estudio. Es importante señalar que hay ocasiones en las que existen numerosos registros de un individuo en un período corto de tiempo, pudiendo obtener decenas de fotografías del mismo individuo en pocos minutos, lo cual no quiere decir que esa especie sea más frecuente. Es por ello que, para el análisis de estos datos, como regla general se consideran eventos independientes todos aquellos que se encuentran espaciados por un período mayor a 30 minutos entre ellos (Lucherini *et al.*, 2009). Es decir, si en 30 minutos se obtuvieron 20 registros de una misma especie, sólo se considerará como un único registro. El cálculo de la frecuencia relativa por especie se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de registros de la especie}}{\text{Número total de registros}} \times 100$$

Tasa de detección de especies: Corresponde al número de registros fotográficos de una especie por día de monitoreo y permite conocer la actividad de una especie. Este es un índice complementario al anterior y permite realizar comparaciones entre especies, así como también entre estaciones de muestreo y áreas de estudio. Al igual que en la frecuencia relativa, para el número de registros se consideran aquellos que son independientes, es decir, que se encuentran separados por un tiempo mayor a 30 minutos entre sí. Este índice, a diferencia del anterior, se encuentra estandarizado por el número de días que permaneció activa la o las estaciones de muestreo, y se le conoce también bajo el nombre de “éxito de captura”. La fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$\frac{\text{Número de registros de la especie}}{\text{Número de noches que la cámara estuvo activa}} \times 100$$

Ocupación de sitios: Mide el porcentaje de ocupación de la especie de interés en las distintas estaciones de muestreo dentro del área de estudio. Es importante destacar que este corresponde a un índice imperfecto de ocupación u ocupación simple, diferente a los modelos de ocupación, que son detallados más adelante en el presente manual. Para el cálculo de este índice se considerará ocupada una estación de muestreo, si tiene al menos un registro de la especie de interés, y sin importar el número de registros que tiene en la misma estación. La fórmula para este índice es la siguiente:

$$\frac{\text{Número de estaciones con registros de la especie}}{\text{Número total de estaciones de muestreo}} \times 100$$

5.4. ABUNDANCIA Y DENSIDAD

La abundancia corresponde al número de individuos de cada especie presentes en el área de estudio. La densidad por su parte, es la expresión de la abundancia por unidad de superficie (O'Brien, 2011), por lo general expresada en términos de individuos/ha o individuos/100 m². Este tipo de estudios se encuentran en el corazón de muchos programas de investigación y monitoreo, permitiendo evaluar tendencias en el tiempo, así como también comparar distintas áreas de estudio, y de esta manera entregando información clave para evaluar el estado de una población, en un lugar determinado y tomar futuras decisiones de manejo (Rowcliffe *et al.*, 2008; O'Connell *et al.*, 2017).

Sin embargo, este es un parámetro muy difícil de obtener, cualquiera sea el método a utilizar (Wearn & Gloor-Kaepfer, 2017). Si la abundancia poblacional se realiza mediante la metodología de captura-recaptura, es necesario identificar individualmente a cada una de las capturas registradas, lo que muchas veces es poco factible de obtener mediante la metodología de trampas cámara, especialmente para animales que no presentan patrones de manchas como pumas y zorros. En el caso de especies como jaguares, tigres, leopardos o en fauna presente en Chile como el gato andino, colocolo, güiña y de Geoffroy, (Figura 25, ver pág 61), es posible diferenciar entre individuos diferentes por sus patrones de manchas, que son únicos para cada individuo,

como una huella digital. Esta clasificación se realiza de manera manual a través de un panel de expertos que revisan y catalogan las fotografías de manera independiente (Kelly *et al.*, 2008; Karanth *et al.*, 2011; Maffei *et al.*, 2011), o también a través de softwares especializados que realizan esta tarea de manera automatizada, como HotSpotter y Wild-ID, entre otros. Sin embargo, los resultados obtenidos por estos métodos aún no resultan confiables, por lo que se recomienda siempre complementarlos con una confirmación manual mediante opinión experta (Nipko *et al.*, 2020), y aún así la opinión experta no está exenta de errores en la identificación individual, lo que puede llevar a sobreestimaciones o subestimaciones de tamaños poblacionales. Por esta razón se recomienda ser cuidadosos al trabajar con este tipo de datos (Johansson *et al.*, 2020).

Para especies sin patrones de manchas, como el caso del puma o zorros, se ha comprobado que el uso de marcas individuales como cicatrices, cortes en las orejas, patrones de coloración y morfología pueden entregar información útil para la identificación individual de las capturas y la obtención de estimaciones de densidad robustas (Kelly *et al.*, 2008). También existen alternativas de estimación de densidad sin necesidad de realizar una identificación individual (Rowcliffe *et al.*, 2008), una alternativa útil también para evitar los errores asociados a una identificación individual deficiente, como se menciona en el párrafo anterior. Para aquellos estudios donde se requiere realizar una



FIGURA 25: Identificación individual de gato de Geoffroy (*Leopardus geoffroyi*) en dos estaciones de muestreo diferentes mediante su patrón de manchas.
© Conservación Cerro Guido

identificación individual a partir de las capturas, se recomienda el uso de estaciones de muestreo con doble cámara enfrentadas (Figura 11A, ver pág 36), que permiten la toma de fotografías de ambos flancos del animal, facilitando así la identificación individual mediante cicatrices, patrones de coloración, morfología y otros caracteres individuales (Karanth & Nichols, 1998; Jackson *et al.*, 2006; O'Connell *et al.*, 2011).

Comúnmente, la abundancia y densidad poblacional son calculadas por medio de estudios denominados de captura-recaptura (Karanth, 1995; Karanth & Nichols, 1998; Rowcliffe *et al.*, 2008; Harmsen *et al.*, 2010; Burton *et al.*, 2015). En este tipo de estudio el muestreo deberá estar diseñado de manera tal que se cumpla con una serie de supuestos (Tabla 5). Mientras más individuos sean capturados y luego recapturados por las cámaras, mayor será la robustez del modelo, por lo que se recomienda mantener las cámaras activas la mayor cantidad de tiempo que sea posible, aunque sin violar el supuesto de la población cerrada (Tabla 5). Idealmente, estos estudios debieran poder identificar al menos 10 individuos diferentes (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017). Con el fin de no violar el supuesto de población cerrada, se estima que el tiempo de monitoreo debiera abarcar unos 2-3 meses, sin superar los 4 meses (Karanth & Nichols, 1998; Maffei *et al.*, 2011). Por otra parte, el cálculo de la detectabilidad o probabilidad de detección de la, o las, especies monitoreadas (Recuadro 5, ver pág 41) son útiles para ajustar los valores de abundancia y así obtener estimaciones poblacionales más robustas (O'Brien, 2011).

TABLA 5. SUPUESTOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO MEDIANTE CAPTURA-RECAPTURA.

