

Correspondencia



Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres. Algunas recomendaciones sobre su uso, programas disponibles para manejar archivos y posibilidades adicionales con los datos

Diego J. Lizcano^{1*} 

1 . The Nature Conservancy (TNC), Bogotá, Colombia

* Correspondencia: diego.lizcano@tnc.org

Resumen

Como muchos biólogos interesados en monitorear o estudiar mamíferos medianos y grandes, en estado silvestre, me he enfrentado a las clásicas preguntas como: ¿cuántas cámaras necesito?, ¿Qué cámara compramos?, ¿cómo las instalo? ¿Qué protocolos sigo? ¿Y qué más puedo hacer con esos datos? En esta corta revisión pretendo resumir las respuestas a esas preguntas y compartir mi experiencia como usuario de las trampas cámara, después de haber probado varias opciones. Las recomendaciones son para antes, durante y después de usar las cámaras.

Palabras clave: datos, fotos, sensor remoto, trampa cámara, fotografía, método, software, ocupación

Abstract

Like many biologists interested in monitoring or studying medium and large mammals in the wild, I have been faced with the classic questions such as: how many cameras do I need? What camera do we buy? How do I install them? What protocols do I follow? And what else can I do with that data? In this short review I intend to summarize the answers to those questions and share my experience as a user of camera traps, after having tried several options. Recommendations are for before, during and after using the cameras

Key words: data, photos, remote sensing, camera trap, photography, method, software, occupancy

Mi experiencia con las tramas cámara data de 1999 cuando llegaron a mis manos ocho trampas cámara (TrailMaster), de tipo activo y de película fotográfica, para estudiar tapires de montaña (Lizcano and Cavelier 2000). Afortunadamente desde entonces, la tecnología ha cambiado para bien. Las trampas cámara modernas son digitales, son más pequeñas, livianas, eficientes y económicas. Esta reducción en tamaño y costo han originado una explosión de estudios que usan trampas cámara, con una enorme variedad de modelos disponibles en el mercado. Sin embargo, curiosamente, muchos de los avances en las trampas cámara han sido direccionados, más por el mercado Norte Americano de cacería, que por biólogos estudiando fauna (Meek and Pittet 2013).

Antes de usar las trampas cámara:

Es importante preguntarse ¿Cuántas cámaras debo usar? La respuesta natural sería: Idealmente tantas como pueda obtener (compradas, prestadas, alquiladas). Teniendo en cuenta que, entre más cámaras tenga, mayor cantidad de datos puedo capturar y almacenar. Pero en realidad la pregunta correcta tal vez debería ser; cual es el mínimo número de cámaras que necesito para responder mi pregunta de investigación (Burton et al. 2015). Así que, en realidad el número mínimo de trampas cámara puede variar dependiendo de la pregunta de investigación que se pretenda a responder. Tenga en cuenta que la trampa cámara es simplemente una herramienta, no la solución a las

preguntas de investigación con mamíferos ni la panacea. Muchas de las preguntas que se pueden responder con trampas cámara tienen que ver con riqueza o diversidad de especies, presencia/ausencia, ocupación del espacio, densidad, captura/recaptura, selección de recursos, modelos de distribución, patrones de actividad e incluso comportamientos (Caravaggi et al. 2017). Las trampas cámara también han permitido monitorear mamíferos pequeños (Glen et al. 2013) y mamíferos arbóreos (Gregory et al. 2014). La forma correcta de responder cuantas cámaras debo usar como mínimo, es planear muy detalladamente el estudio de una forma espacialmente explícita, planeando donde ubicar las cámaras en un mapa, usando herramientas estadísticas para seleccionar el tamaño de la muestra y en lo posible hacer un premuestreo y simulaciones espacialmente explícitas, que permitan obtener un tamaño de muestra, con el número mínimo de sitios que posibilitan detectar los cambios para responder la pregunta de investigación (Royle and Dorazio 2008; Meek et al. 2014a; Kéry and Royle 2015). En el diseño planeado es muy importante considerar la logística del sitio, los tiempos de instalación, el número de personas instalando las cámaras y la distancia mínima entre cámara y cámara para que los datos sean independientes. Si usando esta aproximación no es posible alcanzar el número mínimo de cámaras (compradas, alquiladas o prestadas), vale la pena repensar los objetivos del estudio.

