

ESCUCHANDO A LOS MONOS ARAÑA PARA CONSERVARLOS

Eduardo José Pinel-Ramos^{1,2*}, Filippo Aureli^{1,2} y Denise Spaan^{1,2}

¹ Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
eduardo.jose.pinel@gmail.com (EJP-R); faureli@uv.mx (FA); dspaan@uv.mx (DS).

² ConMonoMaya, A.C., Chemax, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia.

Una de las preguntas más frecuentes que hacemos en la biología es ¿cuántos animales hay en un lugar? Esto puede aplicarse a una especie en particular en uno o varios lugares, o a diversas especies dentro de un área natural específica, por ejemplo. Para intentar contestar esta pregunta necesitamos monitorear las poblaciones de fauna silvestre, lo cual consiste en el estudio y conteo de especies en su hábitat natural.

El monitoreo es fundamental para saber si una especie en particular está presente en un lugar dado y la abundancia de la especie (cuántos individuos hay de la especie en particular). Esta información es clave para diseñar estrategias de conservación eficaces. Mediante los datos obtenidos a través del monitoreo a lo largo del tiempo, es posible detectar cambios en las poblaciones, identificar amenazas emergentes y evaluar el impacto de las intervenciones de conservación. Sin un monitoreo adecuado, es imposible saber si las poblaciones están disminuyendo, son estables o están aumentando, lo que limita la capacidad de tomar decisiones informadas para protegerlas. La detección temprana de disminuciones de las poblaciones y sus causas es vital para impulsar acciones de conservación antes de que las especies alcancen niveles críticos de peligro de extinción.

Hay algunas especies de animales que se encuentran en peligro de extinción debido a actividades humanas, como la destrucción de los hábitats naturales. Una de estas especies según la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es el mono araña de Geoffroy (*Ateles geoffroyi*), mejor conocido simplemente como "mono araña". Los monos araña son una de las tres especies de primates que se distribuyen en México y se pueden encontrar en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Sin embargo, debido a la situación actual de sus poblaciones, y a la falta de información sobre la especie en muchos sitios a lo largo de su distribución, es necesario un monitoreo constante. Pero, esto suena más fácil de lo que es.

Históricamente, los monitoreos se han realizado utilizando métodos tradicionales como los transectos lineales, que consisten en caminar largas distancias en línea recta dentro de la selva y contar a todos los individuos observados de una especie durante el recorrido. Sin embargo, algunas de las características específicas de los monos araña los hacen difíciles de monitorear con este método. Por ejemplo, los monos araña, son una especie que presenta hábitos arborícolas (esto quiere decir que pasan la mayor parte de su tiempo en las copas de los árboles) y se consideran especialistas de selvas maduras (selvas

que se encuentran en buen estado de conservación). Esto complica su observación porque a veces se pueden esconder detrás de las hojas o las ramas de los árboles y es posible que el observador no los vea durante los recorridos, causando que se cuenten menos individuos de los que en realidad hay. Los monos araña tienen un cuerpo alargado y delgado con una cola larga y prensil (una cola adaptada para agarrar o sujetar objetos como las ramas) que facilita su desplazamiento rápido por los árboles, lo que hace que sean difíciles de observar y contar debido a su velocidad.

Los monos araña viven en tropas, que son grupos grandes compuestos de varios machos y varias hembras. Sin embargo, presentan una característica muy particular y es que los grupos de monos araña se dividen en varios subgrupos más pequeños y de composición variable (esto quiere decir que los individuos en un subgrupo cambian a lo largo del tiempo) lo que se conoce como alto grado de dinámica de fisión-fusión. Esta característica afecta negativamente los conteos de los monos araña, ya que es posible que el observador pueda encontrar y contar varias veces los mismos individuos en subgrupos diferentes durante un mismo recorrido lo que puede generar una sobreestimación de sus poblaciones. Los monos araña se alimentan principalmente de frutos por lo que son considerados una especie frugívora. Debido a su alimentación, los monos araña son una especie muy importante en el proceso de regeneración de las selvas, ya que ayudan a transportar las semillas a diferentes lugares de la selva y al pasar por su tracto digestivo les permite germinar y crecer en un lugar diferente al que fueron consumidos. Esta es una de las razones por las cuales hay que seguir haciendo monitoreos, para asegurar el futuro de las selvas que habitan. Sin embargo, debido a las características previamente mencionadas, como sus hábitos arborícolas, sus rápidos movimientos, y su división en subgrupos, el monitoreo de sus poblaciones a través de métodos tradicionales se dificulta. Por esto, es necesario la búsqueda de métodos alternativos que permitan recopilar información de manera rápida y eficiente.



Individuo de mono araña de Geoffroy (*Ateles geoffroyi*) en Los Árboles Tulum, Tulum, Quintana Roo, México.
Fotografía: Denise Spaan.

