

Colecta de muestras biológicas de fauna cinegética en comunidades rurales

Pedro Mayor^{a,b,c,d}, Hani R. El Bizri^{c,e,f,g}

Resumen

El monitoreo de poblaciones de fauna es uno de los componentes principales en proyectos de conservación, ya que permite evaluar el estado de las poblaciones silvestres y mejorar la base científica para la toma de decisiones sobre su manejo. El material biológico procedente de la fauna nos proporciona información valiosa sobre todas las funciones fisiológicas, y nos permite mejorar el conocimiento ecológico y sanitario acerca de ella. Este trabajo describe una metodología alternativa de colecta oportunista de ese tipo de material, procedente de ejemplares abatidos por cazadores locales de subsistencia, como herramienta de obtención de indicadores poblacionales y monitoreo de la fauna silvestre. Además, propone una colecta racional, legal y coordinada que aproveche las presas cazadas por pobladores locales con fines de autoconsumo, y que incluya el uso de la mayor parte de los despojos: órganos torácicos y abdominales, cráneo u otros huesos del esqueleto, y muestras de sangre y otros fluidos corporales. Además, se exponen indicaciones para mejorar la calidad de la colecta de dicho material dependiendo de la finalidad de los estudios, ya sean anatómicos, forenses, sanitarios, toxicológicos, reproductivos, de ecología alimentaria y/o de estructura de edades. Este material biológico permite expandir la comprensión acerca de los procesos fisiológicos, ecológicos y comportamentales que suceden en las poblaciones silvestres de fauna, los impactos orgánicos de las actividades antrópicas y su función en la transmisión de enfermedades zoonóticas. La enorme amplitud de disciplinas involucradas nos enfrenta al reto de trabajar multidisciplinariamente con profesionales de diversos ámbitos del conocimiento.

Palabras clave: Monitoreo, fauna de caza, manejo participativo, reproducción, necropsia, medicina de la conservación

^a Departamento de Sanidad y de Anatomía Animales, Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Barcelona, España.

^b Museo de Culturas Indígenas Amazónicas, Iquitos, Loreto, Perú.

^c ComFauna, Comunidad de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y en Latinoamérica, Iquitos, Perú.

^d Postgraduate Program in Animal Health and Production in Amazonia (PPGSPAA), Federal Rural University of the Amazon (UFRA), Belém, PA, Brasil.

^e Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, Oxford Road, Manchester, United Kingdom.

^f Rede de Pesquisa para Estudos sobre Diversidade, Conservação e Uso da Fauna na Amazônia (REDEFAUNA), Manaus, Amazonas – Brasil.

^g Mamirauá Sustainable Development Institute (IDSM), Tefé, AM, Brasil.

Autor de correspondencia: Pedro Mayor. mayorpedro@hotmail.com; pedrogines.mayor@uab.cat

Coleta de amostras biológicas da fauna silvestre caçada em comunidades rurais

Resumo

O monitoramento das populações de fauna é um dos principais componentes de projetos de conservação, pois permite avaliar o estado das populações silvestres e aprimorar a base científica para a tomada de decisões sobre seu manejo. O material biológico de animais silvestres pode nos fornecer informações muito valiosas sobre as funções fisiológicas e nos permite melhorar o conhecimento ecológico e sanitário sobre a fauna. Este trabalho descreve uma metodologia alternativa para coleta oportunista de material biológico de indivíduos mortos por caçadores locais de subsistência como ferramenta para obtenção de indicadores populacionais e monitoramento da fauna silvestre. Neste trabalho, é proposta uma coleta racional, legal e coordenada que utiliza as presas caçadas pelos habitantes locais para fins de autoconsumo, e que inclui o aproveitamento da maior parte das vísceras: órgãos torácicos e abdominais, crânio ou outros ossos esqueléticos, e amostras de sangue e outros fluidos corporais. Além disso, são apresentadas indicações para melhorar a qualidade da coleta do referido material em função da finalidade dos estudos, sejam eles anatômicos, forenses, sanitários, toxicológicos, reprodutivos, de ecologia alimentar e de estrutura etária. Este material biológico irá melhorar a compreensão dos processos fisiológicos, ecológicos e comportamentais que ocorrem em populações silvestres, os impactos orgânicos das atividades antrópicas, e o papel da fauna transmissão de doenças zoonóticas. A enorme abrangência das disciplinas envolvidas em estudos relacionados a essas coletas nos confronta com o desafio de trabalhar de forma multidisciplinar com profissionais de diversas áreas do conhecimento.

Palavras chave: Monitoramento, fauna de caça, manejo participativo, reprodução, necropsia, medicina da conservação

Collection of biological samples from wildlife hunted in rural communities

Abstract

The monitoring of wildlife is one of the main components of conservation projects, since it allows assessing population status and provides the scientific basis for decision-making on wildlife management. Biological samples from wild animals can yield valuable information on species' physiological functions and improve the ecological and sanitary knowledge about wild species. This document offers an alternative methodology for the opportunistic collection of biological materials from individuals killed by local subsistence hunters, as a means to obtain population indicators and monitor wildlife populations. Here we propose a rational, legal and coordinated collection that includes the analysis of several parts of the viscera of the preys hunted by local inhabitants for purposes of wild meat consumption: thoracic and abdominal organs, skull or other skeletal bones, and blood and other body fluids. Furthermore, this document presents guidelines to improve the quality of the collection of the referred material in function of the goals of the research, whether to analyze anatomical, forensic, sanitary, toxicological, reproductive, dietary or age structure of the population. This biological material will help understand physiological, ecological and behavioral processes that occur in wild populations, the impacts of anthropic activities, and the role of wildlife in transmitting zoonotic diseases. The wide range of disciplines involved in potential studies related to this collection shows the importance of working in a multidisciplinary way with professionals from different fields.

Key words: Monitoring, game animals, participatory management, reproduction, necropsy, conservation medicine

Introducción

La mayor parte de las sociedades humanas que viven en el bosque húmedo tropical aún dependen de la caza de subsistencia como fuente de proteína animal y de ingresos económicos complementarios (van Vliet & Nasi, 2008; van Holt *et al.*, 2010; El Bizri *et al.*, 2020). Sin embargo, en muchas partes del mundo, la caza ha sido considerada una de las causas del declive de las poblaciones de fauna silvestre, junto con otras, como el cambio de uso del suelo, el cambio climático, la contaminación por metales pesados y otros productos tóxicos, y el desarrollo de infraestructuras (Robinson & Bennett, 2000; de Thoisy *et al.*, 2005; Zapata-Ríos *et al.*, 2009).

Además, en la actualidad, la irrupción de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 está cambiando la percepción de la fauna silvestre y su uso. La controversia causada por el origen zoonótico de la pandemia (Zang *et al.*, 2020) y el miedo generado en la población mundial exigen un mayor conocimiento sobre la participación que la fauna silvestre puede tener como hospedador de enfermedades infecto-contagiosas.

Se considera que en América Latina el consumo de animales silvestres es muy importante, pero existe poca información acerca de esta situación. Las estimaciones que hay son muy precarias y determinan un consumo rural anual de entre 9 y 23 millones de animales silvestres en toda la Amazonía brasileña (Peres, 2000), con 10.691 toneladas

solo en el estado Amazonas de Brasil (Bizri *et al.*, 2020), y de 113.000 animales en la Amazonía peruana (Bodmer & Lozano, 2001). Las decisiones sobre el consumo de fauna silvestre son controvertidas porque en la actualidad este es considerado como una actividad no sostenible y de alto riesgo sanitario. Sin embargo, su prohibición o restricción podría traer efectos colaterales injustos e ineficaces, ya que la carne silvestre es una fuente principal de alimento para millones de personas en todo el mundo.

La capacidad de tomar decisiones sobre el manejo de fauna depende de la calidad de la información disponible, tanto antropológica como biológica. La información biológica del recurso faunístico que es aprovechado por las comunidades humanas nos ayuda a mejorar la comprensión de la capacidad de recuperación de las diferentes especies y del riesgo sanitario que puede suponer su consumo. La disponibilidad del material biológico apropiado para coleccionar depende de la actividad en la que los animales han sido usados. Por ejemplo, cada animal consumido ha supuesto una oportunidad para mejorar la comprensión de esa especie y del entorno en el que se encuentra. La principal fuente biológica de información no se encuentra en la carne, sino que está en los órganos torácicos y abdominales, que suelen ser descartados. Así, los órganos del aparato digestivo nos permiten entender la ecología alimentaria del animal; los órganos del aparato genital, la capacidad reproductiva; los fluidos corporales, especialmente la sangre, y la presencia de lesiones en órganos, el contacto con patógenos. Aunque el estudio de un individuo

nos aporta información puntual, el estudio de un conjunto de varios individuos nos proporciona una valiosa información poblacional. Tenemos la oportunidad de ampliar el conocimiento acerca de estos aspectos a nivel poblacional, y nuestro reto consiste en diseñar estrategias que faciliten la recuperación de la mayor cantidad de material biológico de buena calidad de estos animales, el cual suele ser descartado. La importancia del material biológico colectado nos enfrenta a la necesidad de trabajar multidisciplinariamente en colaboración con cazadores y con profesionales de diversos ámbitos del conocimiento.

Este artículo describe una estrategia de colecta de muestras biológicas de individuos abatidos por cazadores locales de subsistencia como una herramienta para mejorar el conocimiento de la fauna silvestre y su ecosistema. A pesar de centrarse en el trabajo coordinado con cazadores de subsistencia, esta estrategia puede ser aplicada a otro tipo de caza, como la deportiva, e incluso al aprovechamiento de animales atropellados u otro tipo de cadáveres que se encuentren en buen estado de conservación, siempre que se produzca dentro de un marco legal.

Materiales y métodos

La colecta biológica a partir de animales cazados con fines de subsistencia es un procedimiento simple. Después de abatir la presa, los cazadores o personas cercanas

preparan la pieza de carne que será consumida. Fruto de este despiece de la canal, el poblador rural genera despojos, que suelen ser órganos torácicos y abdominales, que desecha en su entorno. El tipo de órganos descartados depende de los hábitos de cada grupo humano. La metodología que presentamos consiste en coleccionar este material biológico no utilizado por los pobladores. La información biológica obtenida depende de los órganos colectados, de la forma de conservación y del análisis que se aplique.

