

Methodologies for estimating wildlife habitat quality: review and examples

Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos

Gastelum-Mendoza, Fernando I.¹; Estrada-Castillón, Eduardo A.¹; Cantú-Ayala, César M.¹;
González-Saldivar, Fernando N.¹; Serna-Lagunes, Ricardo² y Salazar-Ortiz, Juan^{3*}

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 41, 67700. Linares, N.L., México. ²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. Josefa Ortiz de Domínguez S/n, Col. Centro, Peñuela, Amatlán de los Reyes Veracruz, 94945. México. ³Maestría en Paisaje y Turismo Rural, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Congregación Manuel León, Amatlán de Los Reyes, Veracruz, 94946. México.

*Autor de correspondencia: salazar@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: describe the methods of habitat quality assessment in three methodological elements: population dynamics, the presence of key species and traditional methods of habitat suitability assessment (HSI).

Methodology: a bibliometric analysis was performed to systematize and describe the advantages and disadvantages of the methodologies for the evaluation of wildlife habitat.

Results: the phototramp is a technique widely used to estimate population parameters (abundance and density) that, in parallel, denote the presence of larger carnivores, some of them considered species indicative of a conserved habitat were analyzed. For their part, traditional methods based on transects and quadrants have the advantage of being standardized techniques that can be implemented at virtually any type of vegetation cover, are easily replicable and inexpensive. HSI models are the least biased to characterize the habitat based on quality parameters, but intermediate-advanced knowledge in the use of GIS is required to predict, with a certain degree of reliability, the potential habitat with suitable characteristics for a given species.

Implications: the assessment of habitat quality is necessary to make decisions on population management and habitat conservation, and the success of a population's survival depends, to some extent, on a habitat that meets the niche requirements for A population to develop.

Conclusions: this review allowed the analysis of traditional and emerging techniques such as HSI models implemented in GIS to assess habitat quality would be more efficient as they complement the photo-trapping methods and the traditional ones.

Keywords: Population dynamics; Phototramp; MaxEnt; Model; S.I.G.

RESUMEN

Objetivo: describir los métodos de evaluación de calidad de hábitat en tres elementos metodológicos: la dinámica poblacional, la presencia de especies clave y los métodos tradicionales de evaluación de idoneidad del hábitat (HSI).

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 6, junio. 2020. pp: 37-42.

Recibido: enero, 2020. **Aceptado:** mayo, 2020.

Metodología: se realizó un análisis bibliométrico para sistematizar y describir las ventajas y desventajas de las metodologías para la evaluación del hábitat de fauna silvestre.

Resultados: el fototrampeo es una técnica ampliamente usada para estimar parámetros poblacionales (abundancia y densidad) que, en paralelo, denotan la presencia de carnívoros mayores, algunos de ellos consideradas especies indicadoras de un hábitat conservado. Los métodos tradicionales basados en transectos y cuadrantes tienen la ventaja de ser técnicas estandarizadas que pueden implementarse prácticamente a cualquier tipo de cobertura vegetal, son fácilmente replicables y de bajo costo. Los modelos de HSI son los menos sesgados para caracterizar el hábitat con base en parámetros de calidad, pero se requieren conocimientos intermedio-avanzados en el uso de SIG para predecir, con confiabilidad, el hábitat potencial con características idóneas para determinada especie.

Implicaciones: la evaluación de la calidad del hábitat es necesaria para tomar decisiones en el manejo de la población y la conservación del hábitat. El éxito de supervivencia de una población depende, en cierta medida, de un hábitat que satisfaga los requerimientos de nicho para que una población se desarrolle.

Conclusiones: este análisis permitió revisar las técnicas tradicionales y emergentes como los modelos HSI implementados en SIG para evaluar la calidad del hábitat que serían más eficientes, en la medida que estos se complementen, con los métodos de fototrampeo y los tradicionales.

Palabras clave: dinámica poblacional; fototrampeo; MaxEnt; Modelo; SIG.

