

Camelot: Una herramienta intuitiva para el manejo y procesamiento de imágenes de cámaras trampa utilizando inteligencia artificial

Jenner Rodas-Trejo^{1,*} 

(1) Programa de Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 29039, México. Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma de Chiapas, 29625, Copainalá, Chiapas, México.

Autora de correspondencia*: J. Rodas-Trejo [jenner.rodas@unach.mx]

> Recibido el 21 de junio de 2024

Cómo citar: Rodas Trejo, J. 2024. Camelot: Una herramienta intuitiva para el manejo y procesamiento de imágenes de cámaras trampa utilizando inteligencia artificial. *Ecosistemas* 33(2): 2797. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2797>

Las cámaras trampa son una herramienta ampliamente utilizada en la investigación de la fauna silvestre, ayudando a los científicos a responder preguntas ecológicas (Gómez et al. 2016). Las cámaras trampa generan una gran cantidad de imágenes, que resulta en grandes volúmenes de datos, planteando desafíos técnicos al procesarlos, requiriendo gran inversión de tiempo y esfuerzo (Tabak et al. 2022). En la actualidad, con el empleo de la Inteligencia Artificial, se ha transformado la forma en que se procesan imágenes (Schneider et al. 2020). Para ello, se han creado diferentes plataformas y programas que ofrecen herramientas para la gestión de imágenes, sintetización de información y generación de bases de datos. Una herramienta interesante que ha integrado Inteligencia Artificial y cámaras trampa es el software Camelot. La finalidad de esta nota es mostrar la aplicación práctica de Camelot, destacando sus funcionalidades clave y utilidad, ilustrado a través de un caso de estudio enfocado en el análisis de riqueza, abundancia y Patrones de Actividad Diaria de mamíferos medianos y grandes.

¿Qué es Camelot?

Camelot es un software gratuito con una interfaz intuitiva que facilita la gestión de imágenes de cámaras trampa, ofreciendo un siguiente paso natural al filtrado automático de imágenes que ofrece la Inteligencia Artificial del modelo MegaDetector, y así agilizar el flujo de trabajo semi-automatizado en el filtrado de imágenes que contiene fauna o personas (Vélez et al. 2022).

Estructura y flujo de trabajo de Camelot

Para mostrar el flujo de trabajo de Camelot tomaremos como ejemplo un estudio sobre la diversidad mastofaunística en un Área Natural Protegida en el sur de México. En el estudio se colocaron 12 cámaras trampa en tres sitios con un total de 1368 días.

La raíz de estructura de datos de Camelot está comprendida por cuatro elementos base que contienen la información sobre el proyecto, sitios y estaciones de muestreo, datos de las cámaras trampa, metadatos de las imágenes y especies (Fig. 1).

- Información del proyecto (Surveys):** El primer paso es incluir nombre y descripción del proyecto. Posteriormente se configura el tiempo de independencia de registros de individuos de la misma especie (utilizamos 60 min), forma de identificar a las especies (nombre científico), además de campos de avistamiento que vienen de forma predeterminada como la forma para clasificar el sexo (Female, Male) y el estadio de vida (Adult, Juvenile). Es posible ingresar otros campos, como el nombre de individuos identificados por patrones de manchas.
- Sitios de muestreo (Sites):** Los sitios de muestreo representan las áreas donde se colocan las estaciones de muestreo y se establecen según criterios del investigador. Por ejemplo, en el caso de estudio se muestrearon dos sitios, en cada uno se colocaron seis estaciones de muestreo, uno en zona conservada del Área Natural Protegida (Conservado) y el otro en zonas ganaderas (Perturbado). En cada sitio se le colocó el nombre, localización, ciudad, estado, país y superficie comprendida.
- Cámaras trampa (Cameras):** En este apartado se integran el nombre (ejemplo, CT1, CT2), la marca y modelo de cada cámara trampa. Una o dos cámaras trampa ubicadas en un mismo lugar constituyen una estación de muestreo.
- Especies (Species):** Camelot a diferencia de otros programas no tiene integrada una base de datos de especies, por lo que los nombres científicos se agregan de forma manual. La base de datos ingresada puede ser utilizada en otros proyectos e ir agregando nuevas especies cuando sea necesario.