Uno de los aspectos más originales de este tipo de colecta biológica consiste en la necesidad de establecer una estrategia de manejo participativo de fauna silvestre, ya que los cazadores locales son el eje central de este método. Puesto que ellos se sienten criminalizados cuando personas ajenas a la comunidad observan o cuestionan su actividad de caza, esta metodología es una oportunidad para que los cazadores comprendan que sus actividades son importantes, y que son valoradas y no menospreciadas. Esta colecta, además, supone una oportunidad para que cazadores y técnicos-científicos puedan compartir y mejorar el conocimiento sobre los animales.

Implementación de la metodología

Inicialmente, es primordial explicarle a la comunidad el o los objetivos que motivan la colecta biológica. Si estos se alinean con las prioridades y las necesidades de la población local, el proceso será mucho más constructivo y exitoso para todos.

Antes de implementar cualquier estrategia de colecta biológica, el grupo de trabajo debe acompañar todas las tareas que implican la actividad de la caza, desde los preparativos, antes de la salida, hasta que el animal ha sido usado y los despojos han sido desechados. El conocimiento del proceso nos ayuda a identificar las oportunidades de colecta más adecuadas, y permite adaptar las nuevas actividades de colecta de tal forma que signifique el menor esfuerzo posible para todos y la mejor calidad de muestra biológica.

La actividad de la caza tiene componentes socioculturales concretos en cada sociedad; por lo tanto, la oportunidad y la viabilidad de la colecta depende de la rutina de caza y de la simbología que representa para el grupo humano con el que se trabaja. En ocasiones no es posible obtener la totalidad de las muestras propuestas; no obstante, esta colecta puede reducirse a muestras determinadas. En este sentido, es fundamental empezar solo con la colecta de muestras imprescindibles y evitar el riesgo de saturar o colapsar a los cazadores, ya que ellos pueden sentirse frustrados o utilizados. Es fundamental buscar sinergias entre todas las personas involucradas y preservar la sensación de ser partícipes, “*ser parte de*”. Desde nuestra perspectiva, la opción más sencilla consiste en la colecta rutinaria de todas las vísceras, ya que las personas que cazan y cocinan están habituados a retirarlas en conjunto del resto de la carcasa. Finalmente, recomendamos que la metodología de colecta sea una estrategia comunal que facilite la colaboración entre los cazadores y que resuelva las

preguntas que surjan acerca de ella.

Después del diagnóstico de la dinámica de la caza y la preparación de las presas, que aconsejamos sea realizado junto con los cazadores, el grupo de trabajo debe reflexionar sobre la información que pretende coleccionar y el material biológico disponible. Con base en esta reflexión, es importante que los cazadores reciban un entrenamiento que garantice una correcta colección y conservación de las muestras. De esta manera, es fundamental programar reuniones con ellos para enseñarles a obtener la mayor información de cada animal cazado mediante técnicas sencillas. Este espacio es muy interesante, dado que también genera un proceso inverso de capacitación desde los pobladores locales hacia los investigadores. Ellos conocen mucho mejor la práctica del manejo de cada animal y, por lo tanto, las oportunidades que nos permiten acercarnos a los objetivos trazados.

La colecta de muestras biológicas es un proceso que mejora con la práctica. Por lo tanto, es necesario programar visitas periódicas (dependiendo de la accesibilidad de la zona) para contrastar la eficacia de la colecta, afinar el proceso, reforzar los lazos de colaboración y, de esta forma, mejorar la calidad de la colecta. Es primordial que cada grupo de trabajo se informe de los requerimientos oficiales necesarios para legalizar la implementación de esta metodología en su país o región.

Tipos de colecta

Colecta de los órganos torácicos y abdominales

La población local caza para proveerse de proteína animal y colateralmente puede utilizar subproductos, como piel y dientes, según la especie, con otras finalidades, como la ornamental o la medicinal. No obstante, en las comunidades amazónicas la prioridad de la actividad de la caza es obtener carne como alimento, es decir, se centra en el aparato locomotor. Una vez el animal ha sido cazado, las personas que lo preparan lo abren en canal y retiran las vísceras. Si es una presa de gran tamaño, los cazadores suelen descartar las vísceras en el mismo

lugar de la caza, para reducir el esfuerzo de retorno a la comunidad. Si la presa es de tamaño mediano o pequeño, esta tarea se realiza en la casa o en el campamento. Dependiendo de la especie cazada, antes de la evisceración se elimina el pelo, plumas y/o piel. Las aves son desplumadas directamente, a los primates se les quema el pelo y los roedores son introducidos en agua caliente (Figura 1).

La evisceración suele hacerse de forma conjunta con todos los órganos, es decir, en un solo volumen, y desde la región craneal hacia la caudal (Figura 2). Generalmente, la evisceración se inicia desde la lengua o desde el esófago; a partir de ahí retiran en



Figura 1. Proceso de eliminación del pelo de a) un primate (*Lagothrix poeppigii*); en un primer plano se observa un ave (*Penelope jacquacu*) desplumada, y b) un *Cuniculus paca* después de utilizar agua caliente para eliminar su piel. (Fotografías de Pedro Mayor)

conjunto todos los aparatos y sistemas del organismo. Incluso, el ano y la vulva se retiran con cuidado para no ensuciar la carcasa. Cuando se realiza esta evisceración se seccionan los grandes vasos sanguíneos (aorta abdominal y vena cava caudal), y se libera gran cantidad de sangre en las cavidades torácica y abdominal.

Los testículos son los únicos órganos que se colectan separados de la carcasa, debido a que son órganos externos. Además,

los cazadores suelen cortarlos inmediatamente para reducir el olor de las hormonas sexuales masculinas que estos órganos sintetizan. En el caso de las hembras, los pobladores locales no tienen ninguna dificultad en hacer una evisceración conjunta y limpia.

Después de la evisceración del animal, según los condicionamientos culturales, el cazador y/o cocinero separa los órganos que consumen. Esta elección es muy



Figura 2. Proceso de extracción y codificación de los órganos torácicos y abdominales de un primate (*Sapajus macrocephalus*) recién cazado. (Fotografías de Pedro Mayor)

variable y también depende de la presa. A partir de 72 encuestas que nuestro grupo de investigación realizó en 12 comunidades rurales de la Amazonía peruana, se estimó que el 57,1 % de las familias come algún órgano torácico o abdominal; el 47,6 %, el hígado; el 38,1 %, el corazón; el 19,0 %, los pulmones y el 11,9 %, los riñones.

La conservación de las muestras colectadas es un punto crítico a considerar, pues es común que haya una disponibilidad limitada de electricidad y agua potable en las comunidades rurales donde se trabaja. Además, la selección del método de conservación depende del análisis que queramos realizar.

Uno de los sistemas de conservación que proponemos es la conservación de tejidos en formaldehído (formol) (Mayor *et al.*, 2017). Aunque la concentración final de uso de formol suele ser del 4 %¹, recomendamos aumentarla al 6 % debido a que la elevada temperatura en regiones tropicales provoca el aumento de su evaporación. A la hora de hacer la solución de conservación con formaldehído es preferible utilizar agua potable o de lluvia, y evitar el agua de río, ya que esta puede contaminar las muestras biológicas.

Podemos preparar la solución de formol en depósitos grandes (aproximadamente 70-100 litros), según la capacidad necesaria para almacenar las muestras. Se aconseja llenar el 70 % del depósito con formol para asegurar que las vísceras tengan suficiente espacio para su almacenamiento.

La distribución de los depósitos de formol dentro de la comunidad puede realizarse de dos formas, según la cantidad de familias con las que se trabaja: 1) si son pocas familias, recomendamos asignar un depósito a cada una; así, cada familia se hace responsable de su depósito y tendrá mayor autonomía para trabajar, y 2) si es un grupo más amplio de cazadores, se puede colocar un depósito en diferentes áreas de la comunidad. En este último caso, una o varias personas pueden hacerse cargo del depósito. Es aconsejable que los propios colectores decidan de forma autónoma la estrategia que desean adoptar.

Este sistema de colecta y almacenamiento es realizado por los propios cazadores de subsistencia o por las personas que preparan y cocinan al animal. Esta metodología permite una mayor independencia y autonomía por parte de las familias participantes, y una menor intervención por parte del equipo técnico. Por tanto, es fundamental asegurar que el material biológico colectado esté correctamente identificado con un código que lo conecte a un registro de caza (Figura 3). En dicho registro se anota información importante que complementa al material biológico (por ejemplo, fecha y lugar de caza, especie, sexo y peso del animal), y que permite establecer relaciones ecológicas de gran interés. Como el formol es un líquido corrosivo y borra la tinta de la mayor parte de marcadores, hay que idear un mecanismo eficaz que mantenga el sistema de codificación.

1. Aclaración: según la zona donde se trabaje, la concentración del formol se expresa como un 10 % de la solución madre; dado que la solución madre tiene una concentración del 40 %, al final la concentración del formol es del 4 %.



Figura 3. Ejemplos de codificación para muestras biológicas conservadas en formol: a) código alfanumérico grabado con lapicero o marcador en un plástico de consistencia dura; b) combinación de letras de colores utilizada como juego para que los niños aprendan letras o números; y c) códigos quemados en plásticos. (Fotografías de Pedro Mayor)

Si los pobladores no consumen la cabeza de la presa, recomendamos que esta sea colectada junto con el resto de vísceras. Generalmente, solo se puede colectar la cabeza de animales pequeños y medianos, debido a que la de los animales grandes puede llenar rápidamente los depósitos de almacenamiento de muestras. En este mismo documento hacemos referencia a la utilidad y el tratamiento de la colecta del cráneo y de otros huesos.

En las primeras semanas de colecta es importante verificar la correcta codificación y registro de las muestras. El proceso de verificación más sencillo consiste en registrar la especie del animal gracias a su correspondencia con la anatomía de los órganos y/o de la cabeza (en el caso de que ésta última sea colectada). Por lo tanto, la misma colecta de muestras biológicas permite comprobar si esta se está desarrollando con normalidad. Existen atlas de anatomía

de animales amazónicos silvestres que pueden facilitar este proceso (Mayor & López-Plana, en prensa).

