



ANÁLISIS FECALES EN EL ESTUDIO DE LA REPRODUCCIÓN EN CÉRVIDOS Y SU PAPEL EN LA CONSERVACIÓN

FECES ANALYSIS ON THE STUDY OF CERVID REPRODUCTION AND ITS ROLE IN CONSERVATION

Arroyo RE^{1*}, Vital GC¹, Lavín MP².

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez ¹Departamento de Ciencias Químico Biológicas, ²Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Ave. Plutarco Elías Calles, C.P. 32310, Cd. Juárez, Chihuahua. México.

RESUMEN

El uso de las técnicas no invasivas por medio de heces fecales, son una alternativa para el estudio de la reproducción en cérvidos, con la más mínima manipulación de los individuos de estudio. El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer el uso de estas técnicas, que han sido utilizadas en la determinación de hormonas presentes en heces fecales, mediante una revisión bibliográfica sistemática. La búsqueda consistió en el uso de bases de datos como: BioOne, Science Direct, Redalyc, PubMed y JSTOR. Los artículos sobre el tema de interés estuvieron comprendidos en el periodo de 1990 al 2011. En los cuales, se obtuvieron un total de 14 revistas diferentes y 26 artículos. De acuerdo a los diferentes autores, los resultados mostraron que el uso de las técnicas no invasivas por medio de heces fecales de las diferentes especies de Cérvidos, son una buena herramienta para el estudio reproductivo con fines de conservación de las poblaciones.

PALABRAS CLAVE

Reproducción, heces fecales, hormonas esteroideas, Cérvidos.

Introducción

El estudio de técnicas no invasivas para analizar las características bioquímicas en las heces fecales

ABSTRACT

The analysis of feces as a non-invasive technique is an alternative for the study of reproduction in cervids, minimizing manipulation of individuals. The objective of this paper was to present a gathering of techniques that have been used in hormonal determination in feces, through a systematic bibliographic review. Search for the information was done in some data bases like: BioOne, Science Direct, Redalyc, PubMed and JSTOR. A total of 14 journals and 26 articles, in the time period from 1990 to 2011 were found. According to numerous authors, the results show that the use of those non-invasive methods in many cervid species is an excellent instrument for the study of reproduction of Cervids, concerning population conservation purposes.

KEY WORDS

Reproduction, feces, steroid hormones, Cervids.

Información del artículo

Recibido: 06 de noviembre de 2012.

Aceptado: 12 de marzo de 2013.

de la fauna silvestre, son una alternativa novedosa como método indirecto para el monitoreo del estado reproductivo en vertebrados y en particular en cérvidos (Valdespino *et al.*, 2007). Debido a la gran dificultad práctica que invo-

***Autor corresponsal:**

Arroyo RE. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Ave. Plutarco Elías Calles, C.P. 32310, Cd. Juárez, Chihuahua, México. Tel. +52(656) 313 7523; 688 1886. Correo electrónico: mastozoo83@hotmail.com

lucra hacer estudios en vivo, se ha optado por utilizar estas técnicas no invasivas, ya que no interviene manipulación del animal de estudio. Por el contrario, el uso de técnicas directas (técnicas invasivas), que históricamente se han usado, involucran la captura y manipulación de los individuos ocasionándoles estrés y en algunos casos, éstas significan riesgo para el investigador (Von der Ohe y Servheen, 2002).

