

TASAS DE ENCUENTRO: UN CAMINO PARA EL MONITOREO

Salvador Mandujano

Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C.,
Xalapa, Veracruz, México. salvador.mandujano@inecol.mx

El estudio con cámaras trampa genera grandes volúmenes de datos fotográficos, de los cuales suele calcularse el índice de abundancia relativa. Pero este no es un verdadero parámetro de abundancia, sino una tasa fotográfica. Por tanto, es crucial corregir esa denominación.

Las cámaras trampa se han convertido en una herramienta indispensable para estudiar mamíferos silvestres, como señala Mandujano (2017). Sin embargo, convertir esas fotografías en números simples ha derivado en una práctica generalizada pero imprecisa: el Índice de Abundancia Relativa (IAR). Sollmann y colaboradores (2013) demostraron que el IAR no es confiable para comparar especies o sitios, ya que no considera las diferencias en la detectabilidad. Esta varía según factores como la altura de las cámaras, la vegetación, el comportamiento de cada especie y el esfuerzo de muestreo, tal como lo encontraron Sereno-Cadierno y colaboradores (2026). Por ello, cada vez más estudios optan por la tasa de encuentro o fotográfica, que Rovero y Marshall (2009) validaron como un buen predictor de la densidad. Este cambio es conceptual, no numérico: no se trata de calcular un número distinto, sino de reconocer que la tasa de encuentro es una medida basada en el esfuerzo de muestreo, lo que permite comparaciones más justas entre especies y sitios, como explica Mandujano (2024).

Imagina que colocas 25 cámaras trampa durante 100 días en una selva seca. Después de 2500 cámaras/día de muestreo, obtienes fotos independientes: 15 de puma y 15 de lince. Para ambas especies se calcula exactamente el mismo IAR = 0.6 fotos/100 días-cámara. ¿Deberíamos concluir que ambas especies tienen la misma abundancia relativa en el área? La respuesta es no. Sin embargo, esto es exactamente lo que se ha hecho en muchos estudios de mamíferos: se calcula el IAR y luego se compara ese número entre especies, como si reflejara directamente el tamaño de las poblaciones. Pero como veremos, esta práctica puede llevar a conclusiones erróneas.

Un aspecto fundamental es que el IAR fue propuesto originalmente para monitorear cambios en una misma especie a lo largo del tiempo o entre localidades, no para comparar especies distintas. Este empleo se basaba en dos supuestos: el primero, que el índice está positivamente y linealmente relacionado con la abundancia poblacional; el segundo, que la detectabilidad de la especie es constante. La fórmula para calcular este índice es muy simple: $IAR = (n/días) \times 100$. En palabras, el Índice de Abundancia Relativa (IAR) es "el promedio de fotos de una especie por cámara durante 100 días de muestreo". Pero aquí está el problema: este cálculo no considera la probabilidad de detección, es decir, qué tan fácil o

difícil es captar a un animal con la cámara. Y esa probabilidad puede variar mucho entre las especies e incluso, en una misma especie, entre distintas localidades o temporadas.

Regresemos al ejemplo. El puma recorre grandes distancias; es muy cauteloso y, en el área de estudio, es muy probable que solo habiten algunos individuos. Es decir, es poco abundante y difícil de detectar. Se obtienen 15 fotos independientes en 3 de las 25 cámaras, por lo que es probable que uno o pocos individuos hayan sido fotografiados en varias de ellas en una o más ocasiones. El lince, en cambio, es relativamente más confiado, usa los caminos con frecuencia y se le fotografía en 13 de las 25 cámaras, para un total de 15 fotos. Es decir, es más abundante y más detectable. Para ambas especies se obtiene exactamente el mismo IAR = $(15 / 2500) \times 100 = 0.6$ fotos por cada 100 días-cámara. Pero eso no significa que tengan la misma abundancia relativa. El lince podría ser más abundante, más detectable o una combinación de ambas. De hecho, en este ejemplo, el porcentaje de cámaras en las que aparece cada especie ("ocupación *naïve*") sugiere que el lince está presente en el 52 % de los sitios, mientras que el puma solo en el 12 %. Por lo tanto, comparar sus IAR como si reflejaran abundancias relativas resulta engañoso.