Cada lote de vísceras de un mismo animal debe estar incluido dentro de una sola bolsa de plástico, junto con el código del individuo, el cual es único para cada espécimen. Es importante reducir al máximo el tiempo entre la muerte del animal y su inclusión en formol para detener los procesos de autólisis que se inician muy tempranamente en climas tropicales. Para mejorar las condiciones de conservación, las vísceras deben ser embebidas completamente en formol dentro de la primera hora después de que el animal ha perdido su temperatura corporal; aunque lo ideal es que sea inmediatamente, tras haber sido abatido.

Los cazadores deben ser entrenados para manejar de forma segura y con medidas de seguridad la solución de formol, debido a que este es un producto químico abrasivo y cancerígeno (Figura 4). Se aconseja suministrarles guantes y máscaras a los cazadores para cuando pongan el material biológico en el depósito de formol. Este debe tener mecanismos de seguridad para evitar que los niños tengan acceso a él. Finalmente, es aconsejable lavarse las manos con agua cada vez que se tenga contacto con el formol.

Colección de cráneos y otros huesos del esqueleto

El estudio de cráneos ha sido tradicionalmente útil para determinar la estructura de edad de las poblaciones de fauna. No



Figura 4. Medidas de seguridad para minimizar riesgos sanitarios: a) el uso de máscaras evita la inhalación del formol gaseoso; b) el uso de guantes minimiza el contacto con el formol; c) el depósito de formol está localizado en una zona de fácil accesibilidad y al aire libre; y d) mecanismos de cierre seguro del depósito para evitar que los niños accedan al formol. (Fotografías de Okale Robert)

obstante, también puede servir para correlacionar la morfología dentaria o craneana con otros elementos, como la dieta, el coeficiente de encefalización y los problemas sanitarios. De igual manera, los cráneos se usan para definir la taxonomía de algunas especies y como verificadores de los registros de caza. El estudio de toda la osamenta permite entender la función locomotora.

Para los cazadores, la colecta de las cabezas de las presas es una tarea sencilla. Sin embargo, la cabeza incluye tejido óseo (cráneo y mandíbula) y tejidos blandos; así, el punto crítico de una adecuada colecta de cráneos es la eliminación de todo tejido blando, ya que demanda un mayor esfuerzo (Figura 5). Existen varios métodos sencillos para realizar este proceso. El proceso de

maceración es el más frecuentemente utilizado para preparar huesos grandes y robustos, y se basa en la acción de las bacterias para limpiarlos. El proceso consiste en:

- retirar la mayor parte de tejidos blandos;
- sumergir los huesos en agua en cocción y cambiar el agua en la medida que se va saturando de grasa. Cuando las bacterias finalizan su proceso de descomposición, el agua permanece limpia;
- introducir el hueso en agua oxigenada para blanquearlo;
- pegar los dientes que se hayan desprendido.

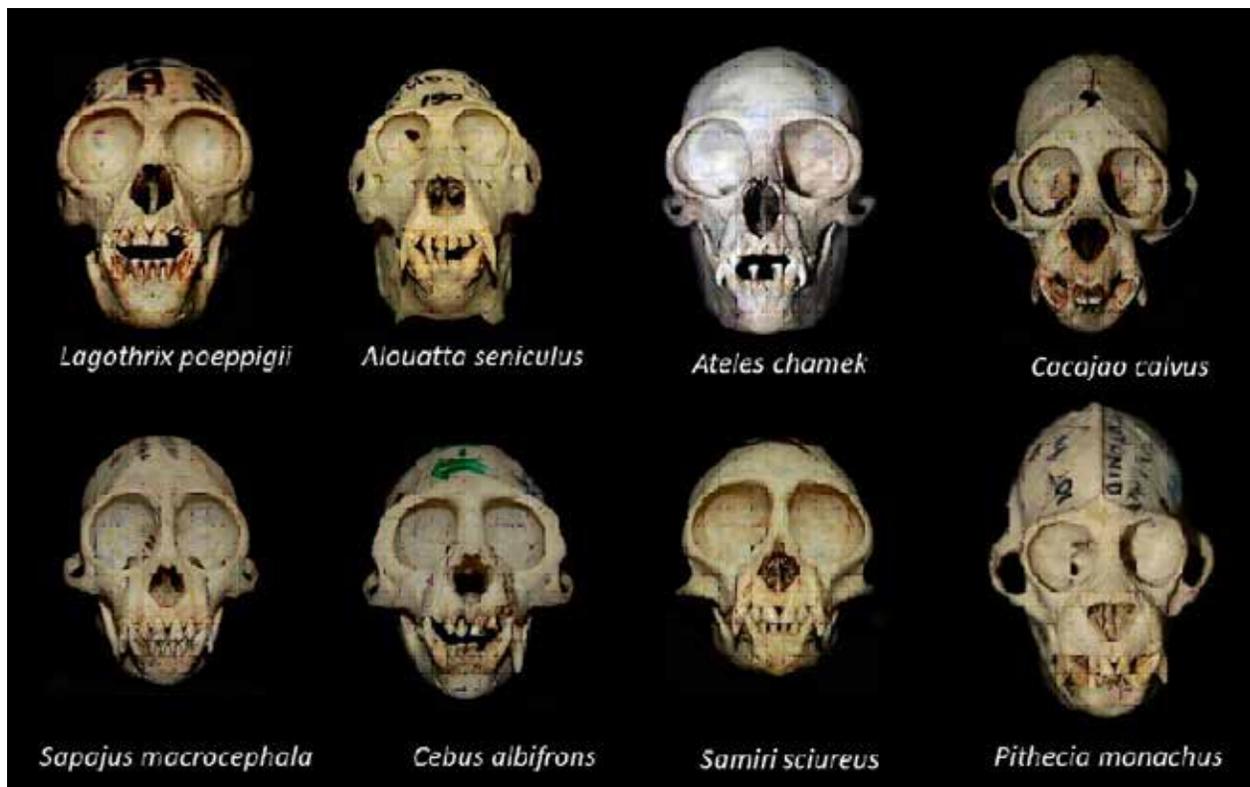


Figura 5. Cráneos de diferentes especies de primates. (Fotografías de Pedro Mayor)

Este método es adecuado para comunidades rurales, ya que muchos cazadores suelen consumir los músculos faciales de la cabeza y, de esta forma, ayudan a limpiar el cráneo durante el proceso de cocinado. No obstante, es fundamental ser consciente de que, según la especie y la edad del animal con el que estemos trabajando, nos encontraremos con unas particularidades del sistema óseo que requerirá adaptaciones al método original.

Colecta de muestras de sangre

La sangre es el fluido corporal más utilizado para identificar posibles agentes infecciosos que pueden causar enfermedades. Por lo tanto, este tipo de muestra biológica nos permite realizar estudios de medicina de la conservación y de salud pública. Muestras colectadas, siguiendo la metodología expuesta, se han utilizado para realizar estudios serológicos con test de aglutinación, ELISA y PRNT (Aston *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2019), y moleculares, con PCR a partir de ADN (Morales *et al.*, 2017; Aysanoa *et al.*, 2017).

El ARN es un ácido considerablemente más lábil que el ADN y requiere una conservación más estricta con una cadena de frío rigurosa de hasta -70 °C desde el momento en que se colecta la muestra de sangre.

Trabajar con animales ya abatidos nos permite disponer de una gran muestra de sangre. Durante la evisceración de los animales, las personas, ya sean cazadores o quienes cocinan las presas, seccionan los vasos principales (aorta y vena cava caudal), lo que causa que se extravase gran

cantidad de sangre, que se deposita en las cavidades torácica y abdominal. Esta sangre puede ser colectada fácilmente en tubos o por medio de papel de filtro. La elección del tipo de colecta depende de la posibilidad de conservar una cadena de frío. En cualquier caso, es importante mantener el mayor grado de asepsia para evitar la contaminación de las muestras.

La colecta de muestras sanguíneas en papel de filtro (Whatman nº3, FTA, Protein Saver, entre otros; Figura 6) es recomendable si no se dispone de una cadena de frío. El funcionamiento es muy sencillo y consiste en:

- llenar completamente el papel de filtro y en todo su espesor;
- evitar sobresaturar el papel de filtro con sangre para minimizar la probabilidad de contaminación fúngica o bacteriana;
- secar la sangre a temperatura ambiente, en un entorno seco y a la sombra durante 3 horas o más;
- evitar la exposición constante de las muestras al calor, la humedad o la luz solar directa;
- escribir en el mismo papel de filtro la información del animal muestreado;
- guardar las muestras solo cuando estén completamente secas;
- almacenar las muestras de forma independiente para evitar la contaminación cruzada

En el caso de disponer de cadena de frío, la muestra sanguínea se coloca en tubos asépticos. Dependiendo del estudio, es aconsejable llevar a cabo una colecta de sangre entera, plasma, suero y/o parte corpuscular (células sanguíneas). La muestra de sangre debe ser congelada como mínimo a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis en el laboratorio. La calidad de conservación mejora a medida que la temperatura baja.

El personal técnico o los promotores de salud locales pueden complementar la metodología con la realización de frotis sanguíneo y/o gota gruesa en láminas de

portaobjetos. Es importante valorar la posibilidad de realizar una metodología de tinción rápida (Dift Quick o similar), que permite identificar hemoparásitos.