Por su versatilidad, las técnicas no invasivas del estudio en heces fecales se han usado en animales en cautiverio exitosamente (Graham *et al.*, 2001). Así también, se han utilizado en diferentes aspectos ecológicos tales como: estimación poblacional, evaluación de estrés, fotoperiodo, temporada reproductiva, gestación, enfermedades parasitarias, entre otras (Valdespino *et al.*, 2007, Tayce *et al.*, 2008). Otra aplicación a nivel molecular es el aislamiento de ADN en heces fecales, para identificación de sexo, área de distribución y patrones reproductivos (Kohn y Wayne, 1997). El propósito de realizar este tipo de estudios, es minimizar la manipulación y el estrés de los especímenes, mientras se obtiene información significativa sobre su fisiología reproductiva. En particular, en los cérvidos, una de las principales problemáticas que enfrentan es la actividad cinética no regulada, llevando a la reducción de sus poblaciones, así como la fragmentación de su hábitat (Galindo-Leal y Weber, 1998). Autores como, González y colaboradores (2009), realizaron un estudio con una especie amenazada la Corzuela roja pequeña (Mazama bororo), en Brasil, utilizando las heces fecales para extracción de ADN como una herramienta que proporcionó información necesaria para estrategias de gestión y conservación de sus poblaciones en lugares fragmentados.

El uso de técnicas no invasivas por medio de las heces fecales, se han implementado actualmente para estudios en zoológicos, con el fin de determinar estados reproductivos y el estrés fisiológico que pueden presentar los animales al ser manipulados para su mantenimiento (Carlstead *et al.*, 1996, Wielebnowski *et al.*, 2000, Brousset Hernández-Jáuregui *et al.*, 2005). Graham y colaboradores (2001), desarrollaron un ensayo para la determinación de progestágenos en heces y suero, implementados en diferentes animales de zoológicos por inmunoensayo enzimático (EIA). Así también, Safar-Hermann y colaboradores (1987), utilizaron heces fecales para determinación de estrógenos, con el fin de diagnosticar preñez en animales de zoológico. Por otra parte, estas técnicas en heces fecales, también se han utilizado en estudios de vertebrados en general. Valdespino y colaboradores (2007), realizaron una revisión

sobre la evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de sus excretas, como un método no invasivo. Soto y colaboradores (2004), realizaron una valoración de hormonas esteroides en heces de una pareja de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*). Rivas (2009), realizó un estudio sobre identificación de sexo en *Crocodylus acutus*, por medio de heces fecales y orina. Otros estudios como, el de Hirata y Mori (1995), fueron enfocados en un monitoreo del estado reproductivo en rumiantes, utilizando progesterona fecal.

Con el creciente número de publicaciones sobre el tema y la alarmante disminución de las poblaciones de los grandes mamíferos en Norte América, se requiere de contar con una información sistematizada y disponible para el estudioso y para el manejador de la fauna silvestre. Por lo mismo, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica sistemática y exhaustiva, sobre las diversas técnicas utilizadas en la determinación de hormonas presentes en heces fecales, en particular para especies de la familia Cervidae (*Mammalia: Artiodactyla*).

La Familia Cervidae, comprende 43 especies y 16 géneros distribuidos a nivel mundial (Schmidly, 2005). Son rumiantes, cuya característica es el presentar astas ramificadas que se renuevan periódicamente y estas a su vez, están protegidas por un terciopelo que se cae al acercarse la temporada reproductiva que va de noviembre a diciembre y dependiendo de las condiciones ambientales de cada región como en el caso de Texas, hasta enero y febrero (Weber y Galindo-Leal, 1994).

El estudio de la reproducción en cérvidos, se realiza, en la mayoría de los casos, con el fin de conservar a sus poblaciones (Mercado *et al.*, 2001; Martínez-Romero, 2004; Goode, 2011), por su valor cinético en todo el mundo (Garrido, 2012), además de su impacto ecológico en las comunidades naturales donde han evolucionado (Mandujano, 2004). En particular, en México la cacería se ha practicado desde las culturas prehispánicas hasta nuestros días, tanto para satisfacer las necesidades de alimentación básicas de los pobladores, hasta como parte fundamental de actividades culturales y religiosas de distintos grupos humanos (Galindo-Leal y Weber, 1998).

De esta manera, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer el uso de técnicas que han sido utilizadas en la determinación de hormonas presentes en heces fecales de cérvidos.