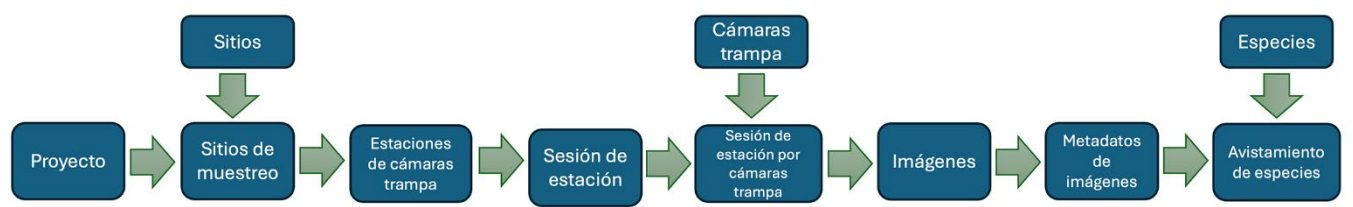


Figura 1. Esquema de la estructura y flujo de trabajo de Camelot. La estructura se conforma por un Proyecto que contiene Sitios de muestreo, que incluyen la información de las cámaras trampa y el listado de especies. El flujo de trabajo inicia con información del Proyecto, luego se especifican los Sitios de muestreo que contienen la información de las Estaciones de cámaras trampa. En cada estación, se integran las Sesiones por cámara trampa, esto genera Imágenes que contienen los Metadatos de los Avistamientos de las especies.

Figure 1. Schematic of Camelot's structure and workflow. The structure is made up of a Project containing Sampling Sites, which include the camera trap information and the list of species. The workflow starts with the Project information, then the Sampling Sites containing the information from the Camera Trap Stations are specified. At each station, the Sessions per camera trap are integrated, this generates Images that contain the Metadata of the Sightings of the species.

Con la información integrada en los cuatro elementos base, ingresamos en “*Manage camera trap stations*” y damos agregar cámara trampa (*Add camera trap*). En esta sección seleccionamos uno de los sitios (ejemplo, Conservado), nombramos a la estación de muestreo (ejemplo, C1), colocamos la fecha de inicio de actividad de la cámara trampa, las coordenadas de ubicación en decimales y la relacionamos con alguna de las cámaras trampa (ejemplo, CT1). Además, se puede ingresar información de altitud, distancia de colocación de la cámara trampa sobre el suelo, a caminos, ríos y a asentamientos humanos próximos, información que se utiliza para diferentes análisis (Fig. 2).

Información de la estructura raíz

Manejo de las cámaras trampa

Gestor para la subida de imágenes

Gestor para la integración de base de datos de especies

OrganisationLibraryAbout

Interfaz para la clasificación de imágenes

Monitorio mastofaunístico

Manage camera trap stations

Upload media

Species

Related files

Settings

Configuración de proyecto

Sort by: NameStart dateEnd date

C3
Latitude: 15.454000, Longitude: -93.659000
Session start date: 2023-05-01

C1
Latitude: 15.006000, Longitude: 93.973000
Session start date: 2021-09-01
Session end date: 2021-11-30
Finalised

C2
Latitude: 16.048400, Longitude: 93.765000
Session start date: 2021-09-01
Session end date: 2021-11-30
Finalised

Gestor de Estaciones de Muestreo

+ Add camera trap

Figura 2. Gestor para la integración de la base de datos de especies; Configuración de proyecto; Gestor de las Estaciones de muestreo; Interfaz para la clasificación de imágenes; Información de la estructura raíz; Manejo de las cámaras trampa; Gestor para la integración de la base de datos de especies.

Figure 2. Species database integration manager; Project configuration; Sampling stations manager; Image classification interface; Root structure information; Camera trap management; Species database integration manager.

Para subir las imágenes a Camelot ingresamos a cada una de las estaciones de muestreo (ejemplo, C1), colocamos la fecha de recogida de la cámara trampa e ingresamos si fue retirada, perdida o si sigue activa en campo. En “*Upload media*” seleccionamos a la estación de muestreo y arrastramos las imágenes. En caso de haber un error, por ejemplo, que las fechas

de muestreo de la cámara trampa no coincidan con los metadatos de las imágenes, el programa dará una advertencia. Camelot no presenta límite de cantidad de datos que puede admitir, y su rendimiento para la carga de imágenes y otras funciones depende de la memoria física de la computadora. Por ejemplo, para el manejo de 100 000 imágenes se requiere un mínimo de memoria física de 4096 MB.