Bajo este panorama y aunado a la creciente demanda de la población humana por el uso irracional de los recursos naturales, es indispensable estudiar los elementos fundamentales del hábitat que permiten el desarrollo óptimo de las poblaciones, con el fin de tomar decisiones de manejo pertinentes ante los retos ecológicos del antropoceno (Naranjo, 2019). Debido a la necesidad de conservar poblaciones y hábitat y con base en las experiencias en campo que fueron documentadas por los autores de esta revisión, se planteó el desarrollo de un análisis sintético que integre el binomio fauna silvestre-manejo de hábitat. También se reflexionan las ventajas y desventajas de cada una de las técnicas para evaluar la calidad del hábitat, con el propósito de que los manejadores de fauna silvestre puedan elegir la técnica más adecuada al manejo de la población y su hábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta revisión se aplicó un meta análisis bibliométrico (Albuquerque y Medeiros, 2012), para recabar información sobre las principales metodologías publicadas para la evaluación del hábitat de fauna silvestre. De la literatura evaluada, se hace una descripción de la técnica, sus implicaciones, ventajas, desventajas, y se destacan los ejemplos aplicados a especies clave para la conservación de fauna silvestre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica poblacional y especies clave como indicadores de calidad de hábitat

Una población es un mosaico de varias generaciones simultáneas de individuos que se reproducen reiteradamente (Odum, 1969). La dinámica poblacional evalúa los

INTRODUCCIÓN

A nivel global, un sin número de extinciones masivas de especies se han registrado a lo largo de la historia evolutiva de la biodiversidad. Particularmente en mamíferos, las extinciones se han originado debido a cambios climáticos como la glaciación o eventos geológicos como erupciones volcánicas (Lea *et al.*, 2018). Estos cambios traen como consecuencia modificaciones en la estructura y composición del hábitat, lo cual altera la idoneidad del hábitat para que una población se desarrolle adecuadamente y sea viable a lo largo del tiempo (Storch, 2002; Laurance, 2019). Por lo tanto, evaluar los requerimientos de hábitat que una población necesita para su desarrollo biológico, es un aspecto importante que debe abordarse desde la biología para la conservación (Lamb *et al.*, 2018).

Algunos ejemplos de especies que se encuentran en riesgo de extinción ponen de manifiesto la importancia de estudiar las condiciones de hábitat de una especie para lograr su conservación. El bisonte (*Bison bison*), grandes depredadores como el jaguar (*Panthera onca*) en Centroamérica y Sudamérica y el dingo (*Canis lupus dingo*) en Australia, son ejemplos claros de especies en peligro de extinción que, debido a la baja capacidad y calidad de su hábitat, no es suficiente para mantener una población suficientemente grande para que biológicamente sea viable en el espacio y tiempo (Lea *et al.*, 2018).

cambios en el tamaño de la población de forma espacial y temporal; los cambios están influenciados por el número de individuos, la estructura poblacional, la disposición de los individuos en el espacio y las tasas de natalidad, mortalidad y sobrevivencia. En suma, la dinámica poblacional está condicionada por las variantes de los elementos del hábitat (Ojasti, 1991). La dinámica poblacional de una especie, puede evaluarse de acuerdo a los siguientes métodos:

Técnica de transectos de franja. El método más sencillo para conocer la dinámica poblacional de una especie es mediante el monitoreo temporal de los cambios en la densidad poblacional. La técnica de transectos de franja en una unidad de muestreo delimitada (*i.e.* transecto de 50 m de longitud por 2 m de ancho), donde se contabilizan a los individuos (de manera directa o indirecta). El largo y ancho del transecto debe establecerse previamente al monitoreo formal y debe considerar la cobertura vegetal y la visibilidad (Gibbs, 2000). Algunos supuestos de este método son: 1) contar los individuos dentro del transecto y 2) la certeza de contar el 100% de los animales dentro de la franja. La ventaja de este método es ser de bajo costo y aplicable a varios taxones biológicos como densidad de aves (Gates et al., 1968) y primates (Burgoa y Pacheco, 2009), pero en ungulados de ambientes desérticos (Seddon et al., 2003) y tropicales (Hill et al., 1997; Wegge y Storaas, 2009), el método ha resultado ser más efectivo en ecosistemas con matorrales y pastizales y para aves, herbívoros y pequeños mamíferos, ya que mamíferos depredadores presentan hábitos elusivos y con un ámbito hogareño grande que resulta impráctico aplicar esta metodología. Se recomienda realizar un muestreo previo del 10% del área de estudio, calcular las especies potenciales con índices de diversidad como el de Chao y Jackknife, y con ello, calcular el número mínimo de transectos para mejorar la confiabilidad y representatividad del muestreo.