Registros de caza

La colecta biológica debe estar acompañada de un registro que incluya información de cada animal abatido (fecha y lugar de caza, especie, sexo y peso del animal). Estos datos son fundamentales para realizar estudios ecológicos que ayuden a entender la relación de la información generada a partir de las muestras biológicas con el contexto geográfico y climático del animal

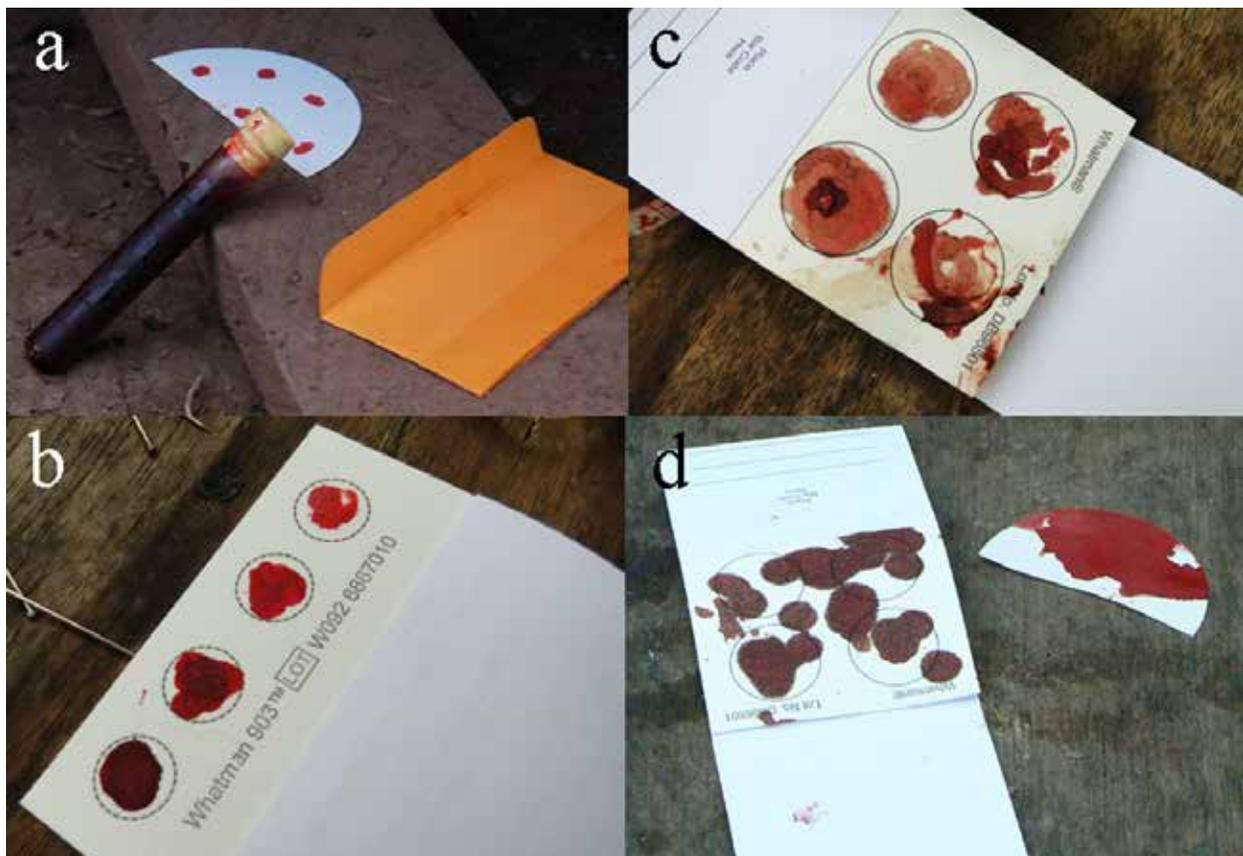


Figura 6. Diferentes tipos de papeles de filtro utilizados para la colecta y conservación de sangre seca: a) Papel Whatman n°3 y tubo de sangre, b) Protein Saber, c) Papel Whatman FTA, y d) Papel Whatman FTA y Papel Whatman n°3. (Fotografías de Pedro Mayor)

estudiado. Para poder hacer esta asociación es imprescindible adjudicar un código a cada individuo que conecte la información obtenida, a partir de los registros de caza, con las muestras biológicas colectadas del mismo individuo. El estudio de los registros de caza también ayuda a monitorear y a evitar el aumento de la presión de caza sobre estas especies.

Interpretación o análisis de muestras

Necropsia

La necropsia es el examen del cadáver que permite conocer el estado de salud del individuo. Es un procedimiento ordenado que incluye la revisión externa e interna del animal, mediante la observación macroscópica y minuciosa de todos los aparatos y sistemas. En el caso de que se observen lesiones, se recomienda describirlas y fotografiarlas, al igual que realizar la toma de una muestra de biopsia para su posterior análisis (generalmente histopatológico).

En función de la disponibilidad del material biológico de los diferentes animales cazados, se realiza una necropsia con la carcasa fresca o únicamente de las vísceras (órganos torácicos y abdominales) fuera de la carcasa. En este último caso, las vísceras ya deben estar conservadas en formol, con la consecuente alteración de color y textura que este les produce (Figura 7), al igual que la deshidratación de los órganos (Fraser, 1985).

Existen diferentes protocolos de necropsia, todos correctos y muy similares entre sí. Nuestro consejo consiste en realizar un buen archivo fotográfico y hacer una colecta rutinaria de muestras biológicas (hígado, pulmón, corazón, riñón, bazo y cerebro), aunque no se observen lesiones. Adicionalmente, es fundamental coleccionar muestras de todas las lesiones observadas (Figura 8). En el caso de que se observen múltiples lesiones, sugerimos que se realice una colecta representativa de las lesiones, que incluyan los diferentes tipos de estas y sus estados de progresión.

Siempre que sea posible, se recomienda pesar el animal y estimar su condición corporal. Una deficiente condición corporal puede estar relacionada con procesos de enfermedad y estrés ambiental, principalmente debido a la escasez prolongada de alimentos. En ambos casos se movilizan las reservas de grasa utilizadas como energía (Sapolsky, 2002), y se produce una disminución de la respuesta inmune frente a infecciones parasitarias, virales y bacterianas (Muehlenbein *et al.*, 2006; Webster-Marketon & Glaser, 2008). El grado de depósito de grasa visceral es un buen indicador del estado corporal de los animales. Se puede calcular la relación entre el peso de órganos concretos (especialmente corazón o riñón) y el correspondiente peso de grasa visceral de cada órgano. Otra oportunidad para estimar la condición corporal del animal es el contenido de grasa acumulada en los omentos o epiplones, e incluso el análisis mediante ultrasonografía, si se dispone de esa tecnología.

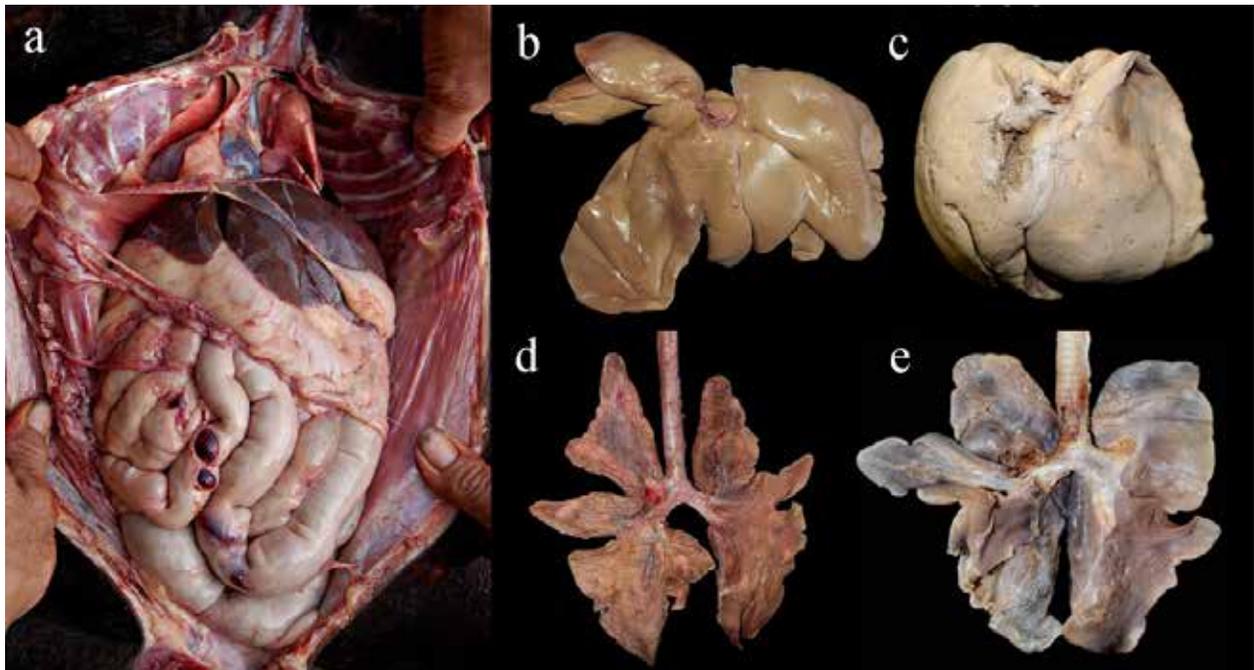


Figura 7. Órganos torácicos y abdominales de carnívoros en diferente estado de conservación: a) órganos abdominales de un primate (*Alouatta seniculus*) recién abatido; b) hígado fresco de *Leopardus pardalis*; c) hígado conservado en formol de *Potos flavus*; d) pulmón fresco de *Leopardus pardalis*; y e) pulmón conservado en formol de *Potos flavus*. (Fotografías de Pedro Mayor)

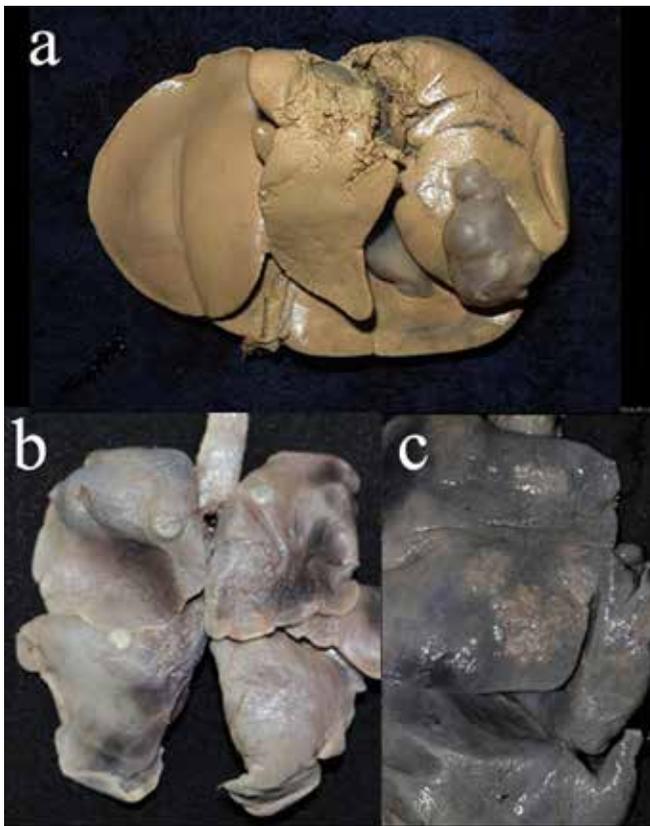


Figura 8. Lesiones de origen parasitario observadas en el parénquima de a) hígado de *Cuniculus paca*, b) pulmón de *Potos flavus*, y c) pulmón de *Lagothrix poeppigii*. (Fotografías de Pedro Mayor)

Estudios anatómicos

A pesar de que el conocimiento de la morfología es fundamental para la práctica clínica veterinaria y para mejorar la comprensión de los procesos fisiológicos, la anatomía de los animales silvestres sigue siendo una materia muy desconocida. La identificación de lesiones macroscópicas se basa en el conocimiento previo de la normalidad anatómica de los órganos. Por lo tanto, es importante continuar con la descripción de la anatomía de las especies silvestres, incluyendo principalmente todos los órganos torácicos y abdominales y las relaciones topográficas existentes entre ellos. Dicha descripción ayuda a comprender mejor el proceso de desarrollo de las diferentes especies; para ello, es necesario estudiar variados indicadores biométricos y la relación volumen/peso de los diversos órganos en las distintas edades.