Ya con las imágenes subidas nos trasladamos hacia “Library”. En esta interfaz se clasifican y etiquetan las imágenes. Seleccionamos el proyecto y la estación de muestreo. En cada imagen o grupos de imágenes se selecciona “Identify selected” y se agrega la información de la especie como el nombre científico, cantidad de individuos, sexo y estadio de vida (Fig. 3). Camelot permite la selección de varias fotografías a la vez para su identificación, lo que hace que el procesamiento sea más ágil y sencillo.

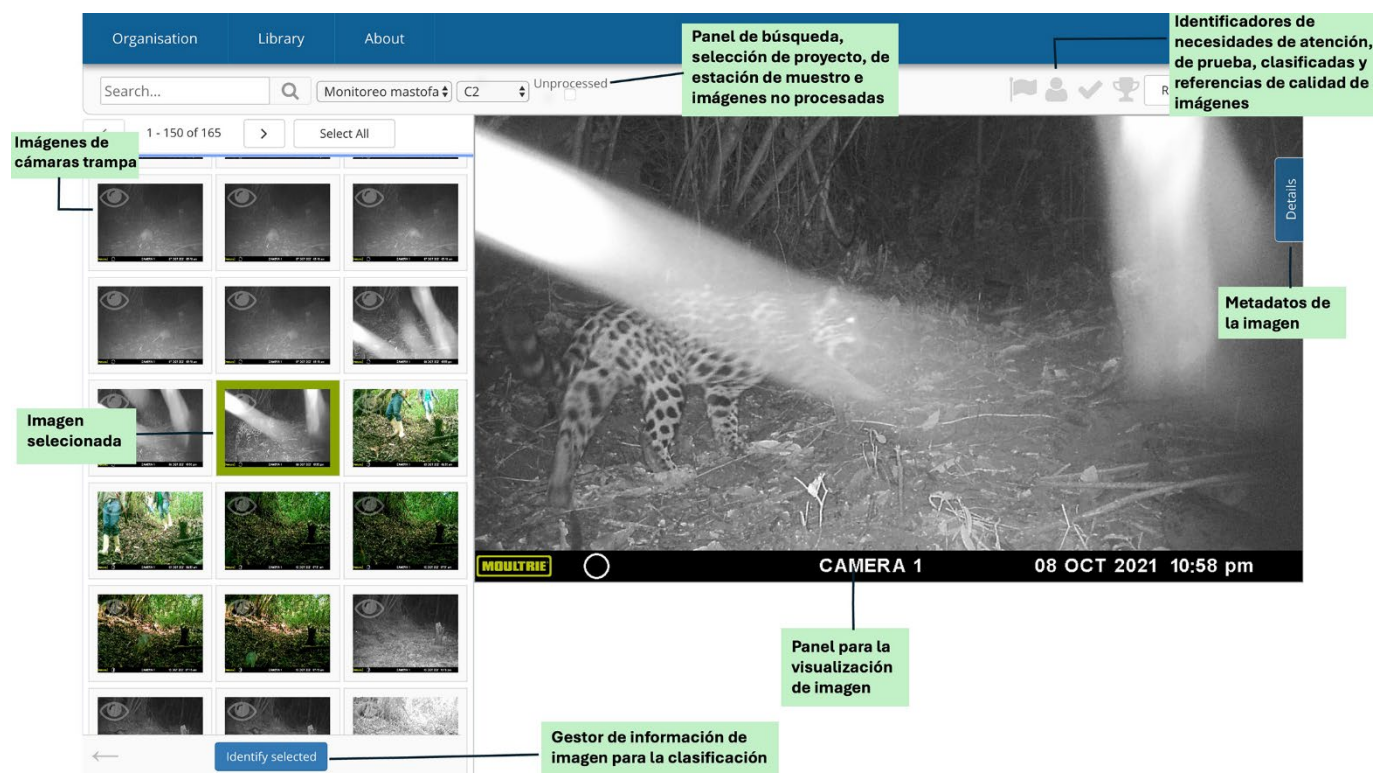


Figura 3. Panel para la visualización de la imagen; Gestor de información de la imagen para la clasificación; Panel de búsqueda; Metadatos de la imagen, l'identificadores de necesidades de atención, de prueba, clasificadas y referencia de calidad de imágenes.

Figure 3. Image display panel; Image information manager for classification; Search panel; Image metadata, care needs identifiers, test, classified and image quality reference.

Informes analíticos

Camelot incluye un módulo analítico que proporciona informes con exportación de datos en archivos CSV. Por lo que, una vez finalizado el proceso de etiquetado, en la interfaz inicial se presiona “Reports”, con lo que accedemos al menú que genera informes predeterminados entre los que se encuentran:

Matriz de detección para ajustar modelos de ocupación y con el programa PRESENCE (https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/doc/presence/presence_doc.html)

Base de datos para trabajar con el paquete camtrapR de R (Niedballa et al. 2016).