Los monos araña al igual que muchas otras especies de animales presentan un variado repertorio de vocalizaciones que usan para comunicarse con otros individuos. Este repertorio de vocalizaciones abre la oportunidad de explorar metodologías de monitoreo que dependen de sonidos y no solamente de la observación directa de los monos. El monitoreo acústico pasivo es una técnica que consiste en instalar una grabadora de sonido automática en la selva para capturar todos los sonidos del ambiente, incluyendo las vocalizaciones de las especies que allí se encuentren. A través de estas grabaciones se pueden estudiar y monitorear las poblaciones de fauna silvestre. Algunas de las ventajas del monitoreo acústico pasivo es que es un método no invasivo (es decir, que no perturba a las especies silvestres porque no es necesario estar en el lugar y observar o contar directamente a los animales) que permite la colecta de datos durante largos periodos de tiempo sin alterar el comportamiento natural del animal de interés o de otros animales. Esto hace que sea una técnica particularmente útil para aquellas especies difíciles de observar de manera directa en campo. Además, es una técnica útil para monitorear poblaciones que viven en áreas con topografía irregular (por ejemplo, terrenos montañosos) donde el establecimiento de transectos lineales es muy difícil. El monitoreo acústico pasivo permite a los investigadores captar estas vocalizaciones para determinar si ciertas especies están presentes en un sitio y además permite analizar y entender en qué momentos o con qué frecuencia las especies vocalizan. Debido a esto, el monitoreo acústico pasivo se presenta como una potencial herramienta para el monitoreo rápido y eficaz de las poblaciones silvestres de monos araña.

El uso y la implementación de un sistema de monitoreo acústico pasivo requiere varios pasos. Primero, se deben seleccionar los sitios en los cuales se instalarán las grabadoras. Estos sitios se escogen dependiendo de la pregunta de investigación que se quiere responder. Por ejemplo, actualmente estamos utilizando el monitoreo acústico pasivo para determinar la presencia de los monos araña en las selvas en la Península de Yucatán, México. Nuestro objetivo es determinar cuáles son los factores que influyen sobre la presencia de los monos araña en selvas en regeneración y cómo la calidad de las zonas alrededor influye sobre la presencia de monos araña en selvas maduras. Para esto colocamos grabadoras de sonido automáticas en 45 sitios de muestreo correspondientes a selva en regeneración en diferentes estados de sucesión y en 15 sitios en selva madura. Una vez instaladas, las grabadoras registrarán los sonidos durante las horas del día y el periodo de tiempo que escogamos (generalmente durante varios días o semanas). Las horas que escogamos van a depender de la especie de estudio. Si la especie es diurna, las grabadoras deberían de estar activas durante el día, por el contrario, si la especie es nocturna, deberían de estar activas por la noche. En muchas ocasiones, para optimizar el espacio de la memoria de la grabadora, se puede reducir el tiempo de muestreo y solo grabar durante las horas del día en la que la especie de estudio es más activa. En nuestro estudio las grabadoras colectaban datos durante 8.5 horas al día, entre las 06:30 y 11:00 horas y las 15:00 y 19:00 horas, que son los periodos del día donde los monos araña están más activos. El número de días que dejemos una grabadora en cada sitio puede ser muy variable y va a depender de nuestros objetivos y especie de estudio. Por ejemplo, si la especie es rara y difícil de detectar, es recomendable un muestreo a largo plazo, dejando la grabadora varios días o semanas. En nuestro estudio colocamos las grabadoras durante 30 días de monitoreo (15 durante la temporada seca y 15 durante la temporada lluviosa). Una vez finalizado el periodo de grabación se recogen las grabadoras y las grabaciones son analizadas en el laboratorio. El análisis de las grabaciones implica la identificación de las vocalizaciones de los monos araña.

Cuando el análisis se realiza manualmente, se deben de escuchar todas las grabaciones colectadas en campo para tratar de identificar las vocalizaciones de los monos araña. Aunque este método puede ser preciso, es también muy laborioso y puede ser muy tardado, dependiendo de la cantidad de datos que hayan sido registrados. Por ejemplo, para una grabadora que recolecte información durante las 24 horas del día, por una semana completa, el procesamiento de

de trabajo para una persona que se dedique a escuchar grabaciones por 8 horas al día. Además, los resultados obtenidos a través del procesamiento manual pueden depender en gran medida de la experiencia y/o conocimiento de la especie por parte de la persona encargada de escuchar las grabaciones, ya que es posible que una persona con más experiencia pueda identificar con mayor facilidad las vocalizaciones de los monos araña que una persona con menos experiencia. Debido a la gran cantidad de tiempo necesario para realizar el procesamiento manual, estudios donde se colocan grabadoras en varios puntos de muestreo al mismo tiempo y en los cuales las grabadoras están activas durante muchas horas al día por varios días, el procesamiento manual de los audios es casi imposible. En estos casos, se puede realizar un procesamiento semiautomático utilizando algoritmos especializados que permiten el reconocimiento automático de patrones acústicos de las vocalizaciones basados en inteligencia artificial.