Materiales y Métodos

La estrategia de búsqueda de información consistió en la identificación de estudios realizados con técnicas de determinación hormonal en heces fecales en artículos comprendidos de 1990 al 2011. Las siguientes bases de datos utilizadas fueron: BioOne, Science Direct, The University of Texas at El Paso, Redalyc, PubMed y JSTOR, con fechas de búsqueda en el periodo comprendido entre el 15 de enero y el 26 de octubre del 2012. En dicha búsqueda se utilizaron las siguientes palabras claves tanto en inglés como en español: Reproducción en venados/*Deer Reproduction*, Esteroides fecales/*Fecal steroids*, Ciclos hormonales en cérvidos/*Hormonal cycles in cervids*. En este proceso se identificaron numerosas revistas, entre las cuales podemos citar a *Journal of Wildlife Management* (publicado por *The Wildlife Society*), *Wildlife Society Bulletin* (publicado por *The Wildlife Society*), *Journal of Wildlife Diseases* (publicado por *Wildlife Disease Association*), *The Journal of Veterinary Medical Science* (publicado por *Theriogenology*), *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* (publicado por *American Association of Zoo Veterinarians*), *Zoological Studies* (publicado por *Scimago Journal & Country Rank*), *Hormones and Behavior* (publicado por *Journal of the Society for Behavioral Neuroendocrinology*), *European Journal of Wildlife Research* (publicado por *Springer*), *Mammalian Biology* (publicado por *ELSEVIER*), *Animal Reproduction Science* (publicado por *ELSEVIER*), *Journal of Reproduction and Development* (publicado por *J-STAGE*), *Ecological Research*, *Molecular Ecology Resources* (publicado por *WILEY*), *Conservation Genetics* (publicado por *Springer*), *USDA Forest Service Proceedings* (publicado por *Rocky Mountain Research Station*). Del mismo modo, se revisaron tesis de maestría de: *The University of Tennessee*, *The University of Montreal*, *Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias (UNESP)*. Con un total de 14 revistas examinadas, de las cuales se obtuvieron un total de 26 artículos. Una vez realizado lo anterior, el siguiente paso fue la división en dos grandes temas como: Determinación de los cambios estacionales y comportamiento reproductivo por medio de heces fecales y Análisis de ADN en heces fecales.

Resultados y Discusión

De los 26 estudios, cinco son asiáticos, cuatro europeos, dos canadienses y 14 americanos que van del periodo de 1990 al 2011. Los estudios se enfocaron en

las siguientes especies: *Cervus nippon centralis* (Takahashi et al., 2002), *C. nippon yeoensis* (Matsuura et al., 2004), *Elaphurus davidianus* (Li et al., 2001), *Muntiacus reeves muntiacus* (Pei et al., 2009), *Pudu puda* (Blanvillain et al., 1997), *Rangifer tarandus tarandus* (Morden et al., 2011), *R. tarandus Caribou* (Messier et al., 1990, Morden et al., 2010), *Hydropotes inermis* (Mauget et al., 2006), *Odocoileus virginianus* (Kapke et al., 1999, Mercado et al., 2001), Goode (2011), *O. hemionus sitkensis* (Brinkman et al., 2010), *C. elaphus caribou* (White et al., 1995, Huber et al., 2002), *C. elaphus nannodes* (Stoops et al., 1999), *Alces alces* (Schwartz et al., 1995), *Mazama americana* (Fraguas et al., 2009), *M. gouazoubira* (Pereira et al., 2006, Zanetti et al., 2010), *M. bororo* (González et al., 2009), *B. dichotomus* (Polegato, 2008) y *Ozotoceros bezoarticus* (Pereira et al., 2005). De las cuales, algunas de las especies mencionadas se presentan tanto *in situ* como *ex situ*. Los temas tratados estuvieron enfocados sobre aspectos reproductivos como la determinación del ciclo estral y seguimiento del periodo gestacional de las diferentes especies de cérvidos (Tabla 1).