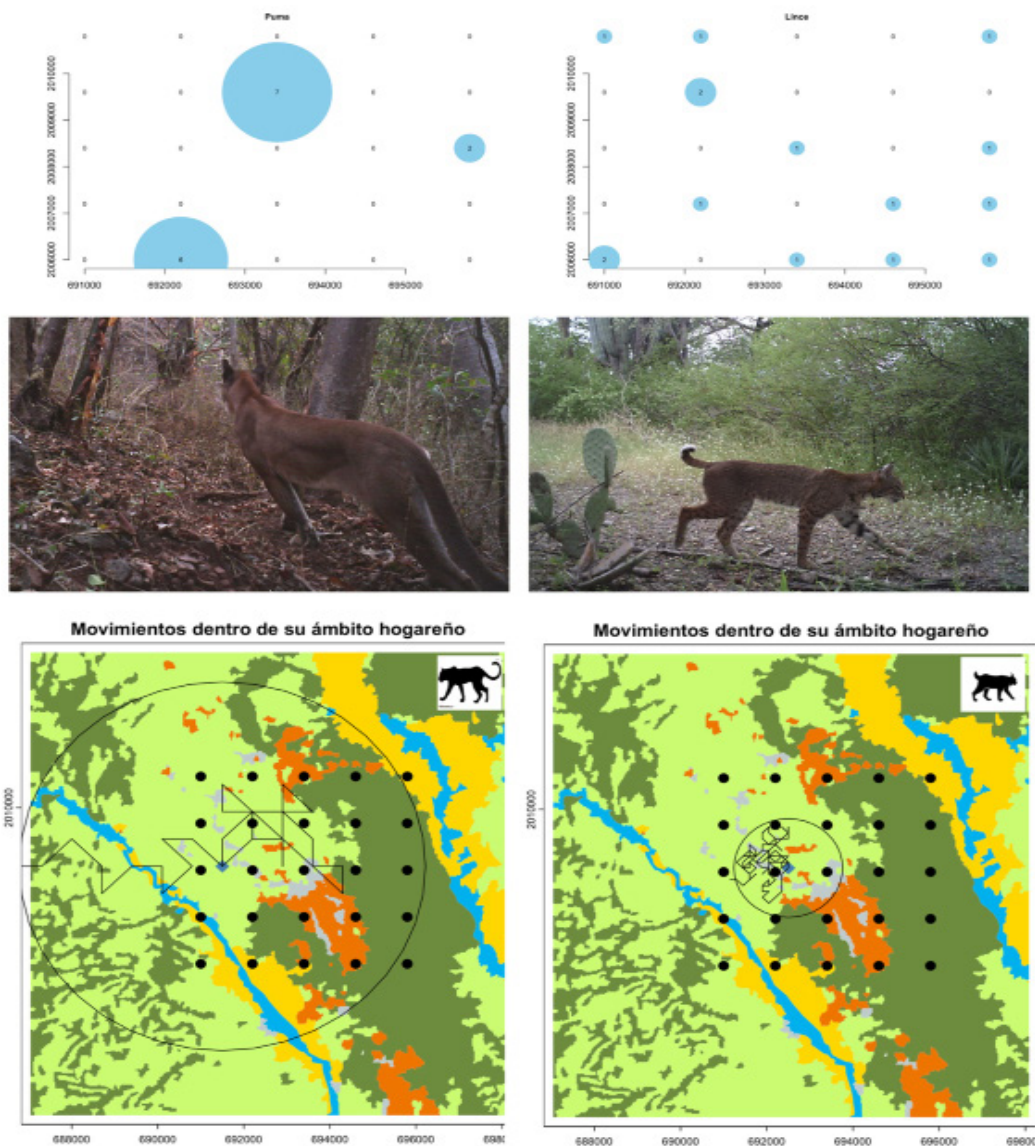
¿Por qué varía tanto la detectabilidad? La probabilidad de que una cámara fotografíe o "capture" a un animal depende de múltiples factores. El comportamiento: hay especies que usan senderos y otras que los evitan, que tienen ámbitos hogareños más grandes o más pequeños, y que se mueven mayores o menores distancias. El tamaño también influye: los animales pequeños pasan más desapercibidos o son menos detectables que los grandes. El hábitat es clave: en vegetación densa el área de detección se reduce, mientras que en áreas abiertas las cámaras capturan a mayores distancias. La estacionalidad cambia las condiciones: en época de lluvias, la vegetación crece y la visibilidad disminuye; en época seca, ocurre lo contrario. Y finalmente, el diseño de muestreo, incluyendo el número de cámaras colocadas o de sitios muestreados, la distancia entre cámaras, el uso de cebos o la altura a la que se colocan los dispositivos, afecta notablemente qué y a quién fotografiamos, e incluso la experiencia de quien coloca las cámaras influye en gran medida en la detección. Por todo esto, comparar el IAR entre especies es como comparar peras con manzanas: no sabemos si la diferencia se debe a la abundancia real, a la detectabilidad, a ambas o a otros factores desconocidos.