Estudios de ecología alimentaria

La mayor parte de los mamíferos y aves y algunos reptiles amazónicos se caracterizan por tener un régimen alimentario con un elevado nivel de frugivoría, lo cual significa que su dieta se compone principalmente de frutos y, por lo tanto, estos son su fuente primordial de carbohidratos (Hawes & Peres, 2014). Así, estas especies de animales participan de manera activa en la dispersión de semillas y en el mantenimiento y regeneración de los bosques tropicales (Chapman, 2005). Tradicionalmente el estudio de la dieta de la fauna silvestre se ha basado en la observación del comportamiento alimentario de animales vivos (Hemingway & Bynum, 2005); sin embargo, este tipo de

estudio en el medio silvestre está limitado por la dificultad de cuantificar el consumo de cada tipo de alimento.

El uso de material biológico procedente de animales cazados es una alternativa que favorece la obtención de información confiable sobre la ecología y la historia de vida de las especies. En los diferentes compartimentos digestivos se encuentran los componentes ingeridos por el animal en las horas anteriores. Como punto de referencia, el tiempo que el alimento tarda en recorrer el aparato digestivo (tránsito gastrointestinal) de un perro es de 33 h en todo el tracto gastrointestinal y de 7,2 h en estómago (Balsa *et al.*, 2017), y en humanos es de 25 h en todo el tracto gastrointestinal y de 9 h entre el estómago y el intestino delgado (Ke *et al.*, 1990).

El análisis de la composición de la dieta puede incluir diferentes órganos digestivos, aunque recomendamos que se focalice en el uso del contenido gástrico debido a que el alimento aún no está completamente digerido, lo cual mejora su identificación. Es necesario extraer el contenido estomacal y lavarlo utilizando tamices de diferentes tamaños para llevar a cabo la separación física de los elementos (Figura 9). En un inicio, los fragmentos más grandes pueden retirarse e iniciar su tamizado. El tamiz con un diámetro de poro mayor permite seleccionar los contenidos menos digeridos, y el tamiz con membrana semipermeable, los contenidos más digeridos y los suelos. Estos contenidos deben colocarse a 60 °C en una estufa, durante 6 horas, hasta que estén completamente secos; es importante evitar su combustión, ya que eso impediría la



Figura 9. Procesado de los contenidos digestivos: a) contenido estomacal de un primate (*Alouatta seniculus*); b) procesado de filtrado del contenido gástrico; c) este proceso también se puede aplicar al contenido intestinal; y d) obtención de las semillas ingeridas por el individuo. (Fotografías de Pedro Mayor)

posterior identificación de los componentes. Este diseño permite obtener el peso y la biometría de cada uno de los componentes y describir todas las semillas encontradas. Finalmente, el uso de esta metodología facilita relacionar la dieta de diferentes especies con las características morfológicas del aparato digestivo.

Estudio de helmintos en órganos tubulares digestivos

Los helmintos digestivos se encuentran en el lumen de los compartimentos digestivos de los animales, y su fijación a la mucosa

de cada uno de los órganos tubulares digestivos depende de la especie de helminto. Al filtrar el contenido de los compartimentos digestivos podemos separar los helmintos intestinales adultos; luego, estos especímenes se lavan y se conservan en alcohol al 70 %. Es posible que, durante el proceso de filtración, la mayor parte de los microparásitos y de huevos/quistes atraviesen el filtro que utilizemos. Así, antes de realizar dicho proceso, es importante coleccionar directamente una pequeña muestra de los diferentes contenidos para identificar los microparásitos y los huevos/quistes (Conga *et al.*, 2016; Gómez-Puerta & Mayor, 2017).

La colecta de heces permite realizar un análisis coprológico para identificar y cuantificar quistes de protozoos y huevos de helmintos. Después de filtrar el contenido de cada órgano tubular, se debe revisar con detenimiento la mucosa para localizar posibles lesiones, que pueden incluir especímenes infiltrados en la mucosa (Figura 10).

Además del estudio del tracto gastrointestinal, recomendamos inspeccionar el parénquima de otros órganos colectados (principalmente hígado, pulmón y corazón) con la finalidad de buscar especímenes de parásitos (Mayor *et al.*, 2015).

Estudio de metales pesados

Los metales pesados suelen ser absorbidos por vía pulmonar o digestiva. Después de su absorción, aparecen rápidamente en la sangre, que los transporta a los diferentes tejidos del organismo. Estos tejidos se dividen en tejidos blandos (riñón, hígado o encéfalo, entre otros) y tejidos duros (huesos, dientes, pelo, entre otros). La principal ruta de eliminación de los metales pesados suele ser la orina, que en promedio se encarga de la eliminación del 75-80 % de toda la extracción de dichos metales. La segunda ruta, por importancia, es la digestiva. Finalmente, otras vías alternativas para

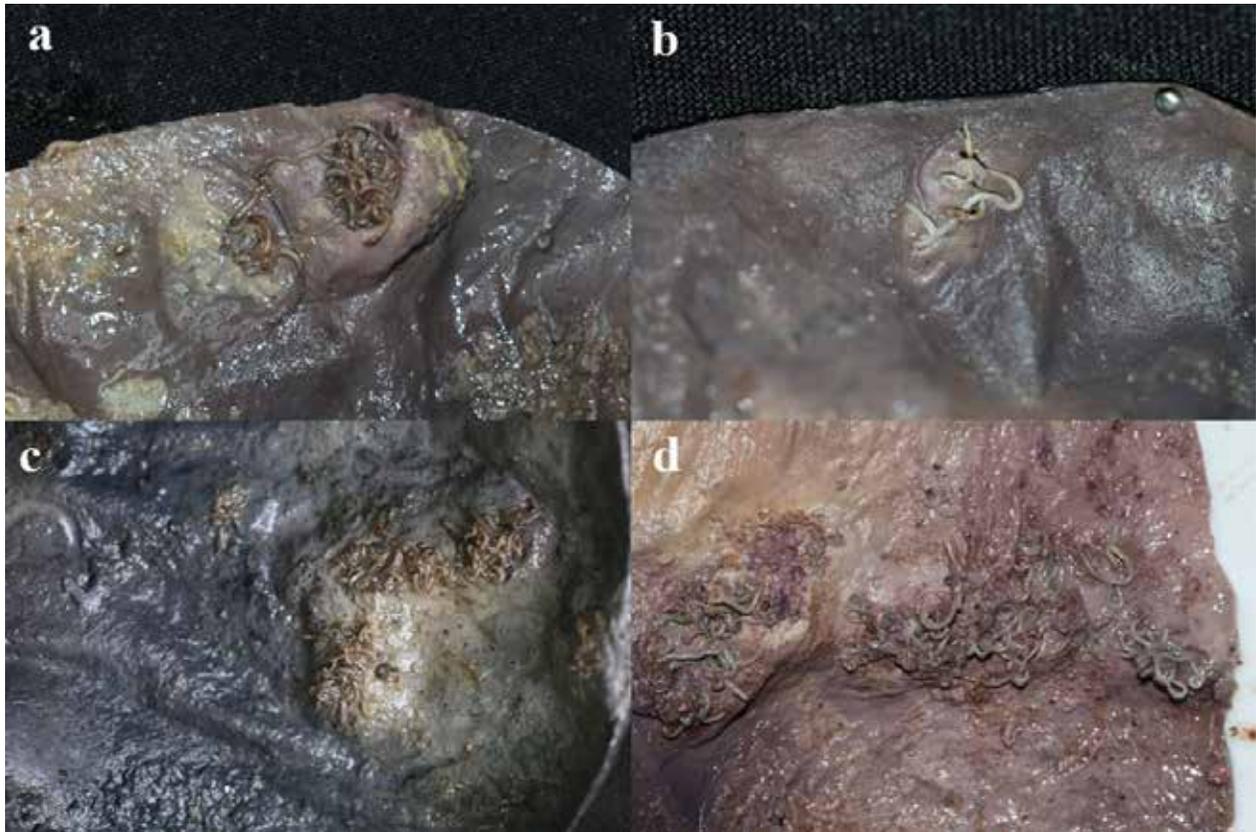


Figura 10. Lesiones observadas en estómago de *Cuniculus paca* por la infiltración de helmintos estronjilidos (*Boehmiella wilsoni*) en la mucosa gástrica con diferente densidad de infección: (a) baja densidad, (b) intermedia densidad; y (c y d) elevada densidad de helmintos infiltrados en la mucosa gástrica. (Fotografías de Pedro Mayor)

eliminarlos son las estructuras córneas (pelo, uñas, pezuñas, cuernos), que suponen aproximadamente el 8 % de la excreción total. En el caso de las hembras, los metales pesados también pueden ser excretados a través de la leche materna (Sakai, 2000; Klotz & Göen, 2017).