Yamauchi y colaboradores (1997), realizaron una valoración del estado reproductivo del Ciervo de Sika (*Cervus nippon*), en el parque Osaki, Saitama, Japón, con el objetivo de llevar a cabo un buen manejo para la conservación de esta especie, utilizando las heces fecales como una buena herramienta para su estudio y de las cuales analizaron progesterona y testosterona de tres hembras adultas y un macho adulto (Tabla 1) por radioinmunoensayo (RIA). Por otra parte, Hamasaki y colaboradores (2001), compararon varios estados reproductivos del Ciervo de Sika (*Cervus nippon*), en el parque municipal Toyama, Toyama, Japón, para fines de conservación, en el que estudiaron la tasa de preñez y proporción de sexos, analizando la concentración de progesterona y testosterona fecal en ocho machos y 15 hembras en un periodo bianual, por RIA (Tabla 1). Así mismo, Takahashi y colaboradores (2002), realizaron un monitoreo de la función lútea por medio de un análisis de progesterona fecal, llevado a cabo en Miyagi, Sendai, Japón, por fluoroinmunoensayo (TR-FIA), en hembras de diferentes edades del Ciervo de Sika (*Cervus nippon centralis*), y sugieren que esta técnica no invasiva es una herramienta útil para este análisis (Tabla 1). En el 2004, fueron estudiados el ciclo ovárico y la concepción de los Ciervos sika (*Cervus nippon yeoensis*), en la planicie de Tokachi, Hokkaido, Japón, con el propósito de revelar los factores responsables de la concepción retardada, mediante concentración

Tabla 1.
Estudios de determinación de los cambios estacionales y comportamiento reproductivo por medio de heces fecales en cérvidos.

Especies	Estudio	Condición	Referencia
<i>Cervus nippon</i>	Estado reproductivo para control y manejo de un alto número poblacional en un área, midiendo longitud del ciclo estral y perfiles reproductivos anuales en ambos géneros	<i>In situ</i>	Yamauchi <i>et al.</i> (1997)
<i>Cervus nippon</i>	Control poblacional determinando la tasa de preñez y proporción de sexos	<i>In situ</i>	Hamasaki <i>et al.</i> , (2001)
<i>Elaphurus davidianus</i>	Cambios estacionales en relación al comportamiento reproductivo en concentraciones de esteroides fecales	<i>Ex situ</i>	Li <i>et al.</i> , (2001)
<i>Cervus nippon centralis</i>	Cambios estacionales como monitoreo de la función lútea	<i>In situ</i>	Takahashi <i>et al.</i> , (2002)
<i>Cervus nippon yesoensis</i>	Causas de la concepción retardada por medio de la detección del ciclo ovárico y fecha de concepción	<i>Ex situ</i>	Matsuura <i>et al.</i> , (2004)
<i>Hydropotes inermis</i>	Análisis de la biología reproductiva para conservación y manejo de las poblaciones	<i>In situ</i>	Mauget <i>et al.</i> , (2006)
<i>Muntiacus reeves micrurus</i>	Desacoplamiento único del ciclo reproductivo y cornamenta	<i>In situ</i>	Pei <i>et al.</i> , (2009)
<i>Pudu pudu</i>	Medición de los metabolitos de progesterona fecal para supervisar la función ovárica	<i>In situ</i>	Blanvillain <i>et al.</i> , (1997)
<i>Alces alces</i>	Uso de la técnica no invasiva para monitorear la actividad ovárica estimando el tiempo de estro y ovulación	<i>In situ</i>	Schwartz <i>et al.</i> , (1995)
<i>Rangifer tarandus caribou</i>	Concentración de progesterona en heces fecales como un indicador seguro para detección de preñez	<i>Ex situ</i>	Messier <i>et al.</i> , (1990)
<i>Cervus elaphus nelsoni</i>	Diagnóstico de preñez con el uso de metabolitos de esteroides fecales	<i>Ex situ</i>	White <i>et al.</i> , (1995)
<i>Cervus elaphus nannodes</i>	Factibilidad del uso de esteroides fecales como método para monitorear la actividad de los ovarios y la placenta	<i>Ex situ</i>	Stoops <i>et al.</i> , (1999)
<i>Odocoileus virginianus</i>	Concentración de estradiol y progesterona fecal para monitoreo de eventos reproductivos	<i>In situ</i>	Kapke <i>et al.</i> , (1999)
<i>Cervus elaphus nannodes</i>	Monitoreo ovárico para evaluar la eficiencia anticonceptiva con el fin de reducir las tasas de crecimiento de la población	<i>Ex situ</i>	Shideler (2000)
<i>Odocoileus virginianus</i>	Monitoreo indirecto de la actividad reproductiva por medio de la concentración de progesterona	<i>In situ</i>	Mercado <i>et al.</i> , (2001)
<i>Mazama gouazoubira</i>	Caracterización del ciclo estral, gestación y periodo postparto a través de fluctuaciones en progestágenos fecales y su relación en el comportamiento reproductivo	<i>In situ</i>	Pereira <i>et al.</i> , (2006)
<i>Ozotoceros bezoarticus bezoarticus</i>	Relación del fotoperíodo con el comportamiento reproductivo y ciclo de las astas	<i>Ex situ</i>	Pereira <i>et al.</i> , (2005)
<i>Mazama gouazoubira</i>	Métodos de sincronización del estro con fines de conservación de la especie	<i>In situ</i>	Zanetti <i>et al.</i> , (2010)
<i>Blastocerus dichotomus</i>	Determinación del ciclo estral, gestación y periodo postparto para conservación de la especie	<i>In situ</i>	Polegato (2008)
<i>Mazama americana</i>	Cambios anuales en los metabolitos fecales de andrógenos y su relación con el ciclo de astas	<i>In situ</i>	Fraguas <i>et al.</i> , (2009)