¿Cuál modelo de cámara debo comprar? Si bien, las trampas cámaras tienen un diseño común básico, compuesto de un sensor pasivo de calor y/o movimiento, que activa una cámara digital, existe una gran variedad de modelos, marcas, fabricantes, distribuidores y precios. La calidad del sensor es fundamental para el funcionamiento de la cámara y este debe ser el factor decisivo a la hora de adquirir algún modelo. Se debe prestar particular atención al ángulo del área de detección, la distancia de detección y a la sensibilidad del sensor, así como a la velocidad de disparo de la cámara, el tipo de flash (blanco, infrarrojo o invisible), y también al tipo, número y duración de las baterías. Hay que también tener en cuenta que algunas cámaras producen algún tipo de ruido que perciben los animales (Meek et al. 2014b). Un buen punto de partida para seleccionar la cámara son las revisiones y comparaciones realizadas por Trail Cam Pro (<https://www.trailcampro.com>)

Nunca descarte preguntar a otros colegas sobre el funcionamiento de algún modelo en particular y preguntar en foros en internet. Otros factores adicionales que deben tenerse en cuenta al adquirir las cámaras son los aditamentos extra como las memorias, las baterías y aspectos de seguridad como cajas metálicas, cables de acero, cadenas o candados para prevenir vandalismo o robo de las cámaras.

¿Cómo instalo las cámaras, que protocolo sigo, y como las programo?: La respuesta a esta pregunta depende de los objetivos que se quieren alcanzar (si es un estudio puntual o un programa de monitoreo a largo plazo) y del tipo de pregunta de investigación que se quiere responder (inventario, ocupación, captura-recaptura, densidad, actividad, comportamiento, etc). Existen varios protocolos a los cuales adherirse, por ejemplo la red de monitoreo TEAM (<https://www.wildlifeinsights.org/TEAM-network>) ha desarrollado un protocolo bien específico que ha usado por varios años (TEAM 2011). Diversas organizaciones e instituciones de investigación y conservación también han desarrollado sus propias guías y protocolos. Algunos principios fundamentales a tener en cuenta para diseñar como instalar las cámaras tienen que ver con el diseño estadístico, si este es al azar, uniforme o estratificado (Cusack et al. 2015), con la independencia de los datos y la distancia de separación entre cámara y cámara, la replicabilidad estadística, el tipo de covariables y la inferencia estadística (Legendre et al. 2002). Otros principios básicos muy importantes que se debe considerar en el diseño y antes de instalar las cámaras son; la detección imperfecta (MacKenzie and Royle 2005; Guillera-Arroita et al. 2014; Iknayan et al. 2014) y los falsos positivos (Chambert et al. 2015). Tener en cuenta estos dos factores, y en particular la detección imperfecta (probabilidad de detección), asegura que los estimados y las inferencias que se hacen más adelante con los datos no son sesgados (Royle et al. 2005; Guillera-Arroita et al. 2010; Sollmann et al. 2013; Dorazio 2014).

La programación detallada de las cámaras tiene que ver con el modelo de cámara que se haya adquirido. Por lo general modelos más avanzados o costosos ofrecen más posibilidades de control fino y ajuste, como, por ejemplo; sensibilidad al movimiento, asignar un nombre o código digital

individual a cada cámara, controlar el número de fotos por evento, determinar la duración del video, variar la intensidad del flash, apertura del diafragma, velocidad de obturación, tamaño del archivo, resolución de la foto, entre otros. El mínimo que debe tenerse en cuenta en la programación de las cámaras es ajustar la fecha y la hora, de forma que aparezcan correctamente en la foto o video. Trate de ser redundante en la medida de lo posible, programando la cámara para tomar varias fotos cada vez que un animal cruza en frente.