De esta forma, el estudio de los metales pesados consiste en analizar los tejidos donde es más probable encontrarlos. Así, la sangre entera es el tejido corporal más ampliamente utilizado para dicho análisis; sin embargo, en los últimos años se han realizado avances significativos en el estudio de otras formas de sangre (plasma y volumen corpuscular). Otra posible vía de análisis es la orina, debido a que, como ya se mencionó, esta es una ruta principal de eliminación de metales pesados.

La matriz ósea está compuesta en un 35 % por material orgánico (fibras colágenas, proteínas óseas y proteoglicanos) y en un 65 % por minerales (principalmente fosfato de calcio). Esta última fracción puede ser sustituida por metales pesados, debido a que tienen características físico-químicas parecidas al calcio. Esta es la razón por la que los huesos pueden almacenar hasta el 80-90 % de todos los metales pesados. Si se toma en cuenta que el intercambio de metales pesados entre huesos y sangre es muy lento, entre 6 y 37 años, el estudio de los metales pesados en huesos se convierte en uno de los mejores indicadores de exposición crónica o acumulada.

Finalmente, se puede realizar el análisis de metales pesados en huesos y estructuras córneas, como pelo, plumas, uñas, pezuñas

y cuernos. Las limitantes que tenemos son la escasa información referencial que existe sobre estos tejidos y la variabilidad en la velocidad de formación de los tejidos córneos y, por ende, en la eliminación de los metales pesados.

Los metales pesados no sufren procesos de autólisis, no se degradan, hecho que facilita las condiciones de colecta. No obstante, es importante ser cuidadosos a la hora de realizar la colecta biológica. Aunque la forma ideal de conservar los órganos es la congelación, las limitaciones logísticas que acompañan a los estudios de campo en fauna silvestre, en la mayoría de las ocasiones, condicionan su aplicación debido a la difícil disponibilidad de energía eléctrica. Carbó *et al.* (2019) y Orta-Martínez *et al.* (2020) describen las condiciones adecuadas de conservación de órganos en formol para el análisis de metales pesados.

Los metales pesados se miden en forma de concentraciones respecto a la masa del órgano utilizado, ya sea en peso seco o húmedo. Cualquier proceso de conservación (refrigeración, congelación, secado, fijación en formol, etc.) produce una variación en el peso, principalmente debido a los procesos de deshidratación del órgano (Bischof *et al.*, 2008). En el caso de la conservación con formol hay una pérdida del 13 % del peso (Fraser, 1985). Para controlar esta variación, es importante medir el peso del órgano analizado en todas sus fases, desde su colecta (órgano fresco) hasta el momento de ser analizado, química y/o isotópicamente.

Otro efecto fundamental que hay que considerar es la lixiviación de los metales

pesados, es decir, la pérdida de una porción de ellos y la contaminación cruzada. Esta última se evita cuando se almacenan todos los órganos de forma independiente. En cuanto a la lixiviación, esta se produce en muestras delgadas y pequeñas (menores a 1 cm) y en la superficie de la muestra. Esto se debe a la reducida capacidad de penetración del formol, que está limitada al primer centímetro de profundidad en los tejidos orgánicos (Start *et al.*, 1992; Gilbert-Barness *et al.*, 2014). Por lo tanto, para evitar este inconveniente, los órganos enteros se pueden conservar sin efectuar incisiones, y se analiza químicamente su zona profunda (> 1cm). Por otro lado, es importante considerar que los procesos de lixiviación de los metales pesados no son homogéneos; cada uno de ellos tiene sus procesos particulares (Hamir *et al.*, 1995; McCormack *et al.*, 2020).

Finalmente, se deben usar cuchillos de cerámica y evitar que los órganos entren en contacto con cualquier superficie o instrumentos metálicos (cuchillos, machetes, etc.) para impedir la contaminación con otros metales pesados.

Estudios reproductivos

La sostenibilidad de la caza implica la cosecha de animales a tasas similares o incluso menores que la velocidad de crecimiento intrínseco de la población (Mayor *et al.*, 2017). Si una especie tiene una presión de caza excesivamente elevada, no podrá recuperarse. La capacidad de soportar las diferentes presiones de caza varía en función de la capacidad biológica de la especie, en concreto de su capacidad reproductiva (Caughley, 1977). Por lo tanto, la toma de

decisión sobre el manejo de fauna es una acción constante que depende de la vulnerabilidad de cada especie ante la actividad de cacería y la presencia de otros factores ambientales no antrópicos, como depredadores naturales y enfermedades. Así, las especies menos vulnerables son más apropiadas como fuente de proteína animal y tienen que ser cazadas de forma sostenible. Por el contrario, es recomendable evitar la caza de especies más vulnerables.

No obstante, el registro de la biología reproductiva de especies silvestres de vida libre es escaso. La información reproductiva de la fauna silvestre no puede depender de la observación sistemática del comportamiento social y reproductivo, tal y como se realiza tradicionalmente, debido a que proporciona datos limitados. De forma alternativa, se ha utilizado peligrosamente la información que proviene de especies silvestres mantenidas en cautiverio y de especies domésticas (Pukazhenthil & Wildt, 2004).

De forma habitual, la fisiología reproductiva de los animales domésticos se ha estudiado mediante el análisis regular de perfiles hormonales a partir de muestras de sangre o heces. En la década de 1970, las mejoras en la anestesia permitieron un muestreo esporádico en especies silvestres, lo que ayudó a identificar las diferencias de estas con las especies domésticas. Sin embargo, el principal problema seguía siendo la imposibilidad de realizar estudios longitudinales con los mismos animales. Además, hubo evidencias de que el estrés producido al aplicar la contención química podría alterar el patrón hormonal.

Finalmente, las condiciones de cautiverio son tan diferentes a las de la vida libre, que no permiten la extrapolación de la información reproductiva. De esta forma, el estudio de los órganos genitales de animales cazados es una oportunidad para incrementar de forma significativa el conocimiento de especies silvestres de vida libre y desde su hábitat. Esta información es relevante para mejorar la planificación de manejo de fauna silvestre, incluyendo los programas de cría en cautiverio, la caza y los programas participativos de gestión de fauna silvestre.

Nuestros estudios se han enfocado por lo general en la reproducción de la hembra, ya que ella es la que alberga la gestación y, por lo tanto, es el factor limitante de la reproducción en la mayoría de las especies. La colecta biológica de los diferentes órganos reproductivos procedente de fauna cazada

permite realizar avances significativos en fisiología (Mayor *et al.*, 2012, 2015), ecología (El Bizri *et al.*, 2018, 2019) y producción reproductiva (Gottdenker & Bodmer, 1998; Mayor *et al.*, 2010, 2011, 2017; Bowler *et al.*, 2014).

La conservación en formol de los órganos genitales femeninos favorece la aplicación de metodologías estándares de histología e inmunohistoquímica, que serán fundamentales para mejorar el conocimiento de los procesos hormonales y de la evolución de los ciclos sexuales. No obstante, para llegar a conclusiones rigurosas es necesario un tamaño de muestra amplio y que represente todas las fases sexuales en las que una hembra adulta puede encontrarse: folicular, luteal y gestante (Figura 11). Así, con el fin de valorar si el tamaño de muestra es el adecuado, la identificación de la fase sexual es la primera tarea que debe realizarse.

Figura 11. Órganos genitales de un primate (*Lagothrix poeppigii*): a) ovario en fase folicular con un gran folículo antral; (b) ovario en fase luteal con la presencia de un cuerpo lúteo que invade todo el estroma del ovario; c) órganos genitales de una hembra no gestante; y d) órganos genitales de una hembra gestante. (Fotografías de Pedro Mayor)



La combinación de la fase sexual con la edad o el peso vivo del individuo determina el inicio (pubertad) y el final (senescencia) de la vida reproductiva (El Bizri *et al.*, 2019). Finalmente, la identificación de la

gestación, del tamaño de camada (número de fetos por hembra gestante) y del sexo de los fetos permite estimar importantes parámetros reproductivos, como son:

• <i>Tasa de ovulación</i>	$n.^{\circ}$ de cuerpos lúteos (CL)/ $n.^{\circ}$ de hembras
• <i>Tasa de fertilización</i>	$n.^{\circ}$ de embriones o fetos/ $n.^{\circ}$ de CL en hembras gestantes
• <i>Gasto reproductivo</i>	$n.^{\circ}$ de CL - $n.^{\circ}$ de embriones o fetos en hembras gestantes
• <i>Tasa de gestación</i>	$n.^{\circ}$ de hembras gestantes/ $n.^{\circ}$ total de hembras adultas
• <i>Días de gestación por año</i>	365 días/año * Tasa de gestación
• <i>$n.^{\circ}$ de partos por hembra y año</i>	Días de gestación por año/longitud de la gestación
• <i>Intervalo entre-partos</i>	Longitud de la gestación/tasa de gestación
• <i>Intervalo parto-concepción</i>	Intervalo entre partos - longitud de la gestación
• <i>Producción reproductiva anual</i>	$n.^{\circ}$ de partos por hembra y año * tamaño de camada
• <i>Productividad bruta</i>	$n.^{\circ}$ total de embriones-fetos/ $n.^{\circ}$ total de hembras adultas
• <i>Fecundidad bruta</i>	$n.^{\circ}$ total de fetos hembra/ $n.^{\circ}$ total de hembras adultas

Cuando se dispone de un tamaño de muestra suficiente de hembras gestantes (aproximadamente $n > 25$), se pueden realizar estudios que describan el desarrollo embrionario y fetal de la especie (Figura 12), que, junto con el crecimiento posnatal, completa el desarrollo de la especie hasta

la fase adulta (cuando el individuo expresa el máximo potencial de la especie). La morfología comparada permite entender las relaciones evolutivas entre especies (El Bizri *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2020).



Figura 12. Imagen de fetos de *Cuniculus paca* en diferentes edades de gestación. (Fotografías de Pedro Mayor)

Además del estudio de los órganos genitales femeninos, se pueden realizar otras investigaciones similares en órganos genitales masculinos que permitan mejorar la comprensión de la fisiología reproductiva, la estacionalidad, y el inicio (madurez) y el final (senescencia) de la vida reproductiva. Dado que todas las funciones de la fauna silvestre dependen de factores externos, en este caso también es fundamental interrelacionar los hallazgos encontrados

mediante estudios multidisciplinarios, y conectarlos a los eventos climáticos y ecológicos del entorno donde viven los animales.