SUPUESTO	IMPLICANCIA
Durante el período de muestreo la población es cerrada, es decir el tamaño poblacional debe ser constante (no debe existir nacimientos, muertes, inmigración o emigración de individuos).	El monitoreo mediante trampas cámara debiera realizarse en un período corto de tiempo (2-3 meses) y fuera del período de nacimientos de la especie a monitorear.
Todos los individuos dentro de la población tienen la misma probabilidad de ser detectados y es mayor a cero.	El esfuerzo de muestreo y densidad de cámaras debe ser comparable entre los ámbitos de hogar de los individuos dentro del área de estudio, por lo tanto la separación de las cámaras debe ser tal de que al menos una estación de muestreo cubra el ámbito de hogar mínimo conocido para la especie focal, sin dejar espacios entre estaciones.
Cada individuo es único y distinguible de los demás.	Cada individuo capturado por las cámaras debe presentar características que permitan diferenciarlo de los demás (marcas, patrón de manchas, coloración, etc).
Todos los individuos capturados previamente deben poder ser distinguidos de los nuevos individuos no capturados.	

Modificado de Jackson *et al.*, 2005.

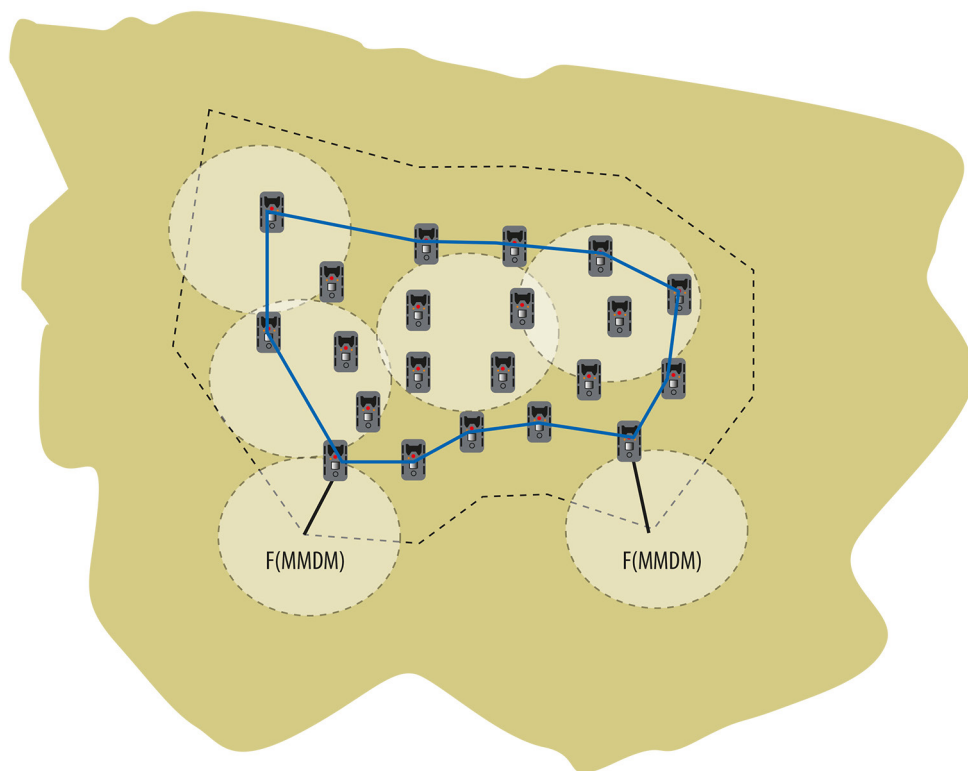
Si bien no presentan la misma robustez que un análisis realizado mediante la metodología de captura-recaptura a continuación, se presentan algunas alternativas de indicadores más simples para el análisis demográfico, permitiendo comparar resultados entre sitios, estaciones o áreas de estudio:

- Expresar los resultados como el mínimo número de individuos diferentes determinados en el área de estudio durante un período determinado
- Frecuencia temporal de captura, o número promedio de noches entre capturas sucesivas de la especie dada.
- Índices de tasa de detección de especies o la frecuencia relativa de fotografías (Recuadro 7, ver pág 59)

Una vez obtenida la abundancia poblacional para el área de estudio, el posterior cálculo de la densidad es relativamente sencillo. Para esto, el área efectiva de muestreo se debe corregir, ya que si consideramos sólo el polígono que engloba el área cubierta por las estaciones de muestreo estaremos subestimando el área real monitoreada. Un polígono convexo se define uniendo todas las estaciones exteriores. Luego se calcula la distancia máxima promedio desplazada MMDM, por su sigla en inglés para cada individuo capturado más de una vez por las estaciones de muestreo. Finalmente, un área adicional es añadida a través del buffer generado a partir del ½ de la MMDM (O’Brien *et al.*, 2011).

Esto debido a que existe una superficie adicional que es cubierta por las estaciones situadas en el perímetro del polígono (Figura 26). Una manera de corregir esta área es a través del cálculo de la “distancia máxima promedio desplazada” (MMDM). Para esto debemos considerar todos los individuos que han sido capturados más de una vez por las estaciones de muestreo, y cada individuo se calcula la distancia

máxima movida, que corresponde a la máxima distancia en que ha sido recapturado un individuo en dos estaciones diferentes. Este cálculo se realiza para todos los individuos que tengan más de una captura y luego se saca un promedio, cuyo resultado es la MMDM. Finalmente, el área de muestreo es corregida añadiendo un buffer de $\frac{1}{2}$ MMDM alrededor del polígono convexo formado por las cámaras (Figura 26). Este ajuste se incluye basado en el supuesto que los individuos cuyo ámbito de hogar se centra en las cámaras que conforman el polígono convexo formarían parte de la población monitoreada.



Si bien su uso no se encuentra aún extendido, vale la pena mencionar que últimamente se han desarrollado métodos alternativos al de captura-recaptura para estimaciones de densidad. Uno de ellos es el de captura-recaptura espacialmente explícita (SECR, por sus siglas en inglés), que incorpora la dimensión espacial de la información colectada por las estaciones de muestreo a través de las ubicaciones de las cámaras o el de modelamiento de encuentros al azar (REM, por sus siglas en inglés), un método útil para especies que no es posible realizar identificación individual (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017).

FIGURA 26:
Esquema del cálculo del área de monitoreo efectiva. Modificado de O'Brien *et al.* (2011b).

5.5. OCUPACIÓN

Uno de los principales problemas detrás de los estudios realizados bajo la metodología de captura-recaptura es que no toman en cuenta la probabilidad de detección (**Recuadro 5, ver pág 41**). Si bien no cabe ninguna duda cuando una especie está presente en una estación de muestreo, ya que se cuenta con la evidencia de esto (captura fotográfica), en el caso de las ausencias es algo más complejo. Que una especie no haya sido fotografiada en una estación de muestreo dentro de un período determinado no quiere decir que esta se encuentre realmente ausente: es posible que ésta haya estado allí pero que simplemente no haya sido detectada por la cámara. A esto se le llama la probabilidad de detección.