Grabadora de sonido automática instalada en una selva en regeneración en la Península de Yucatán, México.
Fotografía: Eduardo José Pinel-Ramos.

Durante el procesamiento semiautomático, el algoritmo es entrenado para reconocer y detectar el tipo de vocalizaciones de los monos araña que queremos utilizar. A la vocalización que se utiliza para entrenar al algoritmo se le conoce como "vocalización objetivo". La selección de la vocalización objetivo es una fase muy importante del proceso que requiere una planificación meticulosa y un entendimiento de la especie estudiada. En el caso de los monos araña, esto implica conocer las diferentes vocalizaciones que emiten y sus características, como qué tan frecuentemente las realizan (cuántas veces al día emiten la vocalización) y la duración de cada una de ellas. Es importante elegir vocalizaciones objetivo que sean fáciles de diferenciar de los demás sonidos que ocurren en la selva y que la especie realice de manera frecuente. Nosotros utilizamos una vocalización de los monos araña que se conoce como "whinny" (equivalente a "relincho" en español porque se parece a la vocalización de un caballo) que es su llamada de contacto, ya que esta llamada es la que emiten con más frecuencia dentro de su repertorio vocal y porque ya se ha utilizado con éxito para detectar monos araña en estudios previos. Para entrenar el algoritmo, se usan uno o varios ejemplos de la vocalización objetivo (generalmente se recomienda utilizar ejemplos que incluyan posibles variaciones de la vocalización de interés y deben diferir en calidad, incluyendo plantillas en las que la vocalización objetivo pueda diferenciarse claramente y plantillas que incluyan ruido ambiental) hasta que el algoritmo tenga un alto grado de detección. Después del entrenamiento, el algoritmo diferencia

las vocalizaciones objetivo de los demás sonidos ambientales y de las vocalizaciones de otras especies. A partir de esto, todavía hay mucho trabajo que hacer porque el algoritmo solo indica en cuáles grabaciones existe la probabilidad que está la vocalización de los monos araña. Es todavía necesario escuchar todas estas grabaciones seleccionadas por el algoritmo para poder determinar en cuáles efectivamente los monos araña vocalizaron. Entonces el proceso no es completamente automático, y se llama detección semiautomática.

El uso del monitoreo acústico pasivo permite a los investigadores no solo detectar la presencia de monos araña en un área específica, sino también monitorear cambios en sus patrones de vocalización a lo largo de diferentes periodos de tiempo (por ejemplo, en qué horas del día o durante qué meses del año los individuos vocalizan con mayor frecuencia). Esto puede proporcionar información valiosa sobre el comportamiento social, las relaciones entre individuos y la respuesta de estas poblaciones de monos araña a cambios que puedan estar ocurriendo en su ambiente. Por ejemplo, a partir de nuestro estudio, esperamos poder identificar potenciales sitios de distribución para los monos araña de Geoffroy en selvas en regeneración. La mayoría de los estudios se han enfocado en censos de la especie en selvas maduras. Sin embargo, dado que las selvas en regeneración son cada vez más comunes y abundantes en toda Mesoamérica, la detección de monos araña en estos sitios es crucial para la planificación de estrategias de conservación, ya que permite focalizar esfuerzos en áreas con alto potencial de ser habitadas por estos primates.

Varios estudios previos han demostrado la efectividad de utilizar el monitoreo acústico pasivo para el monitoreo de monos araña. Por ejemplo, en Costa Rica se evaluó cómo los monos araña de Geoffroy responden a los cambios que están ocurriendo en el ambiente. En este caso se colocaron grabadoras automáticas en 341 sitios, dando un total de 35,805 horas de grabaciones que se revisaron con ayuda de un algoritmo. Se encontró que los monos araña no usan áreas que tengan menos del 80 % de selva y en áreas que se ubican a menos de 1 km de las carreteras principales. Además, un resultado importante fue que contrario a lo reportado en estudios en otras partes de la distribución de la especie, los monos araña pueden estar presentes con la misma probabilidad tanto en selva madura como en selva en regeneración.