Ex situ (en vida libre); *In situ* (en cautiverio).

de progesterona en las heces fecales de 12 hembras, utilizando inmunoensayo enzimático (EIA), realizado por Matsuura y colaboradores (Tabla 1). Blanvillain y colaboradores (1997), analizaron los datos reproductivos en

siete hembras del zoológico de Wuppertal, Alemania, por medio de progesterona fecal mediante EIA, con el fin de supervisar la función ovárica en el Pudu (*Pudu pudu*), en los que encontraron que esta especie tiene un ciclo po-

Tabla 2.
Estudios que han usado análisis de ADN en heces fecales de cérvidos.

Especies	Nombre científico	Estudio	Condición	Referencia
Caribou	<i>Rangifer tarandus Caribou</i>	Uso de técnicas no invasivas para propósito de conservación y manejo de poblaciones en vida silvestre	<i>Ex situ</i>	Morden et al., (2010)
Reno	<i>Rangifer tarandus</i>	Identificación del estado reproductivo de hembras como método de monitoreo poblacional	<i>Ex situ</i>	Morden et al., (2011)
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	Estimación poblacional y proporción de sexos mediante ADN fecal para muestreo genético	<i>Ex situ</i>	Goode (2011)
Venado cola negra	<i>Odocoileus hemionus sitkensis</i>	Tiempo de degradación de ADN fecal en la Selva Tropical	Killed deer	Brinkman et al., (2010)
Ciervo rojo	<i>Cervus elaphus</i>	Determinación de sexo usando PCR de ADN fecal	<i>In situ</i>	Huber et al., (2002)
Corzuela roja pequeña	<i>Mazama bororo</i>	Uso de técnicas genéticas no invasivas para estrategias de conservación y manejo	<i>Ex situ</i>	González et al., (2009)

Ex situ (en vida libre); *In situ* (en cautiverio).

liestral y una duración del ciclo ovárico de 11 días aproximadamente (Tabla 1).