Como una manera de resolver este problema, MacKenzie *et al.* (2006) diseñaron los modelos de ocupación, en los que incluyen los conceptos de probabilidad de ocurrencia y detección imperfecta o detectabilidad. Estos modelos también resultan útiles en aquellos casos en los cuales la probabilidad de recaptura de los individuos es muy baja, ya sea por sus bajas densidades o probabilidad de detección, como es el caso de especies raras. Sin embargo, para especies con probabilidad de detección muy bajas (< 0.3) esta metodología tiende a sobreestimar la probabilidad de ocupación. No obstante lo anterior,

existen métodos para resolver este problema y maximizar la probabilidad de detección (Boitani *et al.*, 2012).

Por otra parte, ya que este método no requiere realizar identificaciones a escala individual de las capturas, sino que trabaja a escala de especies, es preferido para aquellos casos en que la identificación individual es más compleja. Además, la cantidad de datos necesarios para los modelos de ocupación por lo general requieren menos dinero y tiempo en su obtención (O'Connell *et al.*, 2011).

La ocupación se define como la probabilidad de que un sitio o estación de muestreo esté ocupada (con algún registro) por un determinado individuo (MacKenzie *et al.*, 2006). Estos modelos se encuentran relacionados con la abundancia poblacional, pero a diferencia de los modelos de captura-recaptura, se incorpora la probabilidad de detección como una manera de obtener estimadores con menos sesgo y más robustos. Como la ocupación de un sitio depende usualmente de muchos factores (tipo de hábitat, estación, distancia a caminos o centros poblados, etc.), en los modelos de ocupación por lo general se busca, a través de algoritmos matemáticos, conocer cómo y en qué medida estas variables influyen en que una especie ocupe o no los sitios (MacKenzie *et al.*, 2006; O'Connell *et al.*, 2012). Al igual que en el caso de los modelos mediante captura-recaptura, para poder aplicar modelos de ocupación se deben cumplir una serie de supuestos (**Tabla 6**).

TABLA 6. SUPUESTOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE OCUPACIÓN.

SUPUESTO	IMPLICANCIA
Durante el período de muestreo la población es cerrada, es decir el tamaño poblacional debe ser constante (no debe existir nacimientos, muertes, inmigración o emigración de individuos).	El monitoreo mediante trampas cámara debiera realizarse en un período corto de tiempo (2-3 meses) y fuera del período de nacimientos de la especie a monitorear.
No existen falsas presencias en los datos, es decir que existe una correcta identificación de la especie a través del método de muestreo.	Este no sería un problema para el uso de cámaras trampa, ya que se basa en evidencia fotográfica, aunque sí sería un problema si se trabaja por ejemplo con signos, como huellas.
No existen heterogeneidades no modeladas en la probabilidad de detección.	Ya que la probabilidad de detección se calcula en función de covariables (tipo de hábitat, estación del año, distancia a elementos de interés, etc.), debemos ocuparnos que todas aquellas variables biológicamente relevantes y que pudieran estar influyendo en que una especie esté ocupando un lugar, sean medidas.
El historial de detección de la especie es independiente entre sitios de muestreo.	A diferencia de los estudios de captura-recaptura, en estudios de ocupación se debe evitar que un individuo aparezca registrado en más de un sitio de muestreo. Para cumplirlo, la distancia entre cámaras debiera ser mayor al ámbito de hogar máximo conocido de la especie focal.

El diseño de muestreo de un estudio de ocupación puede seguir principalmente dos vías. La primera es a través de la superposición de una grilla sobre el área de estudio (Figura 24, ver pág 58) y luego situando una cámara en cada cuadrícula, o en caso de que no haya suficientes equipos, sobre una muestra seleccionada al azar dentro de la cuadrícula. Dentro de la celda escogida es posible

escoger el mejor lugar de manera que aumente la probabilidad de detección. La segunda manera es a través de puntos de muestreo. Esta es similar a la aproximación de grillas, con la diferencia que la estación de muestreo es instalada en el centro de cada cuadrícula bajo un diseño sistemático (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017).

A diferencia de los modelos de captura-recaptura, en los modelos de ocupación se requiere que el historial de detección de la especie sea independiente entre sitios de muestreo (Tabla 6; Figura 27). A manera de dar cumplimiento a este supuesto, las estaciones de muestreo deberán estar lo suficientemente separadas en el espacio de manera que no permitan que un mismo individuo sea capturado por dos estaciones colindantes. Para esto, las estaciones deberán estar espaciadas por al menos la distancia del ámbito de hogar máximo conocido para la especie focal (Wearn & Glover-Kaepfer, 2017).

5.6. COMPORTAMIENTO Y PATRONES DE ACTIVIDAD

El estudio de comportamiento es una de las ramas de la Ecología que presenta la mayor dificultad al estudiar carnívoros. Al ser especies preferentemente nocturnas, crípticas y que huyen ante la presencia humana, el estudio tradicional a través de observaciones directas o telemetría es difícil y costoso. En este sentido, las trampa cámaras han permitido a los investigadores superar algunos de estos obstáculos para el estudio de estos grupos de fauna (Bridges & Noss, 2011).

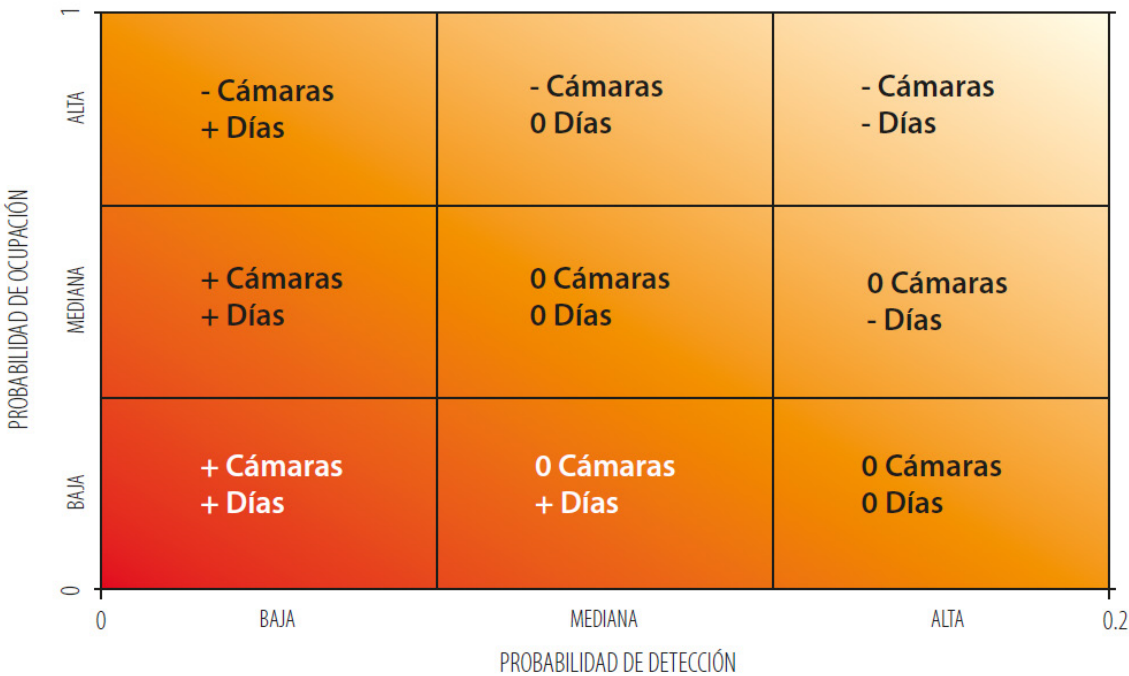


FIGURA 27: Recomendaciones para el diseño de muestreo en estudios de ocupación mediante trampas-cámara. Los símbolos indican el esfuerzo de muestreo para un diseño de muestreo óptimo: alto (+), intermedio (o) y bajo (-), considerando el número de cámaras a instalar en terreno y el número de días de muestreo. Modificado de Shannon *et al.*, 2014.