Estructura de edad

La edad dental, a partir del análisis de los cráneos, es una herramienta bastante fiable para describir la estructura etaria de una población. Aunque la lectura de la edad suele ser relativamente fiable, puede haber diferencias debido a aspectos nutricionales

(composición y tipo de alimentos, carencias nutricionales, etc.) o diferencias ambientales. Esta lectura es más certera en las etapas tempranas de la vida, durante las cuales tiene lugar el desarrollo y la maduración dentaria.

La edad dental determina los acontecimientos que ocurren durante los procesos de crecimiento y desarrollo de los dientes, que suelen presentar una secuencia constante. Por lo tanto, las piezas dentales aportan un conocimiento aproximado de la edad de los individuos, ya sea que estos estén vivos o muertos.

Esta edad se cataloga en tres clases: la primera incluye animales jóvenes con dientes en erupción; la segunda clase abarca animales con dentaduras completas, sin desgaste o con un pequeño desgaste; la tercera clase de edad comprende animales con un desgaste dentario progresivo. Los individuos con la pulpa dentaria visible son individuos de una edad muy avanzada.

Así, la distribución de edades puede ser calculada a partir de las muestras colectadas, usando estimaciones del desarrollo y del desgaste dentario (Mendes-Oliveira, 2012). La caza puede afectar la abundancia y la estructura de edades de ciertas poblaciones. No obstante, es difícil interpretar los cambios en la distribución de edades de poblaciones cazadas al azar. Cuando esta actividad no es selectiva, el intervalo de edad de la población cazada es más amplio, puesto que repercute en todas las clases de edad, y no debería variar la estructura etaria de la población (Caughley, 1977). Por el contrario, cuando la caza es selectiva, la

estructura de la población puede alterarse; por ejemplo, cuando se enfoca en los ejemplares machos corpulentos y evita a las hembras gestantes o con crías.

Además, hay que considerar el efecto de una reproducción denso-dependiente, que es común en ungulados (Clutton-Brock *et al.*, 1982). Así, la excesiva cosecha sobre una población puede estimular el aumento de su velocidad reproductiva y minimizar el efecto de la caza sobre la estructura. Esta capacidad compensatoria es más importante en especies que tienen un mayor número de crías por gestación, y es menos visible en poblaciones como primates y tapir. Por otro lado, los cazadores no suelen considerar a los animales de temprana edad como presas y, por tanto, en general, estos no son afectados directamente por la actividad. Sin embargo, la depredación natural tiende a elevar la mortalidad de individuos jóvenes y viejos, dado que son los más vulnerables (Caughley, 1977) y, de esta forma, también modera los cambios de estructura de edad causados por la caza.

Ventajas y oportunidades

La estrategia descrita de colecta de muestras biológicas de individuos abatidos por cazadores locales de subsistencia es un método que permite mejorar el conocimiento de la fauna silvestre y su ecosistema. Las principales ventajas de este son las siguientes:

- Es una colecta centrada en la actividad habitual de la caza y que valora esta actividad. Involucra a las personas que cazan y/o que cocinan, y requiere de un esfuerzo pequeño, ya que no modifica sustancialmente sus actividades rutinarias.
- Es una estrategia no invasiva que aprovecha el material biológico de ejemplares cazados, el cual es comúnmente descartado por las comunidades locales; por lo tanto, no implica la captura de animales del medio silvestre y, así, evita muertes innecesarias.
- La colecta incluye especies que son consumidas por los pobladores rurales; es decir, que se trata de especies que reciben una mayor presión antrópica a través de la caza, y que tienen una probabilidad significativa de transmitir enfermedades zoonóticas debido a su mayor contacto con los humanos. En consecuencia, precisamos tener más información sobre estas especies. Eso depende de la frecuencia de caza: cuanto más alta sea esta, mayor será su velocidad de muestreo.
- Esta colecta biológica suministra información fundamental sobre las dinámicas de población de las especies de caza en el ecosistema y, además, puede servir como verificador de los registros de caza.
- Es una estrategia relativamente sencilla y de fácil implementación por parte de los pobladores rurales, lo cual depende en gran medida de la relación

que el equipo técnico establezca con ellos. Los principales requerimientos para mantener este sistema de colecta son verificar su correcto funcionamiento y que los cazadores entiendan el objetivo de la investigación.

- Los costes de colecta son bajos y se relacionan principalmente con el traslado a las comunidades participantes, para recoger muestras y abastecer el material de colecta necesario.
- La estrategia de colecta genera un trabajo conjunto entre los investigadores y los cazadores, en el que se toman en cuenta las necesidades de ambos grupos. Así mismo, permite establecer un grado de compromiso por parte del poblador local en el futuro manejo de los recursos naturales.

Desventajas y retos

En esta sección exponemos algunos de los retos más significativos de este sistema de colecta de muestras biológicas en colaboración con pobladores rurales. A grandes rasgos, los dividimos en dos categorías: los relacionados con el tipo y la calidad de la muestra colectada, y los asociados con el trabajo colaborativo con comunidades rurales.

Desafíos relacionados con el tipo y calidad de muestras biológicas

- La colecta no podrá incluir especies que no sean consideradas presas por la población local y, por lo tanto, no cazadas habitualmente. Por tanto, el acceso a los ejemplares muestreados está condicionado por los factores socioculturales y socioecológicos de los pobladores locales.
- Es difícil realizar la colecta de las vísceras de presas de gran tamaño o de animales que son cazados en lugares alejados de la comunidad. Es común que, en estos casos, los cazadores desechen esas vísceras en el sitio donde realizan la cacería, lo cual no permite hacerles un seguimiento a esas presas.
- La colecta puede implicar un largo tiempo de muestreo. La mayor parte de los estudios suelen ser poblacionales y, por lo tanto, requieren de un tamaño elevado de muestra. La velocidad de muestreo de cada especie depende de su presión de caza.
- La dificultad de mantener una cadena de frío puede afectar la calidad de la muestra.
- La colecta de determinadas muestras puede requerir la participación de personal especializado.
- Debido al aislamiento geográfico de algunas comunidades, las tareas de coordinación que requiere el trabajo pueden ser difíciles, y el acceso a las comunidades, dispendioso.
- En ocasiones, los cazadores no entienden cuál es el beneficio que ellos obtienen a través de estas actividades, y suelen exigir retribuciones económicas.
- Algunas veces este sistema de colecta puede verse comprometido al coincidir con actividades ilícitas por parte de algunos miembros de la comunidad o por parte de cazadores furtivos.
- Es complicado mantener activos los lazos colaborativos con los pobladores locales durante periodos largos de tiempo.

Desafíos relacionados con el trabajo colaborativo con comunidades rurales

- Es importante que el grupo de investigación tenga experiencia con comunidades y, en concreto, con la actividad de la caza.

Conclusiones

Este artículo presenta una metodología de colecta de muestras biológicas de individuos abatidos por cazadores locales de subsistencia, como herramienta para mejorar el conocimiento biológico de la fauna silvestre y su relación con el ecosistema. La metodología permite el acercamiento de investigadores y cazadores, y la participación del comunero local en el futuro manejo de los recursos naturales, de la fauna y su hábitat.

Esta estrategia de muestreo tiene bajos costos de colecta de las muestras biológicas y permite la realización de estudios multidisciplinarios. No obstante, conlleva una serie de limitaciones, principalmente relacionadas con los métodos de conservación. En ningún caso, la metodología empleada en esta colecta debe estimular la actividad de caza en general, ni de un grupo de especies en particular. De esta forma, se debe trabajar sobre la actividad de la caza sin alterarla.

Finalmente, creemos que es obligación del equipo investigador retornar a sus colaboradores todos aquellos hallazgos que permitan enriquecer el conocimiento local de la fauna cinegética. Para ello, se debe planear una estrategia de difusión de información de una manera incluyente y accesible.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a los pobladores de la comunidad de Nueva Esperanza del río Yavarí-Mirín, que han participado activa y generosamente en el proceso de colecta de muestras biológicas desde el año 2007. Su trabajo siempre ha sido inspiración para nosotros. Igualmente, queremos agradecer a Richard Bodmer, Pedro Pérez, Pablo Puertas, Miguel Antúnez, Claudia Ríos y Daniel Montes por su apoyo constante. A Melina Simoncini y a Alejandro Meléndez, por la revisión del trabajo. Esta investigación no habría sido posible sin la colaboración del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre de Perú (protocolo nº 041-2007- DGGFS-DGEFFS; 0350-2012-DGFFS-DGEFFS) y el apoyo financiero de CONCYTEC-FONDECYT, ERANet-LAC (Contrato N° 136-2018-FONDECYT y N° E035-2017-01), Fundació Autònoma Solidària (FS-XXXVI-FS1) y Global GreenGrants Funds (Contrato N° 2020-4226).

Este documento ha sido financiado en parte por la Fundación Gordon and Betty Moore Foundation, a través del proyecto GBMF9258 a Fundación Natura.