Resúmenes estadísticos por proyecto, sitio, estación de muestreo, cámara trampa y especie

A diferencia de otros programas, Camelot no anida la información de los sitios de muestreo y cámaras trampa dentro del proyecto, lo que da flexibilidad a la hora de elegir variables relativas a la ocupación/abundancia de las especies y su detectabilidad.

En el caso del estudio, se requirieron los datos de abundancia, número de especies por estación de muestreo, sitio y proyecto, además de los horarios de actividad de especies con más de 50 registros. En “Reports” se descargó “effort-summary-report” que proporciona los datos de esfuerzo de muestreo en días/trampa y el número de especies diferentes registrada por sitio (Riqueza). Posteriormente se descargaron: “summary-statistics-report” que contiene información estadística de todo el proyecto y “survey-site-statistics” que contiene información estadística de cada sitio (Fig 4). En ambos reportes se pueden observar a nivel de proyecto, sitio o estación de muestreo las especies observadas, el número de estaciones y veces que fue registrada cada especie. Además, proporciona la información de la actividad nocturna, del esfuerzo de muestreo y el Índice de Abundancia Relativa (IAR) calculado como registros independientes/días-trampa*100.

Nombre del proyecto											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Survey Name	Genus	Species	Number of Trap	Number of Photos	Independent Observations	Nocturnal (%)	Nights Elapsed	Abundance Index		
2	Monitoreo	Bassariscus	sumichrasti	1	9	2	100	1078	0.186		
3	Monitoreo	Bos	sp	1	20	37	0	1078	3.432		
4	Monitoreo	Canis	lupus	3	34	27	66.67	1078	2.505		
5	Monitoreo	Conepatus	leucotonus	2	11	4	100	1078	0.371		
6	Monitoreo	Crax	rubra	0	0	0 -		1078	0		
7	Monitoreo	Cuniculus	paca	4	12	4	100	1078	0.371		
8	Monitoreo	Dasyprocta	mexicana	0	0	0 -		1078	0		
9	Monitoreo	Dasyprocta	novemcinctus	5	39	12	100	1078	1.113		
10	Monitoreo	Didelphis	marsupialis	6	112	40	100	1078	3.711		
11	Monitoreo	Eira	barbara	3	15	5	0	1078	0.464		
12	Monitoreo	Leopardus	pardalis	6	20	8	100	1078	0.742		
13	Monitoreo	Leopardus	wiedii	1	4	2	100	1078	0.186		
14	Monitoreo	Mazama	temama	5	45	12	100	1078	1.113		
15	Monitoreo	Nasua	narica	6	254	117	5.13	1078	10.853		
16	Monitoreo	Odocoileus	virginianus	8	107	25	52	1078	2.319		
17	Monitoreo	Ortalis	vetula	7	75	83	2.41	1078	7.699		
18	Monitoreo	Panthera	onca	1	2	1	100	1078	0.093		
19	Monitoreo	Pecari	tajacu	9	766	171	54.39	1078	15.863		
20	Monitoreo	Puma	concolor	5	36	10	70	1078	0.928		
21	Monitoreo	Puma	yagouaroundi	3	6	3	0	1078	0.278		
22	Monitoreo	Sciurus	sp	10	158	109	1.83	1078	10.111		

Figura 4. Ejemplo de reporte final, que incluye datos clave para cada especie registrada. El reporte incluye nombres científicos, proporción de estaciones con registros, total de registros, registros independientes, actividad nocturna, esfuerzo de muestreo e índice de abundancia relativa (IAR).

Figure 4. Example of final report, including key data for each species recorded. The report includes scientific names, proportion of stations with records, total records, independent records, nocturnal activity, sampling effort, and relative abundance index (RAI).