La posibilidad del uso de videos es sin duda una gran ventaja en este sentido.

Para el estudio de comportamiento o de patrones de actividad (que corresponde a un subgrupo dentro de los estudios de comportamiento), se requiere escoger sitios en donde haya una mayor probabilidad de presencia del animal que queremos estudiar, y de esta manera conocer su comportamiento. Los estudios de comportamiento varían mucho en cuanto a sus objetivos, por lo que la distribución de las cámaras y

esfuerzo de muestreo se deberá analizar caso a caso. El diseño de muestreo puede estar focalizado hacia sitios de interés, que pueden incluir restos de animales depredados, madrigueras, letrinas, etc.

A partir de la información obtenida a través de las trampas cámara es posible evaluar los patrones de actividad diario, estacional y según la fase lunar (Lucherini *et al.*, 2009), permitiendo realizar estudios de partición de nicho temporal.

TABLA 7. RESUMEN DE LOS TIPOS DE ESTUDIO MEDIANTE TRAMPA CÁMARA Y RECOMENDACIONES GENERALES PARA SU DISEÑO.

TIPO DE ESTUDIO	UBICACIÓN DE ESTACIONES	ESPACIAMIENTO ENTRE ESTACIONES	NÚMERO DE ESTACIONES	ESFUERZO (TRAMPAS/NOCHE) POR ESTACIÓN
Presencia/ ausencia	Dirigido	Variable	No existe un mínimo, idealmente >20	No existe mínimo y dependerá de la especie focal, idealmente 30 trampas/noche para especies comunes, para especies raras 90 trampas/noche
Riqueza	Al azar/ dirigido	1-2 km	Depende del área a prospectar (a mayor área, mayor número de estaciones), pero a modo estándar se recomienda alrededor de 25-35 estaciones	Por lo menos 30 trampas/noche, idealmente >90 para lograr detectar especies raras

TIPO DE ESTUDIO	UBICACIÓN DE ESTACIONES	ESPACIAMIENTO ENTRE ESTACIONES	NÚMERO DE ESTACIONES	ESFUERZO (TRAMPAS/NOCHE) POR ESTACIÓN
Distribución	Al azar/ dirigido	Depende del área a prospectar, pero debiera enfocarse a registrar en vacíos dentro de la distribución y abarcando la totalidad del área	Depende del área a prospectar, pero al menos 30	Depende de la detectabilidad de las especies, para especies comunes 30 trampas/noche, para especies más raras al menos 90 trampas/noche
Abundancia/ Densidad	Al azar/ dirigido	Espacio mínimo debiera ser igual o menor al ámbito de hogar mínimo conocido para la especie focal (*). Para estudios multiespecies debiera escogerse el de aquella que tenga el más reducido	Mínimo 30, idealmente >40	Depende de la detectabilidad de las especies, para especies comunes 30 trampas/noche, para especies más raras al menos 90-120 trampas/noche
Ocupación	Al azar/dirigido	Espacio mínimo debiera ser mayor al ámbito de hogar máximo conocido para la especie focal. Para estudios multiespecies debiera escogerse el de aquella que tenga el ámbito de hogar más grande.	Mínimo 20-30 (para especies comunes), idealmente >100, e incluso >150 para especies muy raras. En términos generales para especies raras es mejor priorizar el número de estaciones y para especies más comunes priorizar el tiempo de muestreo.	Depende de la detectabilidad de las especies, para especies comunes 30 trampas/noche, para especies más raras al menos 90-120 trampas/noche
Comportamiento	Por lo general dirigido	Depende del objetivo del estudio		
Patrones de actividad	Al azar/ dirigido	Espacio mínimo debiera ser igual al ámbito de hogar de la especie focal. Para estudios multiespecies debiera escogerse el de aquella que tenga el más pequeño	Por lo menos 20	Depende de la detectabilidad de las especies, para especies comunes 30 trampas/noche, para especies más raras al menos 90-120 trampas/noche

(*) Teniendo en cuenta que los ámbitos de hogar de las hembras son menores a los de los machos, se debiera tomar como referencia el menor ámbito de hogar conocido para las hembras de la especie. Modificado a partir de Jackson *et al.* (2003), Tobler *et al.* (2008), O'Connell *et al.* (2011), Noss *et al.* (2013).

TABLA 8. PROS Y CONTRAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTUDIO MEDIANTE TRAMPAS CÁMARA.

TIPO DE ESTUDIO	PROS	CONTRAS
Presencia	Es un parámetro basal y clave para el estudio de poblaciones y su manejo.	Este parámetro no da cuenta del estado de las poblaciones (abundancia, densidad), sólo entrega información sobre la presencia de la(s) especie(s) en cada sitio de muestreo.
	Fácil de obtener, requiere un diseño de muestreo relativamente simple y flexible.	Si bien el registro de una especie en una estación es fácilmente interpretable como presencia, la ausencia de registro no quiere decir que la especie se encuentre ausente, lo que muchas veces dificulta la comunicación de los datos.
Riqueza	Es una métrica fundamental para el manejo de especies.	Al igual que en el caso de estudios de presencia, este parámetro no da cuenta del estado de las poblaciones, entregando el mismo peso a especies tanto abundantes como poco abundantes.
	Simple de obtener, sus resultados resultan fáciles de comunicar.	Es un parámetro escala-dependiente. A mayor área la riqueza esperada es mayor.
Distribución	Es un parámetro útil para orientar acciones de manejo de especies	El trabajo en la distribución completa de la especie, especialmente en el caso de carnívoros y otras especies de amplia distribución, es logísticamente complejo y requiere de un esfuerzo de muestreo importante.
	Es relativamente fácil de obtener y requiere de un diseño de muestreo simple	Al igual que en los estudios de presencia, la distribución no da cuenta del estado de las poblaciones a lo largo del área de estudio
Abundancia/ Densidad	Es una manera relativamente simple para obtener información sobre el estado (número) de las poblaciones de la(s) especie(s) de interés.	Si bien existen algunas alternativas, por lo general requiere de la identificación individual de las capturas fotográficas realizadas, lo que es complicado sobre todo para especies que no presenten marcas individuales.
	Es un parámetro clave para el monitoreo y manejo de especies	Para realizar estimaciones robustas, requiere de un número mínimo de individuos capturados y de recapturas.
	Permite realizar comparaciones temporales en un mismo sitio de muestreo y entre sitios	Con el fin de no violar los supuestos del modelo, requiere un diseño de muestreo estricto y un área de muestreo suficientemente grande para asegurar un número alto de individuos diferentes capturados por las cámaras.