Schwartz y colaboradores (1995), evaluaron la concentración de progesterona fecal por RIA, como un indicador del ciclo estral y preñez en Alce (*Alces alces*), de la península de Kenai, Alaska, utilizando como modelo de estudio tres hembras juveniles y tres adultas. Los progestágenos fecales estuvieron por encima de las concentraciones máximas de fase lútea en la octava semana de gestación y concluyeron que este procedimiento es una técnica no invasiva exitosa para el seguimiento de la actividad ovárica y preñez en alces (Tabla 1).

Messier y colaboradores (1990) trabajaron con 87 Caribús (*Rangifer tarandus caribou*) en cautiverio del zoológico de Quebec y del río George, en el norte de Quebec y Labrador, Canadá, White et al., (1995) colocaron 21 radiocollares en hembras adultas de Ciervo rojo (*Cervus elaphus nelsoni*) en vida libre del parque nacional Yellowstone, Wyoming y Stoops et al., (1999) trabajaron con 10 hembras adultas del Ciervo de Tule (*Cervus elaphus nannodes*) en vida libre del parque nacional costero Punta Reyes, California, ambos identificaron el estado de preñez usando esteroides fecales por RIA y EIA, como un método eficaz al no manipular a las especies de es-

tudio (Tabla 1). Shideler en el 2000 realizó un monitoreo de la anticoncepción del Ciervo de Tule (*Cervus elaphus nannodes*), en estado silvestre, siendo un problema de sobre población en esta región, con el fin de mejorar la capacidad para estimar con precisión las características demográficas de las poblaciones de animales, evaluando las características reproductivas de la especie, por medio de las heces fecales mediante EIA (Tabla 1).

Por otro lado, Kapke y colaboradores (1999), trabajaron con la concentración de metabolitos fecales de estradiol y progesterona por RIA en dos grupos de Arena y Janesville, Wisconsin. El primero consistió de tres hembras juveniles y un macho juvenil, mientras que el segundo de 11 hembras, 13 machos y ocho cervatillos de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), estos autores aseguran que la medición de pregnandiol fecal es útil para el seguimiento de los eventos reproductivos en hembras de esta especie (Tabla 1).

Por otra parte, Mercado y colaboradores (2001), hicieron una comparación de la concentración de progesterona en heces fecales de cuatro hatos de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), del Estado de Zacatecas y San Luis Potosí, México, por medio de EIA, con fines de conservación de sus poblaciones, encontrando

que el fotoperiodo influye sobre las fechas de inicio y finalización de la temporada reproductiva, siendo diferentes de un estado a otro (Tabla 1). Así también, Pereira y colaboradores (2006), realizaron un estudio en cinco hembras y tres machos adultos de Sao Paulo, Brasil, en el que monitorearon el ciclo estral y preñez en la Corzuela parda (*Mazama gouazoubira*), midiendo progesterógenos fecales con un EIA (Tabla 1). Así como el estudio de Polegato en el 2008, realizado en Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil, donde determinó los perfiles de estrógeno y progesterona fecal por medio de EIA en seis hembras del Ciervo del pantanal (*Blastocerus dichotomus*) durante su ciclo estral, no encontrando diferencia significativa en la concentración de estrógeno fecal durante el ciclo estral y la concentración de progesterona fecal se mantuvo constante, (Tabla 1). Zanetti y colaboradores (2010), realizaron una comparación de dos métodos de sincronización de estro en dos grupos de la especie de la Corzuela parda (*Mazama gouazoubira*), en Jaboticabal, Brasil, usando como tratamientos un dispositivo de progesterona intravaginal e inyecciones de cloprostenol. Evaluando la eficacia del tratamiento mediante progestina fecal por EIA, se encontró que todas las ciervas presentaron comportamiento estral, pero no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 1).