Ante esto, cada vez más estudios abandonan el uso e interpretación del IAR como indicador fiable de la abundancia poblacional. En su lugar, los usuarios de esta métrica ahora optan por visualizar estos datos simplemente como "tasa de captura", "tasa de encuentro", "tasa fotográfica" y otros términos relacionados. Es decir, reconocen que el número de fotos obtenidas por unidad de esfuerzo de muestreo es un dato descriptivo útil, pero no debe interpretarse automáticamente

como un reflejo del número de individuos. La tasa de encuentro nos dice qué tan seguido aparece una especie frente a las cámaras, pero esa frecuencia depende tanto de su abundancia real como de su comportamiento, del tamaño del animal, del hábitat, del diseño del muestreo y de otros factores. Al llamarla "tasa de encuentro" en lugar de "índice de abundancia relativa", los académicos somos más honestos y precisos: reportamos lo que realmente cuantificamos (la tasa fotográfica), no una interpretación de la abundancia. Lo importante es que este cambio es conceptual, no numérico, ya que ambos conceptos, IAR o tasa de encuentro, emplean la misma fórmula para su cálculo.

En mi opinión, si realmente necesitas estimar la abundancia absoluta o la densidad poblacional, existen enfoques conceptuales y metodológicos más robustos basados en datos de cámaras trampa. Para darte una idea, los modelos N-mixtos estiman la abundancia local o por sitio considerando la detección imperfecta, es decir, corrigen por el hecho de que nunca detectamos a todos los individuos presentes en un lugar. Los modelos de ocupación son muy útiles como medida

de la distribución local, particularmente para especies raras o poco detectables, porque estiman la probabilidad de que una especie esté presente en un sitio, incluso cuando no se detecta en todas las ocasiones de muestreo. Los modelos de encuentro aleatorio (REM) permiten estimar la densidad sin necesidad de marcar a los individuos, utilizando la tasa de encuentro, la velocidad de desplazamiento de los animales y el área efectiva de detección de las cámaras. Los modelos de distancia también son muy útiles cuando los individuos no se reconocen entre sí, ya que utilizan la distancia perpendicular desde la cámara hasta el animal fotografiado para estimar la densidad en el área muestreada. Pero en los casos en que es posible identificar a individuos por sus manchas u otras marcas naturales, los modelos de captura-recaptura explícitos espacialmente (SECR) ofrecen estimaciones muy precisas, ya que utilizan los patrones de recaptura de cada individuo en diferentes cámaras para estimar la densidad y el ámbito hogareño. Estos modelos, aunque más complejos matemáticamente, corrigen el sesgo de detectabilidad y permiten comparaciones estadísticamente más robustas del tamaño poblacional de una misma especie o entre especies, hábitats o estaciones del año, como explican Kéry y Royle (2020).