Durante la instalación de las trampas cámara:

Algunas recomendaciones mínimas al instalar las trampas cámara son: Etiquete todo el equipo antes de ir a campo y en particular cada cámara, con un número o nombre único; Etiquete las memorias también con el mismo número; Navegue hasta el sitio de instalación con una red de puntos instalados en su GPS; Instale la cámara teniendo en cuenta una altura de 20-50 cm del suelo y 2-3 m de distancia al animal, pero las distancias pueden variar de acuerdo al modelo de cámara y el tamaño del animal objetivo; Tome un punto adicional de GPS de cada cámara una vez instalada; Verifique la altura de instalación, el ángulo y la distancia de detección con una prueba de funcionamiento de la cámara antes de abandonar el sitio de instalación y finalmente haga anotaciones describiendo el sitio donde instala la cámara. El uso de cebos y sustancias "atractoras" en el sitio de la cámara no es recomendado, a menos que tenga razones muy ponderosas para usarlos, una especie muy particular y elusiva para detectar y en especial, forma de controlar el efecto del atractor en la probabilidad de detección. Tenga en cuenta que el vandalismo y robo de cámaras es un problema común y que la forma de minimizarlos puede ser involucrando a la comunidad en el estudio o usando cables de acero, cadenas, candados y cajas de metal. También tenga en cuenta que algunos animales pueden atacar las cámaras, como por ejemplo osos, hormigas y termitas. Así que tome precauciones al instalar las cámaras cerca de las madrigueras de estas especies.

Después de la instalación de las trampas cámara:

¿Cuánto tiempo dejo mis cámaras instaladas? La respuesta a esta pregunta está relacionada con la capacidad del modelo de trampa cámara que adquirió, la capacidad de la memoria y la duración de las baterías, pero también con la pregunta de investigación, ya que más tiempo permite optimizar la curva de acumulación de especies. Sin embargo tenga en cuenta que el muestreo no debe ser tan extenso en el tiempo, que viola la presunción de población cerrada (Rota et al. 2009; Lele et al. 2012; Otto et al. 2013). Si bien no hay un número de días mínimo, por lo general la forma de reportar los datos es con la proporción de días/trampa cámara. Algunas recomendaciones al respecto son: No las deje menos tiempo de una a dos semanas, y evalúe seriamente si necesariamente las debe dejar más de seis meses. Algunos autores recomiendan un mes para ecosistemas tropicales (Tobler and Powell 2013; Bowler et al. 2017). Una forma más formal para definir el número de días y sitios es realizar simulaciones teniendo en cuenta la detectabilidad esperada de la especie objetivo y las características del sitio (Guillera-Arroita and Lahoz-Monfort 2012; Kéry and Royle 2015; Bellier et al. 2016).

Un reto importante al cual se enfrentan quienes usan estas herramientas es el manejo de archivos y manejo de la información. Por ejemplo, un típico estudio usando veinte trampas cámara, funcionando continuamente durante un mes, e instaladas secuencialmente en tres grupos hasta completar 60 puntos, generaron un poco más de 30,000 fotografías, de las cuales 1,537 imágenes correspondieron a 18 especies de mamíferos silvestres (Cervera et al. 2016). Ese mismo diseño repetido durante cinco años, produjo varios cientos de miles de fotografías (Ahumada et al. 2013). Filtrar organizar e identificar 30.000 o más fotografías manualmente puede ser una tarea abrumadora, en la cual algunos softwares pueden ayudar. Uno de los pioneros en este sentido es CameraBase (<http://www.atrium-biodiversity.org/tools/camerabase>), el cual fue diseñado por Mathias Tobler mientras hacia su doctorado. CameraBase funciona como una herramienta que integra varios programas que leen las fechas y horas de las fotografías automáticamente y

posteriormente las almacena, junto con la identificación de la especie y la localidad, como una base de datos en MS Acces. De esta forma se pueden hacer búsquedas simples y rápidas, análisis sencillos y adicionalmente exportar los datos como un archivo de MS Excel, para hacer análisis más sofisticados. Este mismo principio, ha sido adoptado, ampliado y mejorado por varios programas desarrollados posteriormente (Tabla 1).