TIPO DE ESTUDIO	PROS	CONTRAS
Ocupación	No requiere de una identificación individual de las capturas realizadas. Permite incluir y analizar el efecto de covariables en la ocupación de la(s) especie(s) en el área de estudio. Aborda de manera eficiente la problemática de la "ausencia" a través del cálculo de la detectabilidad de la(s) especie(s) de estudio.	Si bien existen estudios que demuestran que la ocupación da cuenta de la abundancia, la ocupación mide la distribución de la(s) especie(s) en el área de estudio. Los conceptos detrás del modelo, sobre la "detectabilidad" y "probabilidad de uso/ocupación" resultan difíciles de comprender y comunicar.
Comportamiento	Es un parámetro relativamente simple de obtener y analizar. Su diseño de muestreo puede ser flexible y acomodable a los objetivos del estudio.	Por lo general, registros de comportamiento de especies son difíciles de obtener mediante trampas-cámara, ya que abarca un área de visión reducido. Para este tipo de estudios se recomienda la configuración de la cámara en modo de video, el que implica un mayor consumo de baterías, revisión más constante de las cámaras y mayor tiempo de análisis de los registros obtenidos mediante las cámaras.
Patrones de actividad	Es un parámetro relativamente simple de obtener y analizar. Su diseño de muestreo puede ser flexible y acomodable a los objetivos del estudio. Permite realizar inferencias acerca de la interacción entre especies a través de su nicho temporal	Para realizar inferencias robustas, idealmente se debe contar con una alta cantidad de datos obtenidos a partir de distintas estaciones de muestreo. En ocasiones los patrones de actividad horaria pueden verse afectados por la estación del año, lo que requiere de un período de monitoreo prolongado.

Modificado a partir de Wearn & Glover-Kaepfer (2017).

6. MANEJO Y ANÁLISIS DE DATOS

La cantidad de estudios y monitoreos de fauna mediante trampas cámara aumentan año tras año, y la cantidad de datos generados a través de esta metodología son inmensos. Su ordenamiento, estandarización y análisis son tareas que por lo general consumen mucho tiempo (Young *et al.*, 2018). Para que los datos se encuentren listos para ser analizados se requiere de una serie de pasos: extraer la información de las tarjetas SD, descargarlas en el computador y almacenarlas de manera segura, la información debe ser organizada y rotulada adecuadamente, luego la información debe ser identificada y clasificada (proceso que se puede realizar de manera manual o a través de softwares especializados) para finalmente ser analizada.

Al volver de terreno, lo primero que se debe realizar es descargar de inmediato las imágenes al computador o disco duro. Esto evitará la pérdida de datos o confusiones con las tarjetas. Para el almacenamiento de los datos originales, se recomienda ser ordenado, ya que con la cantidad de datos que se obtienen a través de las trampas cámara es muy fácil que las carpetas se desordenen y confundan. Se recomienda crear carpetas en orden jerárquico para ir copiando la información (Figura 28 y Figura 29). Las imágenes deben copiarse y no cortarlas

desde la tarjeta SD, y sólo formatear la tarjeta una vez tengamos certeza que la copia de las imágenes se haya realizado de manera correcta. Una vez están copiadas las imágenes se recomienda renombrarlas de acuerdo a su fecha (la cual está en los metadatos del archivo). Para esto existen algunos softwares que hacen el trabajo de manera automática como ReNamer, ExifPro o ExifTool. Lamentablemente, a diferencia de las imágenes, los videos no tienen un formato estandarizado de metadatos, el cual cambia dependiendo de cada fabricante, lo que ha dificultado la automatización de la información obtenida a través de este medio.

Es importante señalar que al momento de realizar ediciones y análisis de los datos, nunca se debe modificar los datos originales, que son los que recolectamos directamente desde la cámara al computador, disco duro, nube, etc. Estos datos deben mantenerse almacenados de manera ordenada y con una copia de seguridad, ya que es común que los datos se pierdan o dañen con el tiempo. Para ayudar a ordenar y catalogar las imágenes existen también algunos softwares como CameraSweet, Extract Compare, Timelapse, Aardwolf, Camera Trap Manager, Wild.ID, SpeedyMouse, camtrapR o Camelot, además de algunas alternativas online como Agouti, TRAPPER o eMammal (Wearn & Gloor-Kaepfer, 2017). Algunos de estos programas además extraen la información de los archivos, ordenándolas en tablas e incluso pueden realizar algunos análisis básicos. Otra manera de clasificar las

FIGURA 28:
Recomendación de almacenamiento jerárquico de fotografías en el computador o disco duro.