Para comparar los Patrones de Actividad Diaria entre dos especies de interés, se descarga el reporte “CamtrapR Record Table” y se realiza el análisis con el paquete camtrapR de R (Niedballa et al. 2016) (Fig 5). Como ejemplo seleccionamos las especies *Nasua narica* y *Pecari tajacu* que presentan más de 50 registros por lo cual utilizamos el estimador “Dhat4” (Meredith y Ridout 2021).

```
library(camtrapR)
```

```
Data_mam <- read.csv("record-table_2024-05-31_2008.csv", header = T)
```

```
#Se selecciona el reporte “CamtrapR Record Table” de Camelot y se carga al script
```

```
activityOverlap(recordTable = Data_mam, speciesA = "Pecari tajacu", speciesB = "Nasua narica", speciesCol = "Species",
recordDateTimeCol = "DateTimeOriginal", recordDateTimeFormat = "ymd HMS", addLegend = TRUE, legendPosition =
"topleft", pngMaxPix = 1000, add.rug = TRUE, overlapEstimator = c("Dhat4"))
```

```
#Se seleccionan al reporte y especies Pecari tajacu y Nasua narica, además del estimador “Dhat4” utilizado cuando ambas
muestras son mayores a 50 registros
```

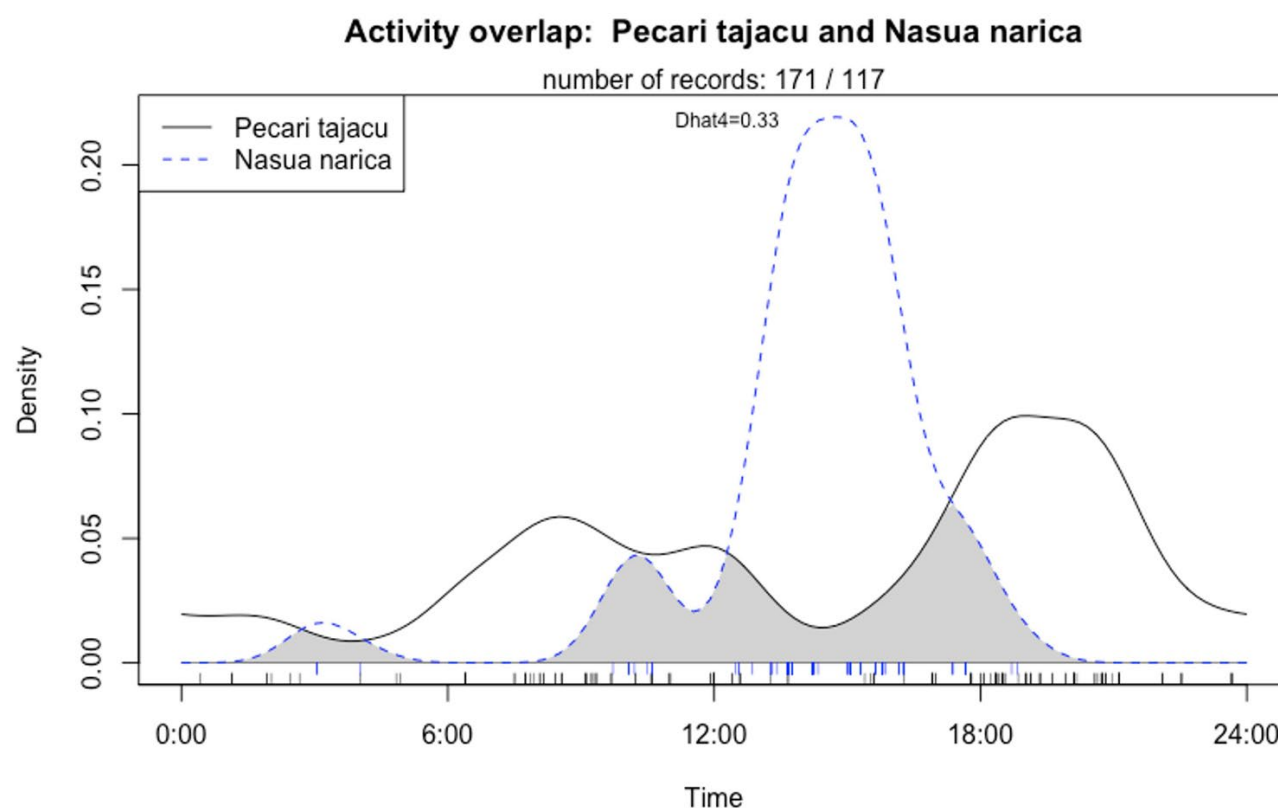



Figura 5. Ejemplo de superposición temporal de los patrones diarios de actividad para *Nasua narica* y *Pecari tajacu*. Se muestra la superposición temporal entre las especies que está representada por el área sombreada. El coeficiente de superposición (D_{hat4}) varía de "0" sin superposición a "1" con superposición completa.