De igual manera, en México, se utilizó el monitoreo acústico pasivo para evaluar los efectos de las actividades humanas, como los asentamientos humanos, áreas recreativas, pérdida de selva y ruido antropogénico, sobre el número de monos araña en sitios de turismo de bajo impacto en la Riviera Maya, Quintana Roo. Para determinar la presencia de los monos araña, se combinó el monitoreo acústico pasivo con muestreo en puntos fijos de conteo (en este método se eligen puntos específicos en un área de estudio donde los observadores registran la cantidad de individuos de la especie de estudio vistos o escuchados durante un período de tiempo determinado). Se recolectaron datos de 98 horas de muestreo en puntos fijos de conteo y 6,768 horas de grabaciones acústicas. Se encontró que hay más monos araña donde hay menos selva y donde la cantidad de turistas y los asentamientos humanos es mayor. Este resultado parece contraintuitivo a primera vista, pero podría ser debido a que los humanos y los monos araña prefieren las mismas áreas, como áreas alrededor de cenotes donde hay mayor abundancia de árboles frutales importantes para la dieta de los monos. Este resultado también sugiere que los monos araña pueden acostumbrarse a la presencia de seres humanos y coexistir con ellos.

A partir del esfuerzo involucrado en escuchar miles de grabaciones, los estudios anteriores demuestran que el monitoreo acústico pasivo es una herramienta eficaz y no invasiva para el monitoreo de monos araña. Esta metodología permite realizar el monitoreo de poblaciones en muchos sitios a la vez y por largos periodos de tiempo, lo que facilita el seguimiento detallado de las poblaciones de monos araña en grandes áreas. El uso de algoritmos con grabaciones obtenidas

por el monitoreo acústico pasivo mejora significativamente la eficiencia y precisión en la detección de las vocalizaciones objetivo de los monos araña. Sin embargo, todavía persisten algunas limitantes que se deben tener en cuenta, como la gran cantidad de falsos positivos (grabaciones en las cuales el algoritmo detecta la vocalización objetivo, pero que en realidad los monos araña no vocalizaron) o el costo inicial que puede tener la adquisición de todo el equipo de grabación. A pesar de estos obstáculos, el uso del monitoreo acústico pasivo permite detectar la presencia de los monos araña de Geoffroy de manera confiable, lo que proporciona la oportunidad de determinar su distribución actual y evaluar cómo las actividades humanas influyen sobre sus poblaciones.

El monitoreo acústico pasivo ofrece una herramienta prometedora para mejorar nuestro entendimiento sobre los monos araña permitiendo obtener datos valiosos sobre su presencia y comportamiento en diferentes hábitats sin interferir en su entorno natural, lo cual es esencial para diseñar estrategias de conservación efectivas y asegurar la supervivencia de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología [CONAHCYT: CVU: 1107752], a CONAHCYT Ciencia de Frontera (CF-2023-I-1029) y al Primate Action Fund de Re:Wild y la fundación Margot Marsh (SMA-CCO-G0000000094).

LITERATURA CONSULTADA

- Aureli, F., y C. M. Schaffner. 2010. Spider monkeys (Quick guide). *Current Biology* 20:624-626.
- Aureli, F., et al. 2008. Fission-fusion dynamics new research frameworks. *Current Anthropology* 49:627-654.
- Cortes-Ortiz, L., et al. 2021. *Ateles geoffroyi* (Geoffroy's Spider Monkey). The IUCN Red List of Threatened Species 2021. <https://www.iucnredlist.org/species/2279/191688782>. Consultado el 1 de agosto de 2024.
- Do Nascimento, L. A., C. Pérez-Granados, y K. H. Beard. 2021. Passive Acoustic Monitoring and Automatic Detection of Diel Patterns and Acoustic Structure of Howler Monkey Roars. *Diversity* 13:566.
- Gibb, R., E. Browning, P. Glover-Kapfer, y K. E. Jones. 2019. Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution* 10:169-185.
- González-Zamora, A., et al. 2009. Diet of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) in Mesoamerica: Current knowledge and future directions. *American Journal of Primatology* 71:8-20.
- Hutschenreiter, A., et al. 2022. Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*) habituate to anthropogenic pressure in a low-impact tourism area: Insights from a multi-method approach. *International Journal of Primatology* 43:946-964.
- Lawson, J., et al. 2023. Automated acoustic detection of Geoffroy's spider monkey highlights tipping points of human disturbance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 290:20222473.
- Ma, H., y P. Fan. 2023. Application, progress, and future perspective of passive acoustic monitoring in terrestrial mammal research. *Biodiversity Science* 31:22374.
- Ordóñez-Garza, N. y J. P. Carrera-E. 2015. Mammals of Mexico. *Journal of Mammalogy* 96:1365-1366.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Que establece la Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio y Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 30 de diciembre de 2010.
- Spaan, D., et al. 2018. How survey design affects monkey counts: A case study on individually recognized spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Folia Primatologica* 88:409-420.
- Sugai, L. S. M., T. S. F. Silva, J. W. Ribeiro, y D. Llusia. 2019. Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: Review and Perspectives. *BioScience* 69:5-11.

Sometido: 20/ago/2024.

Revisado: 28/ago/2024.

Aceptado: 05/sep/2024.

Publicado: 06/sep/2024.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.