TABLA 1. Selección de programas para manejo de datos de trampa cámara.

Programa	Recuperación de datos	Análisis	Costo	Capacidad de almacenamiento	Múltiples usuarios	Recomendado para:
Camera Base	Requiere MS Acces. Posibilidad de exportar a Excel	Básicos de captura recaptura y ocupación	Free	2 millones. Limitado por la capacidad de MS Acces.	no	Proyectos pequeños. Un solo usuario. Fotos
Trapper	Buena capacidad de recuperación y búsqueda	Básicos de captura recaptura y ocupación	Free	Ilimitado	no	Fotos y Video
ViXeN	Buena. Permite imágenes, video y audio al tiempo	Muy Básicos	Free	Varios cientos de miles. Pero la velocidad disminuye con más datos	no	Fotos audio y Video
Aardwolf 2.0	Buena. Integración con SQLite	Muy limitados. Permite exportar a CSV	Free	Ilimitado. Pero la velocidad de búsqueda y procesamiento disminuye con más imágenes	no	Proyectos pequeños a medianos. Fotos
eMammal	Muy básicas opciones	Muy limitados. Permite exportar a CSV	\$150 más costo adicional por cámara	Ilimitado	si	Fotos
Camelot	Buena	Integración Presence CamtrapR	Free	Ilimitado	si	Fotos
digiKam	Buena capacidad de recuperación y búsqueda cuando se conecta a SQL lite	Ninguno. No fue diseñado para trampas cámara	Free	Ilimitado	no	Fotos
camtrapR	Muy Buena	Avanzados, con análisis pre hechos y posibilidad de integrar con otros paquetes de R (taxize, Unmarked, SCR)	Free	Ilimitado	no	Proyectos grandes y pequeños. Fotos (JPG)
Wild.ID	Muy Buena	Limitados. Permite exportar a CSV para analizar en R y presence	Free	Ilimitado	si	Proyectos grandes, medianos y pequeños. Solo Fotos

Estos programas tienen una gran variación en la facilidad de manejo, propósito final y capacidad de almacenamiento. La mayoría de estos programas son libres y de fuente abierta, sin embargo, a pesar de sus ventajas, algunos presentan varias limitaciones. Hay varios aspectos a tener en cuenta al seleccionar un programa para manejar los datos de las trampas cámara. Uno de los más importantes es la cantidad de fotografías que puede manejar, si permite manejar varios proyectos y/o usuarios con el mismo programa, la facilidad de manejo y la cantidad de documentación disponible. Basado en mi experiencia, yo recomendaría el programa [Wild.ID](https://www.wildlifeinsights.org/TEAM-network), el cual fue desarrollado por la red de monitoreo TEAM (<https://www.wildlifeinsights.org/TEAM-network>) bajo protocolos robustos de manejo y almacenamiento de datos (Fegraus et al. 2011). Este programa es tal vez uno de los más usados por biólogos fuera de los Estados Unidos. La red de monitoreo TEAM está compuesta por 17 sitios alrededor del trópico, en los cuales se ha hecho monitoreo estandarizado y regular por varios años, acumulando un poco más de 3.5 millones de imágenes (Beaudrot et al. 2016). Dentro de los Estados Unidos eMammal (<https://emammal.si.edu>) es tal vez el programa más popular, este es promovido como herramienta de análisis de ciencia ciudadana el cual ha permitido analizar hasta 2.6 millones de imágenes (McShea et al. 2016). Otro aspecto adicional que se debe tener en cuenta al seleccionar alguno de estos programas, es que recientemente se han propuesto los estándares mínimos para el usar y compartir los datos de las trampas cámara (Forrester et al. 2016). Adherirse a estos estándares facilitará compartir y almacenar datos en plataformas comunes.