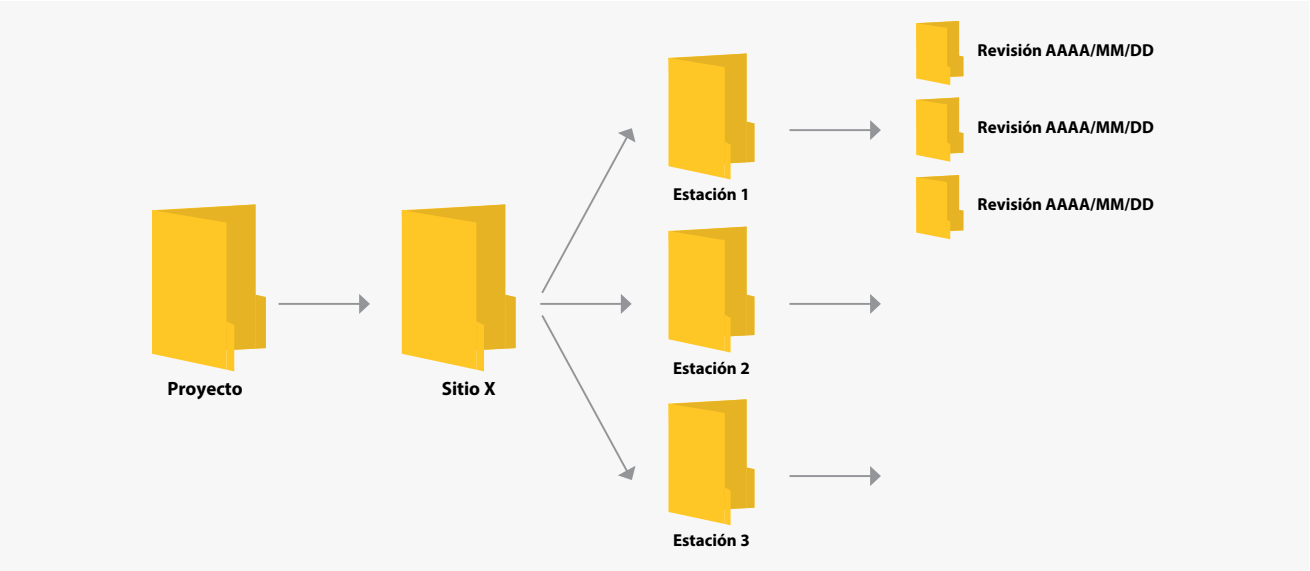
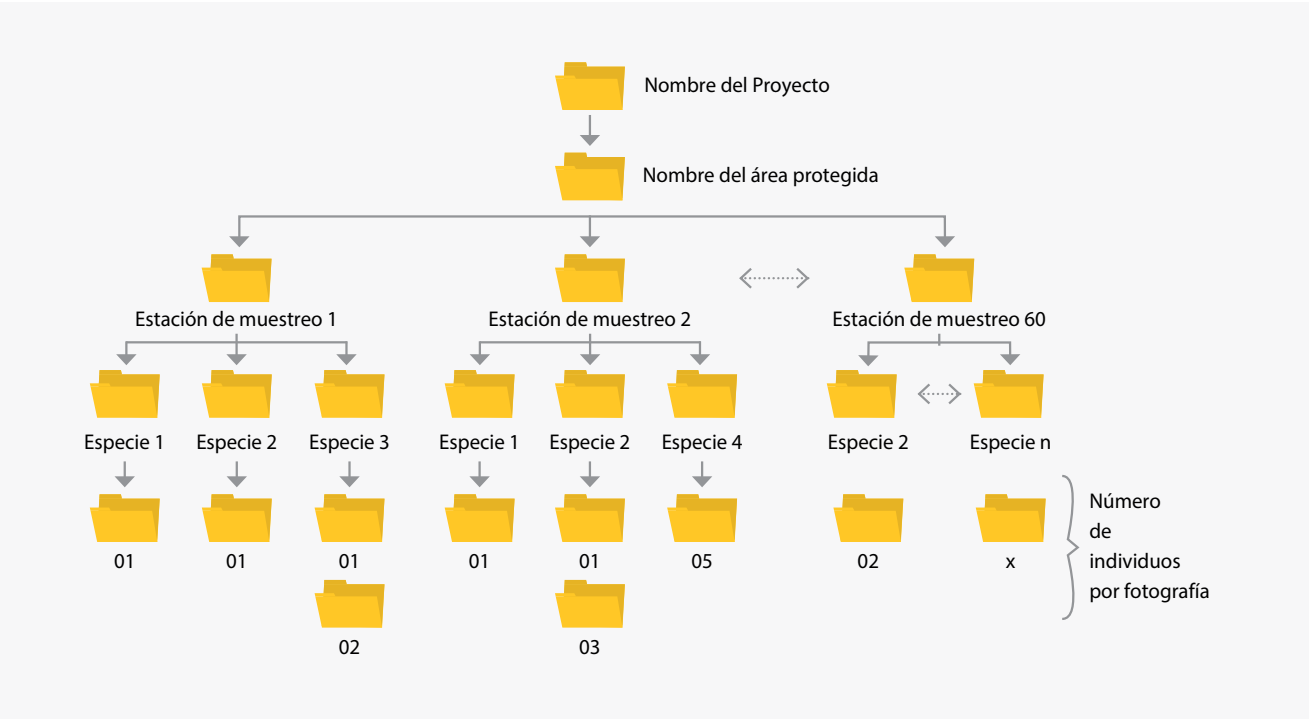


FIGURA 29:
Almacenamiento de fotografías requerido para el análisis mediante el programa CameraSweet.



imágenes es mediante la creación de subcarpetas con los nombres de las especies de interés dentro de cada estación de muestreo, en donde son copiadas las imágenes, así como también realizar todo este trabajo de manera manual, traspasando la información directamente a una tabla Excel, pero sin embargo es una tarea más laboriosa y propensa a errores.

Finalmente, las opciones para el análisis de los datos son muy variadas, y se encuentran fuera del alcance de este manual. Para escoger el software que mejor se acomoda a los objetivos del estudio se recomienda revisar la literatura existente y actualizada, ya que el desarrollo de éstos se perfecciona año tras año. Como se mencionó anteriormente, existen algunos softwares que además de ayudar a ordenar y catalogar la información de las cámaras, ofrecen la opción de realizar algunos análisis adicionales, como CameraSweet o camtrapR. Existen también algunos softwares específicos para ciertos análisis como CAPTURE y MARK, utilizados comúnmente para estudios de captura-recaptura, o Presence para estudios de ocupación. El programa CameraSweet (<https://smallcats.org/resources/#camerasweet>) ofrece múltiples análisis a partir de los datos de las cámaras, y para quienes están más familiarizados con el ambiente de R, el paquete camtrapR es una opción muy completa tanto para catalogar como analizar la información.

7. PRINCIPALES PROBLEMAS. PREGUNTAS Y RESPUESTAS

P: La cámara tiene las baterías y tarjeta puestas, pero no saca fotos, o no muestra la pantalla de configuración.

R: A veces la cámara se bloquea por alguna razón desconocida. Para configurar la cámara se recomienda siempre pasar desde el switch OFF a SETUP (nunca directo desde ON a SETUP). Y para activarla siempre desde OFF a SETUP, esperar unos segundos, y luego a ON. También es útil en algunas ocasiones quitar todas las baterías y tarjeta de la cámara, esperar unos minutos, luego volver a colocarlas y repetir el proceso de configuración y encendido.

P: La cámara está funcionando, pero las fotos no quedan guardadas en la tarjeta.

R: Este es un problema muy común, que por lo general es ocasionado por problemas en la tarjeta. Intenta formatear la tarjeta desde la cámara (mejor desde un computador) o cambiarla por otra tarjeta nueva.

P: La cámara toma fotos de manera continua.

R: Esto es conocido como “capturas falsas”, en donde la cámara se activa aparentemente por algún sujeto que pasa en frente. Esto comúnmente se debe a que en frente de la cámara puede haber ramas, pastos u otro elemento en movimiento que está causando que se tomen estas “capturas falsas”. Incluso una sombra sobre una roca que se mueve durante el día en ocasiones causa “capturas falsas”. Es importante que, al momento de detectar que la cámara está tomando estas capturas, nos detengamos a mirar las fotografías y detectar qué es lo que la está activando. Esto ayudará a buscar una mejor solución.

Para evitar que la cámara siga tomando estas capturas, se recomienda lo siguiente:

- 1.- En ocasiones es posible remover el objeto que está causando estas capturas.
- 2.- En caso de no ser posible, intenta cambiar la dirección de la cámara o moverla hacia una dirección que se encuentre más despejada.
- 3.- Si la cámara continúa con el problema, intenta probarla en un ambiente cerrado y comprobar que no se trata de un problema eléctrico.

P: La cámara presenta humedad en su interior.

R: Si bien las cámaras presentan un sello que las aísla del medio exterior, es posible que la humedad pueda ingresar al compartimento de las

baterías. Si este es el caso, se recomienda dejar en su interior una bolsa pequeña de “silica gel”, que se encargará de absorber la humedad.

P: Al revisar la cámara, la configuración de fecha y hora no es la correcta.