De la misma manera, se abordaron temas como cambios estacionales en el comportamiento reproductivo de cérvidos por medio de heces fecales (Tabla 1), en los que Li y colaboradores (2001), estudiaron los cambios estacionales del comportamiento reproductivo en concentraciones de esteroides fecales, en el Venado del Padre David (*Elaphurus davidianus*), en Dafeng, China, en el que analizaron testosterona, estradiol y progesterona fecal por RIA, encontrando que ambas hormonas son necesarias para inducir el comportamiento reproductivo (Tabla 1). Mauget y colaboradores (2006), estudiaron el ciclo reproductivo anual del Venado acuático chino (*Hydropotes inermis*), en un muestreo al azar en diferentes hembras y machos, del Zoológico de Branfèrè, Britania, en el cual analizaron esteroides fecales por EIA, junto con su comportamiento. Los datos mostraron un patrón reproductivo claramente estacional en los machos adultos. Mientras que en las hembras maduras, hubo una estrecha sincronía en los estados reproductivos: lactancia / anestro estacional, siendo un método útil para la evaluación del estado endocrino y su relación con el comportamiento (Tabla 1). Por otro lado, Pereira y colaboradores (2005), tuvieron como propósito para este estudio validar las técnicas de monitorización endocrinas no invasivas para el Ciervo de las pampas (*Ozo-*

toceros bezoarticus bezoarticus) en vida libre, en el parque nacional Emas, Brasil y evaluar los cambios estacionales en la actividad androgénica testicular y su correlación con el comportamiento reproductivo, ciclo de cornamenta y tamaño del grupo, como practica fiable de estudio mediante EIA (Tabla 1). Por otra parte, Pei y colaboradores (2009), evaluaron los niveles de testosterona en heces fecales y el desacoplamiento de los ciclos reproductivos y de cornamenta por RIA, en cuatro machos del Ciervo Muntiaco (*Muntiacus reeves micrurus*) en cautiverio, en Pingtung, Taiwan, mostrando como resultados que la cornamenta del macho presenta un ciclo anual, con un crecimiento a principios de mayo y la caída de velvet y endurecimiento a principios de septiembre (Tabla 1). Así como, Fraguas y colaboradores (2009), analizaron las variaciones anuales y el ciclo de la cornamenta en los metabolitos de andrógenos fecales por EIA, en el Temazate (*Mazama americana*) en cautiverio, expuestos a un fotoperiodo natural en el sureste de Brasil. Como resultados obtuvieron que los individuos estudiados no presentan ningún patrón anual en la secreción de andrógenos y cambios de cornamenta y que no son afectados por señales fotoperiódicas (Tabla 1).

Otros de los temas fueron enfocados en análisis de ADN por medio de heces fecales (Tabla 2), en el que Morden y colaboradores (2010) y Morden y colaboradores (2011), utilizaron metabolitos de progesterona fecal por EIA, para monitorear las poblaciones del Reno (*Rangifer tarandus tarandus*) y el Caribú (*Rangifer tarandus caribou*), como un método practico para ayudar a estimar el estado reproductivo, el sexo y la estructura de edades de las poblaciones, en el cual encontraron que en ambas poblaciones existe una relación positiva significativa entre los niveles de progesterona fecal y plasma. Y que la concentración de la hormona, en combinación con ADN fecal y técnicas de morfometría de pellets, pueden proporcionar los parámetros importantes de la población además de ser una valiosa herramienta para el seguimiento del reno y tener una aplicación para las poblaciones amenazadas de caribú de los bosques durante el invierno y principios de primavera (Tabla 2).