Normalmente cuando se diseña un estudio con trampas cámara hay un propósito bien particular, sin embargo, una vez culminado el estudio y cumplido el propósito original, existe la posibilidad de compartir y agregar datos de varios proyectos o regiones para comparar en escalas geográficas más amplias (Lima et al. 2017; Schank et al. 2017) o responder otras preguntas a escala global (Ahumada et al. 2011; Steenweg et al. 2017), las cuales se presentan como nuevas posibilidades de compartir los datos de trampas cámara. Las plataformas para compartir los datos en la nube como Wildlife Insights (<https://www.wildlifeinsights.org>) y las posibilidades presenta el “cloud computing” y la ciencia colaborativa, amplían y multiplican la utilidad de los datos de las trampas cámara, sacando los datos de los discos duros de las computadoras personales, proponiendo esquemas de datos abiertos que permiten encontrar patrones que se comparten globalmente para responder preguntas de ecología, manejo y conservación a escala de regional, de país o globales. El rápido cambio propiciado por la explosión de datos de trampa cámara, sumado a los repositorios de datos online, ofrecen nuevas posibilidades de análisis automatizados a gran escala y en muy corto tiempo, que pueden responder a los retos de los objetivos de desarrollo sostenible y las metas de conservación Aichi (Kissling et al. 2017).

La creación de una red de monitoreo con trampas cámara en Colombia es una necesidad que debe comenzar a discutirse, priorizarse e impulsarse (<https://redfototrampeo.netlify.com>). En este sentido, el pasado Foro de Mamíferos en Colombia, realizado el Lunes 11 de septiembre del 2017 en la sede del Venado de Oro del Instituto Alexander von Humboldt, sirvió como punto de partida para discutir estas ideas (<https://www.youtube.com/watch?v=esThEURE5uU>). El uso de estándares abiertos comunes, permitirá articular diversas iniciativas como el portal Quyn (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/quyn>) del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, el software NAIRA (<http://sistemic.udea.edu.co/es/investigacion/proyectos/camaras-trampa/>) de la Universidad de Antioquia y el Instituto Humboldt, con diferentes iniciativas nacionales como el sistema de observación ecológica y el centro nacional de síntesis ecológica (Sierra et al. 2017), con iniciativas internacionales como la red de monitoreo TEAM, e incluso portales de ciencia ciudadana.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes del curso de monitoreo de biodiversidad usando datos de trampa cámara y a los revisores anónimos por sus valiosas contribuciones para mejorar este manuscrito.