Marca-recaptura. Este método es útil para estimar el tamaño de la población, las tasas de migración (inmigraciones y emigraciones) y se fundamenta en la probabilidad de que un individuo marcado previamente se reincorpore a su población de origen. Para ello, se realizan capturas de individuos sistemáticas, en donde se contabilizan el número de individuos recapturados ya marcados y aquellos sin marcar. La probabilidad de recapturar un individuo previamente marcado es inversa al tamaño de la población (White, 2008). Este método ha sido más utilizado para aves, reptiles y pequeños mamíferos, ya

que resulta complicada la captura, contención y marcaje de grandes mamíferos.

Radiotelemetría (radio-telemetry, radio tagging, radio-tracking o tagging). Este método analiza la dispersión de los individuos de la población como un aspecto conocido como selección del hábitat y consiste en la transmisión a distancia de información por medio de ondas electromagnéticas de un equipo emisor hacia un equipo receptor, previamente colocado en el animal (Kenward, 2001). Es ampliamente usado en especies elusivas (Garton et al., 2001). Por ejemplo, durante los años 1986-1994 y 2008-2013 se capturaron y colocaron collares radiotransmisores a 19 osos polares (*Ursus maritimus*) en el mar de Chukotka, en el Océano Glacial Ártico, y como resultado se identificó que esta especie ha reducido el uso del espacio en su hábitat en 75%, debido a la pérdida de la calidad de su hábitat por el calentamiento global (Wilson et al., 2016). Tiene la principal ventaja de obtener información sobre áreas de actividad, uso de hábitat, frecuencia de interacciones con otros individuos, frecuencia de depredación, comportamientos, etc. La desventaja del método es el procesamiento de los datos obtenidos; sin embargo, software como Locate III y LOAS minimizan esta desventaja (Kenward, 2001).

Es un método invasivo, lo cual representa una desventaja porque requiere de la manipulación directa de los animales, para ello se requieren conocimientos básicos sobre contención química de la especie y tratamientos éticos del animal pre y post captura del ejemplar al que se le intervendrá con el collar. En México, es necesario un permiso especial de colecta con fines científicos para realizar un estudio de esta índole. Este método es útil para estudiar cómo una población hace uso del espacio (Garton et al., 2001).

La presencia/abundancia de grupos funcionales (gremios tróficos) se conceptualiza de manera indirecta como un indicador de la calidad del hábitat, debido al efecto denominado cascada trófica. Esto se evidenció cuando en 1995 el Servicio Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos de América, reintrodujo a 12 lobos, después de haber estado ausentes casi 70 años, en el Parque Nacional de Yellowstone. Los resultados inmediatos fueron la reducción del sobrepastoreo por los grandes herbívoros, esto aumentó la cobertura vegetal, la presencia de herbívoros pequeños y aves que habían migrado a otra región y, los ríos volvieron a su cauce natural debido a los cambios en las rutas migratorias de los herbívoros superiores.

Los casos de éxito del manejo de fauna silvestre se han podido documentar mediante la técnica del fototrampeo al evidenciar foto-capturas con especies representativas de distintos grupos funcionales (Wilson *et al.*, 1996; Karanth *et al.*, 2004). Este método permite estimar la abundancia de carnívoros (y otros gremios) en Áreas Naturales Protegidas en países como la India (Karanth y Nichols, 2002; Karanth *et al.*, 2004), Nepal e Indonesia (Wegge *et al.*, 2004), pues la presencia de depredadores tope se correlaciona como indicador indirecto de un hábitat estable y de calidad (Woodroffe, 2011).

Este método ha sido de mucha ayuda en la toma de decisiones de conservación a gran escala. Por ejemplo, para estimar la población del leopardo de las nieves (*Panthera uncia*) en las regiones de Tianshan y Qilianshan se usaron fototrampas con las que se logró identificar a una hembra con dos cachorros. En México, se ha usado para estudiar la población del jaguar y se estimó que existen aproximadamente 4,000 ejemplares (Ceballos *et al.*, 2012); además se ha utilizado para especies en riesgo como pecaríes de labios blancos (*Tayassu pecari*), donde se ha registrado su presencia en al menos seis regiones del país (Rabinowitz y Nottingham, 1986). En Lakipia, Kenia, se determinó que, al reintroducir leones a su hábitat natural, los antílopes cambiaron sus hábitos forrajeros y evitaron pastizales abiertos, donde las leonas las usaron como sitios de caza (Ng'weno *et al.*, 2017).