Referencias

- Andrade, R. S., Monteiro, F. O. B., El Bizri H. R., Vicente, W. R. R., Guimaraes, D. A. A. & Mayor, P. (2018). Fetal development of the Poepig's woolly monkey (*Lagothrix poeppigii*). *Journal of Theriogenology*, 110, 34-43.
- Aston, E. D., Mayor, P., Bowman, D. D., Mohammed, H. O., Liotta, J. L., Kwok, O. & Dubey, J. P. (2013). Use of filter papers to determine seroprevalence of *Toxoplasma gondii* among hunted ungulates in remote Peruvian Amazon. *International Journal of Parasitology. Parasites and Wildlife*, 3(1), 15-19.
- Aysanoa, E., Mayor, P., Mendoza, A. P., Zariquiey, C. M., Morales, E. A., Pérez J. G., Bowler, M., González, C., Ventocilla, J. A., Baldeviano, G. C. & Lescano, A. G. (2017). Prevalence of Trypanosomatids and *Trypanosoma cruzi* in wild and captive non-human primates from Perú. *Ecohealth*, 14(4), 732-742.
- Balsa, J. M., Culp, W. T. N., Drobatz, K. J., Johnson, E. G., Mayhew, P. D. & Marks, S. L. (2017). Effect of laparoscopic-assisted gastropexy on gastrointestinal transit time in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(6), 1680-1685.
- Bischof, K., Lamm, C., Erb, H. N. & Hillebrandt, J. R. (2008). The effects of formalin fixation and tissue embedding of bovine liver on copper, iron and zinc analysis. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 20(2), 220-224.
- Bodmer, R. E. & Pezo Lozano, E. (2001). Rural development and sustainable wildlife use in the tropics. *Conservation Biology*, 15(4), 1163-1170.
- Bowler, M., Anderson, M., Montes, D., Pérez, P. & Mayor, P. (2014). Refining reproductive parameters for modeling sustainability and extinction in hunted primate populations in the Amazon. *Plos One*, 9(4), e93625.
- Caughley, G. (1977). *Analysis of vertebrate populations*. John Wiley and Sons.
- Chapman, C. A. (2005). Primate seed dispersal: coevolution and conservation implications. *Evolutionary Anthropology*, 4(3), 74-82.
- Conga, D. F., Giese, E. G., Santos, J. N., Furtado, A. P., Serra-Freire, N. M., Bowler, M. & Mayor, P. (2016). Morphology of the *Trypanoxyuris* (*T.*) *cacajao* n. sp. and *T.* (*T.*) *ucayalii* n. sp. from the red uakari monkey *Cacajao calcus ucayalii* in the Peruvian Amazon. *Journal of Helminthology*, 90(4), 483-493.
- de Thoisy, B., Renoux, F. & Julliot, C. (2005). Hunting in northern French Guiana and its impact on primate communities, *Oryx*, 39(2), 149-157.
- El Bizri, H. R., Morcatty, T. Q., Valsecchi, J., Mayor, P., Ribeiro, J. E. S., Vasconcelos-Neto, C. F. A., Oliveira, J. S., Furtado, K. M., Ferreira, U. C., Miranda, C. F. S., Silva, C. H., Lopes, V. L., Lopes, G. P., Florindo, C. C. F., Chagas, R. C., Nijman, V. & Fa, J. E. (2020). Urban wild meat consumption and trade in central Amazonia. *Conserv Biol.*, 34(2):438-448.
- El Bizri, H. R., Monteiro, F. O. B., de Andrade, R. D. S., Valsecchi, L., Guimaraes, D. A. A. & Mayor, P. (2017). Embryonic and fetal morphology in the lowland paca (*Cuniculus paca*): A precocial hystricomorph rodent. *Theriogenology*, 104, 7-17.

- El Bizri, H. R., Fa, J. E., Bowler, M., Valsecchi, J., Bodmer, R. & Mayor, P. (2018). Breeding seasonality in the lowland paca (*Cuniculus paca*) in Amazonia: interactions with rainfall, fruiting, and sustainable hunting. *Journal of Mammalogy*, 99(5), 1101-1111.
- El Bizri H. R., Fa, J., Valsecchi, J., Bodmer, R. & Mayor, P. (2019). Age at sexual maturity, first parturition and reproductive senescence in wild lowland pacas (*Cuniculus paca*): Implications for harvest sustainability. *Animal Reproduction Science*, 205, 105-114.
- Fraser, K. W. (1985). Effect of storage in formalin on organ weights of rabbits. *New Zealand Journal of Zoology*, 12(2), 169-174.
- Gilbert-Barness, E., Spicer, D. E. & Stefensen, T. S. (2014). *Handbook of Pediatric Autopsy Pathology* (2.^a ed.). Springer.
- Gómez-Puerta, L. A. & Mayor, P. (2017). Congenital filariasis caused by *Setaria bidentata* (Nematoda: Filarioidea) in the red brocket deer (*Mazama americana*). *Journal of Parasitology*, 103(1), 123-126.
- Gottdenker, N. & Bodmer, R. (1998). Reproduction and productivity of white-lipped and collared peccaries in the Peruvian Amazon. *Journal of Zoology*, 245(4), 423-430.
- Hamir, A. N., Galligan, D. T., Egel, J. G., Manzell K. L., Niu, H. S. & Rupprecht, C. E. (1995). Lead concentrations in frozen and formalin-fixed tissues from raccoons (*Procyon lotor*) administered oral lead acetate. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 7(4), 580-582.
- Hawes, J. E. & Peres, C. A. (2014). Fruit-frugivore interaction in Amazonian seasonally flooded and unflooded forest. *Journal of Tropical Ecology*, 30(5), 381-399.
- Hemingway, C. & Bynum, N. (2005). The influence of seasonality on primate diet and ranging. En D. K. Brockman & C. P. van Schaik (eds.). *Seasonality in primates: Studies of living and extinct human and non-human primates* (pp. 57-104). Cambridge University Press.
- Ke, M. Y., Li, R. Q. & Pan, G. Z. (1990). Gastrointestinal transit time (GITT) in normal Chinese and patients. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*, 29(12):723-726.
- Klotz, K. & Göen, T. (2017). Human biomonitoring of lead exposure. Metal ions in life sciences, *Metal Ions Life Science*, 17, 99-121.
- Mayor, P., Baquedano, L. E., Sánchez, E., Aramburu, J., Gómez-Puerta, L. A., Mamani, V. J. & Gavidia, M. (2015). Polycystic echinococcosis in pacas, Amazon region. *Emerging Infectious Diseases*, 21(3), 456-459.
- Mayor, P., Bodmer, R. & López-Béjar, M. (2010). Reproductive performance of the wild Collared Peccary (*Tayassu tajacu*) female in the Peruvian Amazon. *European Journal of Wildlife Research*, 56(4), 681-684.
- Mayor, P., Bodmer, R., López-Plana, C. & López-Béjar, M. (2011). Reproductive biology of the wild red brocket deer (*Mazama americana*) female in the Peruvian Amazon. *Animal Reproduction Science*, 128(1-4), 123-128.

- Mayor, P., Bowler, M. & López-Plana, C. (2012). Anatomicohistological characteristics of the tubular genital organs of the female Woolly Monkey (*Lagothrix poeppigii*). *American Journal of Primatology*, 74(11), 1006-1016.
- Mayor, P. & López-Plana, C. (en prensa). *Atlas de anatomía de especies silvestres de la Amazonía. Volumen I - Mamíferos Taxonomía de las Especies Aparato Digestivo*. EDUfra.
- Mayor, P., El Bizri, H., Bodmer, R. E. & Bowler, M. (2017). Assessment of mammal reproduction for hunting sustainability through community-based sampling of species in the wild. *Conservation Biology*, 31(4), 912-923.
- McCormack, M. A., Jackson, B. P. & Dutton, J. (2020). Effects of formalin fixation on trace element concentrations in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) tissues. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(6), 1149-1164.
- Mendes-Oliveira, A. C., de Maria, S. L., de Lima, R. C. S., Fernandes, A. S., de Almeida, P. C., Montag, L. F. & de Carvalho Jr., O. (2012). Testing simple criteria for age estimation of six hunted mammal species in the Brazilian Amazon. *Mastozoología Neotropical*, 19(1), 105-116.
- Morales, E. A., Mayor, P., Bowler, M., Aysanoa, E., Pérez-Velez, E. S., Pérez, J. G., Ventocilla, J. A., Baldeviano, G. C. & Lescano, A. G. (2017). Prevalence of *Trypanosoma cruzi* and other Trypanosomatids in wild mammals commonly hunted in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 97(5), 1482-1485.
- Muehlenbein, M. P. (2006). Intestinal parasite infections and fecal steroid levels in wild chimpanzees. *American Journal of Physical Anthropology*, 130(4), 546-550. 10.1002/ajpa.20391.
- Orta-Martínez, M., Mayor, P., Cartró-Sabaté, M. & Rosell-Melé, A. (2020). Reply to: Improper estimation of lead contamination. *Nature Sustainability*, 4, 19-20.
- Pereira da Silva, G., Monteiro, F. O. B., de Souza Pereira, T. H., Rodrigues de Matos, S. E., de Andrade, R. S., Nassar Coutinho, L., Valsecchi, L., El Bizri, H. R., López Plana, C. & Mayor, P. (2020). Fetal bone development in the lowland paca (*Cuniculus paca*, Rodentia, Cuniculidae) determined using ultrasonography. *Journal of Anatomy*, 237, 105-118.
- Peres, C. A. (2000). Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology*, 14(1), 240-253.
- Pérez, J. G., Carrera, J. P., Serrano, E., Pitti, Y., Maguiña, J. L., Mentaberre, G., Lescano, A. G., Valderrama, A. & Mayor, P. (2019). Serologic evidence of zoonotic alphaviruses in humans from an indigenous community in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 101(6), 1212-1218.
- Pukazhenth, B. S. & Wildt, D. E. (2004). Which reproductive technologies are most relevant to studying, managing and conserving wildlife? *Reproduction, Fertility and Development*, 16(1-2), 33-46.

- Robinson, J. G. & Bennett, E. L. (2000). *Hunting for Sustainability in Tropical Forests*. Columbia University Press.
- Sakai, T. (2000). Biomarkers of Lead Exposure. *Industrial Health*, 38(2), 127-142.
- Sapolsky, R. M. (2002). Endocrinology of the stress response. En J. B. Becker, S. M. Breedlove, D. Crews & M. M. McCarthy (eds.). *Behavioral endocrinology* (pp. 409-450). The MIT Press.
- Start, R., Layton, C. M., Cross, S. S. & Smith, J. H. F. (1992). Reassessment of the rate of fixative diffusion. *Journal of Clinical Pathology*, 45(12), 1120-1121.
- van Holt, T., Townsend, W. R. & Cronkleton, P. (2010). Assessing local knowledge of game abundance and persistence of hunting livelihoods in the Bolivian Amazon using consensus analysis. *Human Ecology*, 38(6), 791-801.
- van Vliet, N. & Nasi, R. (2008). Hunting for Livelihood in Northeastern Gabon: Patterns, Evolution, and Sustainability. *Ecology and Society*, 13(2), art. 33.
- Webster-Marketon, J. I. & Glaser, R. (2008). Stress hormones and immune function. *Cellular Immunology*, 252(1-2), 16-26.
- Zapata-Ríos, G., Urgil, C. & Suarez, E. (2009). Mammal hunting by the Shuar of the Ecuadorian Amazon: Is it sustainable? *Oryx*, 43(03), 375-385.