REFERENCIAS

- Ahumada JA, Hurtado J, Lizcano D. 2013. Monitoring the Status and Trends of Tropical Forest Terrestrial Vertebrate Communities from Camera Trap Data: A Tool for Conservation. PLoS ONE. 8:e73707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073707>.
- Ahumada JA, Silva CEF, Gajaparsad K, Hallam C, Hurtado J, Martin E, McWilliam A, Mugerwa B, O'Brien T, Rovero F, et al. 2011. Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 366(1578):2703-2711. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0115>.
- Beaudrot L, Ahumada JA, O'Brien T, Alvarez-Loayza P, Boekee K, Campos-Arceiz A, Eichberg D, Espinosa S, Fegraus E, Fletcher C, et al. 2016. Standardized assessment of biodiversity trends in tropical forest protected areas: The end is not in sight. Dobson AP, editor. PLOS Biology. 14(1):e1002357. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1002357>.
- Bellier E, Kéry M, Schaub M. 2016. Simulation-based assessment of dynamic N -mixture models in the presence of density dependence and environmental stochasticity. Hodgson D, editor. Methods in Ecology and Evolution. 7(9):1029-1040. <http://doi.wiley.com/10.1111/2041-210X.12572>.
- Bowler MT, Tobler MW, Endress BA, Gilmore MP, Anderson MJ. 2017. Estimating mammalian species richness and occupancy in tropical forest canopies with arboreal camera traps. Rowcliffe M, Sollmann R, editors. Remote Sensing in Ecology and Conservation. 3(3):146-157. <http://doi.wiley.com/10.1002/rse2.35>.
- Burton AC, Neilson E, Moreira D, Ladle A, Steenweg R, Fisher JT, Bayne E, Boutin S. 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. Journal of Applied Ecology. 52(3):675-685. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12432>.
- Caravaggi A, Banks PB, Burton AC, Finlay CM V, Haswell PM, Hayward MW, Rowcliffe MJ, Wood MD. 2017. A review of camera trapping for conservation behaviour research. Pettorelli N, Sollmann R, editors. Remote Sensing in Ecology and Conservation. 3(3):109-122. <http://doi.wiley.com/10.1002/rse2.48>.
- Cervera L, Lizcano DJ, Parés-Jiménez V, Espinoza S, Poaquiza D, De la Montaña E, Griffith DM. 2016. A camera trap assessment of terrestrial mammals in Machalilla National Park, western Ecuador. Check List. 12(2):1868. <https://doi.org/10.15560/12.2.1868>.
- Chambert T, Miller DAW, Nichols JD. 2015. Modeling false positive detections in species occurrence data under different study designs. Ecology. 96(2):332-339. <http://doi.wiley.com/10.1890/14-1507.1>.
- Cusack JJ, Dickman AJ, Rowcliffe JM, Carbone C, Macdonald DW, Coulson T. 2015. Random versus Game Trail-Based Camera Trap Placement Strategy for Monitoring Terrestrial Mammal Communities. Guralnick R, editor. PLOS ONE. 10(5):e0126373. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126373>.
- Dorazio RM. 2014. Accounting for imperfect detection and survey bias in statistical analysis of presence-only data. Global Ecology and Biogeography. 23(12):1472-1484. <https://doi.org/10.1111/geb.12216>.
- Fegraus EH, Lin K, Ahumada JA, Baru C, Chandra S, Youn C. 2011. Data acquisition and management software for camera trap data: A case study from the TEAM Network. Ecological Informatics. 6(6):345-353. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2011.06.003>.
- Forrester T, O'Brien T, Fegraus E, Jansen P, Palmer J, Kays R, Ahumada J, Stern B, McShea W. 2016. An Open Standard for Camera Trap Data. Biodiversity Data Journal. 4:e10197. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10197>.
- Glen AS, Cockburn S, Nichols M, Ekanayake J, Warburton B. 2013. Optimising Camera Traps for Monitoring Small Mammals. Deschner T, editor. PLoS ONE. 8(6):e67940. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067940>.
- Gregory T, Carrasco Rueda F, Deichmann J, Kolowski J, Alonso A. 2014. Arboreal camera trapping: taking a proven method to new heights. Fisher D, editor. Methods in Ecology and Evolution. 5(5):443-451. <http://doi.wiley.com/10.1111/2041-210X.12177>.
- Guillera-Arroita G, Lahoz-Monfort JJ. 2012. Designing studies to detect differences in species occupancy: power analysis under imperfect detection. Methods in Ecology and Evolution. 3(5):860-869. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00225.x>.
- Guillera-Arroita G, Lahoz-Monfort JJ, MacKenzie DI, Wintle BA, McCarthy MA. 2014. Ignoring imperfect detection in biological surveys is dangerous: a response to "fitting and interpreting occupancy models". White EP, editor. PLoS one. 9(7):e99571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099571>.
- Guillera-Arroita G, Ridout MS, Morgan BJT. 2010. Design of occupancy studies with imperfect detection. Methods in Ecology and Evolution. 1(2):131-139. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00017.x>.
- Iknayan KJ, Tingley MW, Furnas BJ, Beissinger SR. 2014. Detecting diversity: emerging methods to estimate species diversity. Trends in ecology & evolution. 29(2):97-106. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.10.012>.