Una desventaja de este método es que el tamaño de la población se estima bajo el supuesto de poblaciones cerradas (White *et al.*, 1982), pero en la realidad biológica, pueden existir individuos que no son residentes y que solo utilizan el hábitat como corredor natural, lo cual implica una población abierta (Rexstad y Burnham, 1991; Efford, 2011). El fototrampeo representa ventajas, tales como la identificación taxonómica de las especies, el estudio de la dinámica poblacional de especies consideradas raras (con baja abundancia o poco frecuente), reduce el esfuerzo humano, la tecnología es fácil de usar, permite realizar estudios a escala espacial, temporal, y registra la información abiótica durante el monitoreo

(temperatura, fase lunar, captura de videos, etc.) (Kelly *et al.*, 2008).

Métodos tradicionales para caracterizar el hábitat

Los métodos tradicionales están enfocados a caracterizar los cuatro elementos del hábitat, el primero es la descripción del hábitat mediante la estructura de la cobertura vegetal, debido a que tiene una influencia directa sobre la dinámica de la población (Huggett, 1998), la cual debe incluir la composición florística del hábitat, su fisionomía o estructura de la vegetación y la variación de la diversidad vertical. Estas mediciones se desarrollan mediante técnicas como el establecimiento de cuadrantes en puntos, áreas de muestreo circulares y anidadas, cuadrados, además de línea de intercepción entre las principales (Morrison *et al.*, 1992). Otra técnica es la de Líneas de Intersección (Canfield, 1941) y consiste

en colocar una cinta métrica y registrar donde intercepta cada planta, puede ser proyección de la copa de un árbol, de un arbusto, o lo que ocupa un macollo de pastos y permite estimar índices de riqueza, dominancia y diversidad (Mueller y Ellenberg, 1974; Brower *et al.*, 1995).

La principal desventaja de estos métodos es que no está estandarizada la longitud idónea del cuadrante,

de las áreas circulares de muestreo o de la línea de intersección y tampoco se cuenta con un procedimiento que permita calcular el número mínimo de líneas a establecerse en un hábitat. Pero de manera general, la recomendación es trazar áreas circulares de un metro de diámetro para especies de porte herbáceo, 5 m de diámetro para especies de porte arbustivo y 15 m de diámetro para especies de porte arbóreo; los cuadrantes se recomiendan a 1 m², 5 m² y 15 m² para el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo respectivamente. Las líneas de intersección se recomiendan a 25 m y 50 m de longitud x 2 m de ancho para ambientes templados-tropicales y ambientes desérticos respectivamente.

La cobertura vegetal es un elemento importante del hábitat debido a su aporte en la producción de biomasa, indispensable para inferir la capacidad de carga (K), definida como el número de individuos que un hábitat



puede mantener espacial y temporalmente. Pechanec y Pickford (1937), indican que para estimar K se requiere estimar la biomasa de una muestra representativa de cada especie vegetal, particularmente de aquellas que se reconozcan como parte de la dieta del herbívoro. En este sentido, Holecheck et al. (1995), propusieron una ecuación para determinar la K de herbívoros:

$$K = \frac{(D)(0.35)(A)}{(PV)(CMS)(CP)}$$

donde: K =capacidad de carga; D =disponibilidad de materia seca (MS) total o por estrato vegetal (kg/ha), 0.35 el porcentaje de uso del forraje, A es el área de estudio, PV el peso vivo del animal, CMS es el consumo de MS (% de PV), y CP el ciclo de pastoreo (365 días).