Figure 5. Example of temporal overlap of daily activity patterns for *Nasua narica* and *Pecari tajacu*. The temporal overlap between species is shown and is represented by the shaded area. The overlap coefficient (D_{hat4}) varies from "0" with no overlap to "1" with complete overlap.

Desventajas

Entre las desventajas que presenta Camelot a diferencia de otras plataformas, es que no realiza directamente el reconocimiento de especies, ni encuadra al animal, ni genera informes personalizados para otros programas o paquetes de R como unmarked (Kellner et al. 2023) o spOccupancy (Doser et al. 2022). Además, la importación masiva de datos puede ser complicada para usuarios nuevos y algunas tareas, como la carga y búsqueda de imágenes, pueden volverse lentas a medida que aumenta el tamaño del conjunto de datos.

Finalizando

Camelot reduce notablemente el tiempo de etiquetado, preparación de bases de datos y generación de reportes. Si bien no se ha evaluado el rendimiento de Camelot, el modelo MegaDetector (<https://saul.cpsc.ucalgary.ca/timelapse/pmwiki.php?n=Main.DownloadMegadetector>) que utiliza presenta un rendimiento entre el 87 al 99% en el filtrado de imágenes. En el ejemplo presentado y por experiencia en el uso de otros programas como Wild.ID (<https://github.com/ConservationInternational/Wild.ID>) y Timelapse2 (<https://saul.cpsc.ucalgary.ca/timelapse/pmwiki.php?n=Main.Download2>), Camelot redujo notablemente el tiempo de etiquetado y en la preparación de reportes para los análisis. Para más información sobre su uso se puede consultar <https://camelot-project.readthedocs.io/en/latest/>

Disponibilidad de datos

La revisión abierta de la nota está disponible en: https://github.com/ecoinfAEET/Notas_Ecosistemas/issues/55

Los datos y código asociados a la nota están en: https://github.com/Jennerodas/Ejemplo_Camelot

Agradecimientos

Gracias al grupo de Ecoinformática de la AEET, a Julen Astigarraga, David García Callejas, Pablo Quiles Tundidor y Loreto Martínez-Baroja por sus valiosos comentarios para mejorar esta nota. Al Programa de Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías CONAHCYT.

Referencias

- Doser, J.W., Finley, A.O., Kéry, M., Zipkin, E.F. 2022. spOccupancy: An R package for single-species, multi-species, and integrated spatial occupancy models. *Methods In Ecology And Evolution* 13(8), 1670-1678. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13897>
- Gómez, A., Díez, G., Salazar, A., Díaz, A.M. 2016. Animal Identification in low quality camera-trap images using very deep Convolutional Neural Networks and confidence thresholds. En: Bebis, G., Boyle, R., Parvin, B., Koracin, D., Porikli, F., Skaff, S. Entezari, A. (eds.). *Advances in Visual Computing. ISVC 2016. Lecture Notes in Computer Science*, pp. 747-756, vol 10072. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50835-1_67
- Kellner, K.F., Smith, A.D., Royle, J.A., Kéry, M., Belant, J.L., Chandler, R.B. 2023. The unmarked R package: Twelve years of advances in occurrence and abundance modelling in ecology. *Methods In Ecology And Evolution* 14(6), 1408-1415. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.14123>
- Meredith, M., Ridout, M. 2021. *overlap: Estimates of Coefficient of Overlapping for Animal Activity Patterns*. <https://CRAN.R-project.org/package=overlap>
- Niedballa, J., Sollmann, R., Courtiol, A., Wilting, A. 2016. CamtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods In Ecology And Evolution* 7(12), 1457-1462. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12600>
- Schneider, S., Greenberg, S., Taylor, G.W., Kremer, S.C. 2020. Three critical factors affecting automated image species recognition performance for camera traps. *Ecology And Evolution* 10(7), 3503-3517. <https://doi.org/10.1002/ece3.6147>
- Tabak, M.A., Falbel, D., Hamzeh, T., Brook, R.K., Goolsby, J.A., Zoromski, L.D., Boughton, R.K., et al. 2022. CameraTrapDetectoR: Automatically detect, classify, and count animals in camera trap images using artificial intelligence. *bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)*. <https://doi.org/10.1101/2022.02.07.479461>
- Vélez, J., McShea, W.J., Shamon, H., Castiblanco-Camacho, P.J., Tabak, M.A., Chalmers, C., Fergus, P., et al. 2022. An evaluation of platforms for processing camera-trap data using artificial intelligence. *Methods In Ecology And Evolution (Online)*, 14(2), 459-477. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.14044>