- Kéry M, Royle JA. 2015. Applied Hierarchical Modeling in Ecology: Analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS: Volume 1: Prelude and Static Models. Academic Press.
- Legendre P, Dale MRT, Fortin M-J, Gurevitch J, Hohn M, Myers D. 2002. The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography*. 25(5):601–615. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2002.250508.x>.
- Lele SR, Moreno M, Bayne E. 2012. Dealing with detection error in site occupancy surveys: what can we do with a single survey? *Journal of Plant Ecology*. 5(1):22–31. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr042>.
- Lima F, Beca G, Muylaert RL, Jenkins CN, Perilli MLL, Paschoal AMO, Massara RL, Paglia AP, Chiarello AG, Graipel ME, et al. 2017. ATLANTIC-CAMTRAPS: a dataset of medium and large terrestrial mammal communities in the Atlantic Forest of South America. *Ecology*. 98(11):2979–2979. <https://doi.org/10.1002/ecy.1998>.
- Lizcano DJ, Cavelier J. 2000. Daily and seasonal activity of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. *Journal of Zoology*. 252(4):429–435. <https://doi.org/10.1017/S0952836900000182>.
- MacKenzie DI, Royle JA. 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology*. 42(6):1105–1114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01098.x>.
- McShea WJ, Forrester T, Costello R, He Z, Kays R. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macrosystem mammal research. *Landscape Ecology*. 31(1):55–66. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0262-9>.
- Meek Paul D, Ballard G-A, Fleming PJS, Schaefer M, Williams W, Falzon G. 2014. Camera traps can be heard and seen by animals. Jiang Z, editor. *PloS one*. 9(10):e110832. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110832>.
- Meek P D, Ballard G, Claridge A, Kays R, Moseby K, O'Brien T, O'Connell A, Sanderson J, Swann DE, Tobler M, et al. 2014. Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation*. 23(9):2321–2343. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0712-8>.
- Meek PD, Pittet A. 2013. User-based design specifications for the ultimate camera trap for wildlife research. *Wildlife Research*. 39(8):649. <https://doi.org/10.1071/WR12138>.
- Navarro LM, Fernández N, Guerra C, Guralnick R, Kissling WD, Londoño MC, Muller-Karger F, Turak E, Balvanera P, Costello MJ, et al. 2017. Monitoring biodiversity change through effective global coordination. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 29:158–169. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.005>.
- Otto CR V, Bailey LL, Roloff GJ. 2013. Improving species occupancy estimation when sampling violates the closure assumption. *Ecography*. 36(12):1299–1309. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00137.x>
- Rota CT, Fletcher Jr RJ, Dorazio RM, Betts MG. 2009. Occupancy estimation and the closure assumption. *Journal of Applied Ecology*. vol:1173–1181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01734.x>.
- Royle JA, Dorazio RM. 2008. Hierarchical modeling and inference in ecology: the analysis of data from populations, metapopulations and communities. Academic Press.
- Royle JA, Nichols JD, Kéry M. 2005. Modelling occurrence and abundance of species when detection is imperfect. *Oikos*. 110(2):353–359. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13534.x>.
- Schank CJ, Cove M V, Kelly MJ, Mendoza E, O'Farrill G, Reyna-Hurtado R, Meyer N, Jordan CA, González-Maya JF, Lizcano DJ, et al. 2017. Using a novel model approach to assess the distribution and conservation status of the endangered Baird's tapir. Thuiile W, editor. *Diversity and Distributions*. 23(12):1459–1471. <https://doi.org/10.1111/ddi.12631>.
- Sierra CA, Mahecha M, Poveda G, Álvarez-Dávila E, Gutierrez-Velez VH, Reu B, Feilhauer H, Anáya J, Armenteras D, Benavides AM, et al. 2017. Monitoring ecological change during rapid socio-economic and political transitions: Colombian ecosystems in the post-conflict era. *Environmental Science & Policy*. 76:40–49. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.06.011>.
- Sollmann R, Mohamed A, Samejima H, Wilting A. 2013. Risky business or simple solution – Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*. 159:405–412. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.025>.
- Steenweg R, Hebblewhite M, Kays R, Ahumada J, Fisher JT, Burton C, Townsend SE, Carbone C, Rowcliffe JM, Whittington J, et al. 2017. Scaling-up camera traps: monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 15(1):26–34. <https://doi.org/10.1002/fee.1448>.
- TEAM N. 2011. Terrestrial vertebrate protocol implementation manual, v. 3.1. Arlington, VA, USA: Centre for applied biodiversity science, Conservation International.
- Tobler MW, Powell GVN. 2013. Estimating jaguar densities with camera traps: Problems with current designs and recommendations for future studies. *Biological Conservation*. 159(0):109–118. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.009>.