Aunque este método ha sido más utilizado para estimar K de especies herbívoras, es complicada para estimar K de carnívoros, por la complejidad de su papel en la cadena trófica (Bennett et al., 1940; Crider et al., 2015). Recientemente los modelos para estimar la calidad del hábitat se encuentran en constante evolución debido al avance de las tecnologías de la información. Los Índices de Idoneidad o de Hábitat Adecuado (HSI, por las siglas en inglés de Habitat Suitability Index), desarrollados por el U.S. Fish and Wildlife Service (1991), se han venido estandarizando con el tiempo, y existen más de 180 HSI para vertebrados como venados, ardillas, codornices, guajolotes, oso negro, peces, algunos reptiles y se encuentran de manera gratuita en: <http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/hsi/hsiindex.htm>.

La ventaja de los HSI es que toma en cuenta aspectos como calidad y disponibilidad de alimento, espacio, cobertura vegetal y fuentes de agua y facilita la toma de decisiones de manejo de fauna silvestre. Los resultados obtenidos de una evaluación HSI son fácilmente entendibles, ya que sus valores van de 0 a 1, donde 1 es representativo de un hábitat idóneo y refleja el potencial de un hábitat que determina la presencia de la especie. La desventaja (temporal) de los HSI es que se requiere conocimiento previo sobre la biología, el objetivo de manejo de la población y la capacidad técnica del evaluador.

CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad del hábitat de una población es crucial para determinar el número de animales que puede soportar un área. Los métodos tradicionales para

conocer los atributos del hábitat se vienen utilizando desde hace más de 60 años. Cada método tiene ventajas y desventajas, pero los supuestos de cada uno son importantes de considerar ya que son inherentes al manejo de la fauna silvestre y serán eficientes en la medida del planteamiento de los objetivos del manejo de la o las especies, la capacidad y conocimiento del personal técnico y de las herramientas de análisis disponibles.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para desarrollar estudios de posgrado. Al Laboratorio de Bioinformática y Bioestadística de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, por el apoyo técnico recibido.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, U. P. & Medeiros, P. M. (2012) Systematic reviews and meta-analysis applied to ethnobiological research. *Ethnobiology and Conservation* 1: 1–8.
- Bennett, L., English, P. & McCain, R. (1940). A study of deer populations by use of pallet group counts. *The Journal of Wildlife Management* 4(4): 398-403.
- Brower, J., Zar, J. & Von Ende, C. (1995). *Field and laboratory methods for general ecology* (3a. ed.). Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa.
- Burgoa, N. & Pacheco, L. (2009). Densidad y uso de hábitat de *Cebus apella* en un bosque yungueño de Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 15: 273-283.
- Canfield H. R. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388-394.
- Ceballos, G., Chávez, C. & Zarza H. (2012). Censo Nacional del Jaguar y sus Presas (1ª Etapa). CONANP, IE-UNAM, ALIANZA WWF-TELCEL, TELMEX y CONABIO. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto HE011. México, D.F.
- Crider, B., Fulbright, T., Hewitt, D., Deyoung, C., Priesmeyer, W., Echols, K. & Draeger, D., (2015). Influence of white-tailed deer population density on vegetation standing crop in a semiarid environment. *The Journal of Wildlife Management* 79(3): 413-424.
- Efford, M. (2011). Estimation of population density by spatially explicit capture and recapture analysis of data from area searches. *Ecology* 92: 2202-2207.
- Garton, E., Wisdom, M., Leban, F. & Johnson, B. (2001). Experimental design for radiotelemetry studies. Pp: 15-42. En: Millspaugh, J. J. & J. M. Marzluffe (Eds.). *Radio tracking and animal populations*. Academic Press, San Diego, California.
- Gates, C., Marshall, W. & Olson, D. (1968). Line transect method of estimating grouse population densities. *Biometrics* 24: 135-145.
- Gibbs, J. (2000). Monitoring populations. Pp: 213-252. En: Boitani, L. & T. K. Fuller (Eds.) *Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences*. Columbia University Press, Nueva York.
- Hill, D., Hockin, D., Price, D., Tucker, P., Morris, R. & Treweek, J. (1997). Bird disturbance: improving the quality and utility of disturbance research. *Journal of Applied Ecology* 34: 275-288.