R: Hay ocasiones (pocas) en que la cámara se desconfigura en algún momento mientras está funcionando en terreno. Por esta razón es necesario anotar siempre la fecha y hora de instalación, así como también la fecha y hora de revisión de cada cámara.

P: Las imágenes de noche salen blancas.

R: Esto ocurre porque el flash infrarojo es muy fuerte y “quema” las fotografías. Para resolver esto, hay tres opciones. La primera consiste en alejar la cámara del sitio de paso del animal, de manera que la fuerza del flash sea menor. Otra opción es la de bajar la intensidad del flash desde el menú de la cámara (muchos modelos tienen esta opción). La última opción es la de tapar algunos leds con una cinta oscura, reduciendo así la intensidad de la luz entregada por el flash.

8. REFERENCIAS

- Apps, P.J., & J.W. McNutt. 2018. How camera traps work and how to work them. *African Journal of Ecology*. DOI: 10.1111/aje.12563.
- Atkins, J.L., R.A. Long, J. Pansu, J. H. Daskin, A. B. Potter, M. E. Stalmans, C. E. Tarnita & R. M. Pringle. Cascading impacts of large-carnivore extirpation in an African ecosystem. *Science* 10.1126/science.aau3561.
- Boitani, L. & R.A. Powell. 2012. Introduction: Research and conservation of carnivores. En: Boitani, L. & R.A. Powell. *Carnivore Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. Oxford University Press, Uk. Pp 1-7.
- Boitani, L., P. Ciucci & A. Mortelliti. 2012b. Designing carnivore surveys. En: Boitani, L. & R.A. Powell. *Carnivore Ecology and Conservation. A handbook of techniques*. Oxford University Press, Uk. Pp 8-30.
- Bridges, A.S. & A.J. Noss. 2011. Chapter 5: Behavior and Activity Patterns. En: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 57-69.
- Burton, A. C., E. Neilson, D. Moreira, A. Ladle, R. Steenweg, J. T. Fisher, *et al.* 2015. Wildlife camera-trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *J. Appl. Ecol.* 52, 675-685.
- Cutler, T.C. & D.E. Swan. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin* 27: 571-581.
- Do Nascimento, F.O., J. Cheng & A. Feijó. 2020. Taxonomic revision of the pampas cat *Leopardus colocola* complex (Carnivora: Felidae): an integrative approach. *Zoological Journal of the Linnean Society*, zlaa043.
- Garrote, G., J.M. Gil-Sánchez, E.B. McCain, S. de Lilli, J.L. Tellería & M.A. Simón. 2012- The effect of attractant lures in camera trapping: a case study of population estimates for the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*). *European Journal of Wildlife Research* 58: 881-884.
- Gibbs, J.P., 2000. Chapter 7. Monitoring populations. En: Boitani, L. & T. Fuller. 2000. *Research techniques in animal ecology. Controversies and Consequences*. Columbia University Press, New York, EEUU. Pp 213-252.
- Glover-Kapfer, P., C.A. Soto-Navarro & O. Wearn. 2019. Camera-trapping 3.0: current constraints and future priorities for development. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* DOI: 10.1002/rse2.106
- Griffiths, M. 1993. Population density of Sumatran tigers in Gunung Leuser National Park. *Tiger Beat. Newsletter Tiger Species Survival Plan* 6(2): 17-18.
- Harmsen B.J., R.J. Foster & C.P. Doncaster. 2010. Heterogeneous capture rates in low density populations and consequences for capture recapture analysis of camera-trap data. *Population Ecology* 53: 253-259
- Hobbs, M. T., and C. S. Brehme. 2017. An improved camera trap for amphibians, reptiles, small mammals, and large invertebrates. *PLoS ONE* 12, 1-15.
- Holinda, D., J.M. Bugar & A.C. Burton. 2020. Effects of scent lure on camera trap detections vary across mammalian predator and prey species. *PLoS ONE* 15(5): e0229055.
- Hossain, A. N. M., A. Barlow, C. G. Barlow, A. J. Lynam, S. Chakma, and T. Savini. 2016. Assessing the efficacy of camera-trapping as a tool for increasing detection rates of wildlife crime in tropical protected areas. *Biol. Cons.* 201, 314-319.
- Hunter, L. 2019. *Carnivores of the World*. Second edition. Princeton Field Guides, UK. 256 pp.
- Iriarte, A. & F. Jaksic. 2017. *Los carnívoros de Chile, segunda edición revisada*. Ediciones Flora & Fauna Chile y Centro UC CAPES, P. U. Católica de Chile. Santiago, Chile. 260 pp.
- Jackson, R.; J. Roe; R. Wangchuk and D.O. Hunter. 2005. *Surveying Snow Leopard Populations with Emphasis on Camera Trapping. A Handbook*. The Snow Leopard Conservancy, Sonoma, California. 73 pp.

- Jackson, R.; J. Roe; R. Wangchuk and D. Hunter. 2006. Estimating Snow Leopard Population Abundance Using Photography and Capture-Recapture Techniques. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3): 772-781.
- Jacobson, H.A., J.C. Kroll, R.W. Browning, B.H. Koerth & M.H. Conway. 1997. Infra-red triggered cameras for censusing white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 25: 547-556.
- Johansson, Ö., G. Samelius, E. Wikberg, G. Chapron, C. Mishra & M. Low. 2020. Identification errors in camera-trap studies result in systematic population overestimation. *Scientific Reports* 10:6393.
- Karanth, K.U. 1995. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* 87: 333-348.
- Karanth, K.U. & 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. En: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 97-118.
- Kays, R., B.S. Arbogast, M. Baker-Whitton, C. Beirne, H.M. Boone, M. Howler, S.F. Burneo, M.V. Cove, P. Ding, S. Espinosa, A.L. Sousa Gonçalves & C.P. Hansen. 2020. An empirical evaluation of camera trap study design: how many, how long and when?. *Methods in Ecology and Evolution* 11(6): 700-713.
- Kucera, T.E. & R.H. Barrett. 2011. A history of camera trapping. In: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 9-26.
- Linnell, J.D.C., J.E. Swenson & R. Andersen. 2000. Conservation of biodiversity in Scandinavian boreal forests: large carnivores as flagships, umbrellas, indicators, or keystones? *Biodiversity and Conservation* 9: 857-868.
- Lucherini, M., J.I Reppucci, R.S. Walker, M.L. Villalba, A. Wurstein, G. Gallardo, A. Iriarte, R. Villalobos & P. Perovic. 2009. Activity pattern segregation of carnivores in the high Andes. *Journal of Mammalogy* 90(6): 1404-1409.
- McDonald, L.L. 2004. Sampling rare populations. In: Thompson, W.L. 2004. *Sampling rare or elusive species. Concepts, designs and techniques for estimating population parameters*. Island Press, USA. Pp 11-42.
- MacKenzie, D.I., J.D. Nichols, J.A. Royle, K.H. Pollock, L.L. Bailey & J.E. Hines. 2006. *Occupancy estimation and modelling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Academic Press, New York. 344 pp.
- Maffei, L., A.J. Noss, S.C. Silver & M.J. Kelly. 2011. Abundance/Density case study: Jaguars in the Americas. En: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 119-144.
- Meek, P.D. & A. Pittet. 2012. User-based design specifications for the ultimate camera trap for wildlife research. *Wildlife Research* 39(8): 649-660.
- Meek, P., G. Ballard & P. Fleming. 2012. *An introduction to camera trapping for wild surveys in Australia*. PestSmart Toolkit publication, Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra, Australia. 85 Pp.
- Meek, P.D., G. Ballard, A. Claridge, R. Kays, K. Moseby, T. O'Brien, A. O'Connell, J. Sanderson, D.E. Swann, M. Tobler & S. Townsend. 2014. Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity Conservation* 23: 2321-2343.
- Meek, P., P. Fleming, G. Ballard, P. Banks, A. Claridge, J. Sanderson & D. Swann. 2014. *Camera trapping: Wildlife Management and research*. Csiro Publishing. 392 pp.
- McCallum, J. 2013. Changing use of camera traps in mammalian field research: habitats, taxa and study types. *Mammal Rev.* 43, 196-206.
- Nipko, R.B., B.E. Holcombe & M.J. Kelly. 2020. Identifying individual jaguars and ocelots via pattern-recognition software: Comparing HotSpotter and Wild-ID. *Wildlife Society Bulletin*. DOI: 10.1002/wsb.1086.
- Noss, A., J. Polisar, L. Maffei, R. Garcia & S. Silver. 2013. *Evaluating jaguar densities with camera traps*. Jaguar Conservation Program. Wildlife Conservation Society, USA. 78 pp.