Ejemplo ilustrativo de monitoreo de puma (*Puma concolor*, a la izquierda) y lince (*Lynx rufus*, a la derecha) mediante cámaras trampa. Panel superior: ubicación espacial de 25 cámaras trampa en coordenadas UTM. Los números indican el número de fotos independientes obtenidas por cada cámara y el tamaño del círculo azul es proporcional a ese número (a mayor círculo, más fotos). Panel central: fotografías de puma y lince obtenidas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. Panel inferior: las mismas 25 cámaras (puntos negros) y un ejemplo de posibles desplazamientos diarios de los animales (líneas), obtenidos mediante telemetría GPS, sobre un mapa de tipos de vegetación.
Gráficos, fotografías y mapas: Salvador Mandujano.

Entonces, si empleas cámaras trampa, recuerda tres cosas. Primero, deja de usar la "abundancia relativa" para comparar entre especies, ya que la detectabilidad varía entre ellas. Segundo, usa mejor el concepto de "tasa de encuentro" o "tasa fotográfica" como término más claro y preciso. Tercero, si necesitas estimar la abundancia o la densidad poblacional, te sugerimos aplicar modelos conceptuales y estadísticos más sólidos, como los modelos jerárquicos que explican Kéry y Royle (2020) o los modelos de encuentro aleatorio (REM) que presentan Palencia y colaboradores (2021). Existen paquetes de R y programas computacionales que nos facilitan las estimaciones con estos modelos.

Por lo tanto, al reportar tus resultados, debes tener claro que puedes decir que obtuviste una tasa de tantas fotos por cada 100 días-cámara para la especie A y la misma o distinta para la especie B; eso refleja su detectabilidad, su uso del hábitat y, posiblemente, otros factores, pero no exclusivamente su abundancia. Pero es importante que consideres que no puedes concluir que esas tasas varían entre especies si, además, no lo pruebas estadísticamente. Te alerto de un aspecto estadístico importante: los datos de conteo no se distribuyen de manera normal; existen otras distribuciones más adecuadas para esos datos, como la de Poisson y la binomial negativa, entre otras, que pueden analizarse con modelos lineales generalizados (GLMs). Por lo tanto, la próxima vez que revises tus fotos de cámaras trampa, recuerda: cada foto independiente no representa necesariamente a distintos individuos de una misma especie, y una tasa de encuentro no refleja necesariamente la abundancia de esa población.

En conclusión, lo que medimos importa, pero cómo lo llamamos e interpretamos importa aún más. La claridad de los conceptos en el lenguaje científico es la base de buenas decisiones para la conservación y el manejo de la fauna silvestre.

LITERATURA CONSULTADA

- Kéry, M., y J. A. Royle. 2020. Applied hierarchical modeling in ecology: analysis of distribution, abundance and species richness in R and BUGS: Volume 2: Dynamic and advanced models. Academic Press, London, UK.
- Mandujano, S. 2017. Monitoreo de la biodiversidad de mamíferos en áreas naturales protegidas empleando cámaras trampa: sugerencias de herramientas para la gestión y el análisis numérico de las fotos. *Paraquaria Natural* 5:20-29.
- Mandujano, S. 2024. Índice de abundancia relativa y tasa de encuentro con trampas cámara: conceptos, limitaciones y alternativas. *Mammalogy Notes* 10:389.
- Palencia, P., J. M. Rowcliffe, J. Vicente, y P. Acevedo. 2021. Assessing the camera trap methodologies used to estimate density of unmarked populations. *Journal of Applied Ecology* 58:1583-1592.
- Rovero, F., y A. R. Marshall. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology* 46:1011-1017.
- Sereno-Cadierno, J., *et al.* 2026. Knee height is often right: evaluating device height effects on camera trapping rate. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, Early View. <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rse2.70053>. Consultado el 3 de julio de 2026.
- Sollmann, R., A. Mohamed, H. Samejima, y A. Wilting. 2013. Risky business or simple solution – relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation* 159:405-12.

Sometido: 12/ago/2026.

Revisado: 02/sep/2026.

Aceptado: 07/sep/2026.

Publicado: 09/sep/2026.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.