- Huggett, R. (1998). *Fundamentals of biogeography*. Routledge, London.
- Karanth, K. & Nichols, J. (2002). *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers, and conservationists in Tropical Asia*. Center for Wildlife Studies, Bangalore, India.
- Karanth, K., Nichols, J., Kumar, N., Link, W. & Hines, J. (2004). Tiger and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences* 101: 4854-4858.
- Kelly, M., Noss, A., Di Bitetti, M., Maffei, L., Arispe, R., Paviolo, A., De Angelo, C. & Di Blanco, E. (2008). Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina and Belize. *Journal of Mammalogy* 89: 408-418.
- Kenward, R. (2001). *A manual for wildlife radio tagging*. Academic Press, San Diego, California.
- Lamb, C. T., Mowat, G., Reid, A., Smit, L., Proctor, M., McLellan, B. N. & Boutin, S. (2018). Effects of habitat quality and access management on the density of a recovering grizzly bear population. *Journal of Applied Ecology* 55(3): 1406-1417.
- Laurance, W. F. (2019). The Anthropocene. *Current Biology* 29(19): 953-954.
- Lea, J. M., Walker, S. L., Kerley, G. I., Jackson, J., Matevich, S. C. & Shultz, S. (2018). Non-invasive physiological markers demonstrate link between habitat quality, adult sex ratio and poor population growth rate in a vulnerable species, the Cape mountain zebra. *Functional Ecology* 32(2): 300-312.
- Morrison, M., Marcot, B. & Mannan, R. (1992). *Wildlife habitat relationships*. The University of Wisconsin Press.
- Mueller, D. & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Naranjo, L. G. (2019). Nature imaginaries and the future of biodiversity. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 43(168): 480-488.
- Ng'weno, C., Maiyo, N., Abdullahi, H., Kibungei, K. & Goheen, J. (2017). Lions influence the decline and habitat shift of hartebeest in a semiarid savanna. *Journal of Mammalogy* 98(4): 1078-1087.
- Odum, E. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Ojasti, J. (1991). Human exploitation of capybara. Pp: 236-252. En: Robinson J.G. & K.H. Redford (Eds). *Neotropical wildlife use and conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pechanec, J. & Pickford, G. (1937). A weight estimate methods for determination of range of pasture production. *Journal of American Society of Agronomy* 29: 894-904.
- Rabinowitz, A. & Nottingham, J. (1986). Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210: 149-159.
- Rexstad, E. & Burnham, K. (1991). *User's guide for interactive program CAPTURE*. Fort Collins: Colorado State University, USA.
- Seddon, P., Ismail, K., Shobrak, M., Ostrowski, S. & Magin, C. (2003). A comparison of derived population estimate, markresighting and distance sampling methods to determine the population size of a desert ungulate, the Arabian oryx. *Oryx* 37: 286- 294.
- Storch I. (2002). Linking a multi-scale habitat concept to species conservation. Pp. 303-320. En: J. Bissonette & I. Storch (Eds). *Landscape Ecology and Resource Management: Linking Theory with Practice*. Island Press, Washington, EEUU.
- U.S. Fish and Wildlife Service., 1991. *Habitat Evaluation Procedure (HEP)*. Division of Ecological Services, Department of the Interior, Washington, D.C.
- Wegge, P., Pokheral, C. & Jnawali, S. (2004). Effects of trapping effort and trap syness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation* 7: 251-256.
- Wegge, P. & Storaas, T. (2009). Sampling tiger ungulate prey by the distance method: lessons learned in Bardia National Park, Nepal. *Animal Conservation* 12: 78-84.
- White, G. (2008). Closed population estimation models and their extensions in program MARK. *Environmental and Ecological Statistics* 15: 89-99.
- White, G., Anderson, D., Burnham, K. & Otis, D. (1982). *Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations*. LA-8787-NERP, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos.
- Wilson, D., Cole, R., Nichols, J., Rudran, R. & Foster, M. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.
- Wilson, R., Regehr, E., Rode, K. & St Martin, M. (2016). Invariant polar bear habitat selection during a period of sea ice loss. *Proceedings of the Royal Society of London*, B 283: 380-388.
- Woodroffe, R. (2011). Demography of a recovering African wild dog (*Lycaon pictus*) population. *Journal of Mammalogy* 92: 305-315.
- Zhu, D., Ciais, P., Chang, J., Krinner, G., Peng, S., Viovy, N. & Zimov, S. (2018). The large mean body size of mammalian herbivores explains the productivity paradox during the Last Glacial Maximum. *Nature Ecology & Evolution* 2(4): 640.