- Noyce K.V., D.L. Garshelis & P.L. Coy. 2001. Differential vulnerability of black bears to trap and camera sampling and resulting biases in mark-recapture estimates. *Ursus* 12: 211–225.
- O'Brien, T.G. 2011. Abundance, Density and Relative Abundance: A conceptual framework. En: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 71-96.
- O'Brien, T.G., M.F. Kinnaird & H.T. Wibisono. 2011b. Estimation of species richness of large vertebrates using camera traps: An example from an Indonesian rainforest. En: O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. Pp 233-252.
- O'Connell, A.F., J.D. Nichols & K.U. Karanth (Eds.). 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Springer Japan. 271 pp.
- Paine, R.T. 2010. Food chain dynamics and trophic cascades in intertidal habitats. In: Terborgh J. & J.A. Estes, editors. *Trophic cascades: predators, prey and the changing dynamics of nature*. Island Press, Washington, D.C., USA. Pp 22-36.
- Du Preez, B.D., A.J. Loveridge & D.W. Macdonald. 2014. To bait or not to bait: A comparison of camera-trapping methods for estimating leopard *Panthera pardus* density. *Biological Conservation* 176: 153-161.
- Reppucci, J., C. Tellaeche & M. Lucherini. 2012. *Manual de trampeo fotográfico en los altos Andes*. Alianza Gato Andino, Bahía Blanca, Argentina. 43 pp.
- Rovero, F., F. Zimmermann, D. Berzi & P. Meek. 2013. "Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*. doi:10.4404/hystrix-24.2-6316
- Rovero, F., E. Martin, M. Rosa, J.A. Ahumada & D. Spitale. 2014. Estimating species richness and modelling habitat preferences of tropical forest mammals from camera trap data. *PLOS One* 9(7): e103300.
- Rovero, F. & F. Zimmermann. 2016. *Camera trapping for Wildlife Research*. Pelagis Publishing. 320 pp.
- Rowcliffe, J.M., J. Field, S.T. Turvey & C. Carbone. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228-1236.
- Schipper, J. 2007. Camera-trap avoidance by kinkajous *Potos flavus*: rethinking the "non-invasive" paradigm. *Small Carnivore Conservation* 36: 38-41.
- Shannon, G., J.S. Lewis & B.D. Gerber. 2014. Recommended survey designs for occupancy modelling using motion-activated cameras: insights from empirical wildlife data. *PeerJ* 2:e532; DOI 10.7717/peerj.532.
- Specht, H.M., H.T. Reich, F. Iannarilli, M.R. Edwards, S.P. Stapleton, M.D. Weegman & T.W.
- Arnold. 2017. Occupancy surveys with conditional replicates: An alternative sampling design for rare species. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(12): 1725-1734.
- Thompson, W. 2004. *Sampling rare or elusive species: Concepts, designs, and techniques for estimating population parameters*. Island Press, UK. 429 pp.
- Tobler, M.W., S.E. Carrillo-Percegué, R. Leite 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.
- Wearn, O., and P. Glover-Kapfer. 2017. *Camera-trapping for conservation: a guide to best-practices*. WWF Conservation Technology Series 1(1). WWF-UK, Woking, United Kingdom.
- Wegge, P., C.P. Pokheral & S.R. Jnawali. 2004. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* 7: 251-256.
- Young, S., J. Rode-Margono & R. Amin. 2018. Software to facilitate and streamline camera trap data management: A review. *Ecology and Evolution*.

FICHA DE INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MUESTREO MEDIANTE TRAMPAS CÁMARA.

Nombre de quien instala:

FICHA DE INSTALACIÓN DE
TRAMPAS CÁMARA

ID Cámara: _____

ID GPS: _____

Estación de muestreo: _____

Datos Ubicación

Región	
Sitio	
UTM E	
UTM N	
Altitud	
Fecha instalación	
Fecha instalación	

Presencia de signos de carnívoros

Letrinas	
Heces	
Huellas	
Probable paso	
Animal deprimado	
Otro	

Info Trampa

Marca	
Serial N°	
Capacidad tarjeta	
Pilas (N°/tipo/carga)	
Tipo atractor	
Foto/Video	
Fotos por evento/lag	
Sensibilidad	
Orientación	
Camuflaje	
¿Donde apunta? (punto cardinal)	
Cebo	

Distancia a

Caminos	
Poblados	
Lugar pastoreo	
Roquedal	
Curso agua	
Cuerpo agua (¿Cuál?)	

Características Sitio

Hábitat	
Pendiente	
Topografía	
Presencia de especies de interés	

Observaciones adicionales

FICHA DE REVISIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MUESTREO MEDIANTE TRAMPAS CÁMARA.

Nombre de quien instala:

FICHA REVISIÓN TRAMPAS CÁMARA

ID Cámara: _____

ID GPS: _____

Estación de muestreo: _____

	Fecha	Hora	Nivel batería (Baja/Media/ Alta)	N° Fotos tomadas	Fecha primera foto	Fecha última foto	Configuración cámara				Marca con una X		
							Modo (Foto/video)	Sensibilidad sensor	Fotos por evento	Intervalo	Cambio tarjeta	Cambio batería	Cambio cebo
Instalación													
Revisión 1													
Revisión 2													
Revisión 3													
Revisión 4													
Revisión 5													
Revisión 6													
Revisión 7													
Revisión 8													
Revisión 9													
Revisión 10													
Revisión 11													
Revisión 12													
Revisión 13													
Revisión 14													



Corredores Biológicos
de **Montaña**
Proyecto GEF