Por otra parte, el uso de ADN de muestras fecales, también es efectivo para estudios como la estimación de marcaje y recaptura utilizando ADN extraído de las heces fecales de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), como marcador individual y para la determinación del sexo (Tabla 2), siendo útil para decisiones de gestión de los ciervos y reduciendo el riesgo de sobrestimar la densi-

dad de venados que es común con los métodos tradicionales, de acuerdo con Goode (2011). En el 2010, se realizó una investigación por Brinkman y colaboradores, acerca de los efectos del tiempo y las lluvias sobre el éxito de PCR utilizando ADN extraído a partir de gránulos fecales del Venado cola negra (*Odocoileus hemionus sitkensis*), el estudio mostró que las lluvias aumentan significativamente las tasas de degradación de ADN de pellets de ungulados. El ADN fecal, también es utilizado para determinación de sexo (Tabla 2). Huber y colaboradores (2002), realizaron un estudio sobre determinación de sexo en el Ciervo rojo (*Cervus elaphus*), usando ADN fecal, junto con una reacción en cadena de polimerasa, la cual fue una herramienta efectiva para este estudio (Tabla 2). Así mismo, este método es utilizado para evaluar las condiciones poblacionales de especies amenazadas. Un ejemplo, es el estudio realizado por González y colaboradores en el 2009, en la Corzuela roja (*Mazama bororo*), una especie neotropical altamente amenazada, para determinar la presencia de esta especie en un área que es crucial, con el fin de su conservación por medio de análisis genéticos, el cual es un método rápido y fiable para identificación de especies de Mazama a partir de sus heces (Tabla 2).

Conclusiones

El análisis de distintos componentes hormonales y de ADN en las heces fecales de los cérvidos ha facilitado en los últimos años el estudio de distintos aspectos de la biología reproductiva. Los trabajos aquí revisados han demostrado la eficiencia y precisión de estos métodos no invasivos en animales silvestres o en semi-cautiverio. En particular, en el caso de la familia Cervidae, estas metodologías se han llevado a cabo en distintas latitudes y condiciones ecológicas, confirmando su utilidad práctica en la resolución de diversas interrogantes y problemáticas. Sin embargo, si se analiza su enorme potencial, la producción científica del tema es escasa, en particular en países como México en donde por su gran biodiversidad y mal uso de la misma, se requiere de un manejo informado. Especialmente en especies con un elevado uso cinegético como el Venado bura (*Odocoileus hemionus*) y el Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), de los que poco se sabe sobre aspectos de su reproducción en nuestro país.

Literatura citada

- Abáigir T, Domené MA, Palomares F. Effects of fecal age and seasonality on steroid hormone concentration as a reproductive parameter in field studies. *European Journal of Wildlife Resources* 2012; 56: 781–787.
- Bubenik GA, Schams D, White RJ, Rowell J, Blake J, Bartos L. Seasonal levels of reproductive hormones and their relationship to the antler cycle of male and female reindeer (*Rangifer tarandus*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 1997; 116B: 269–277.
- Buchanan KL, Goldsmith AR. Noninvasive endocrine data for behavioural studies: the importance of validation. *Animal Behaviour* 2003; 67: 183-185.
- Blanvillain C, Berthier JL, Bomsel-Demontoy, Sempéré AJ, Olbricht G, Schwarzenberg. Analysis of reproductive data and measurement of fecal progesterone metabolites to monitor the ovarian function in the Pudu *Pudu pudu* (Artiodactyla, Cervidae). *Mammalia* 1997; 61(4): 589-602.
- Brinkman TJ, Schwartz MK, Person DK, Pilgrim KL, Hundertmark KJ. Effects of time and rainfall on PCR success using DNA extracted from deer fecal pellets. *Conservation Genetics* 2010; 11: 1547–1552.
- Brousset HD, Galindo MF, Valdez PR, Romano PM, Schuneman AA. Cortisol en saliva, orina y heces: evaluación no invasiva en mamíferos silvestres. *Veterinaria México* 2005; 36(3): 325-337.
- Carlstead K. 1996. Effects of captivity on the behavior of wild mammals. En: Kleiman DG, Allen ME, Thompson KV & Lumpkin S (Eds.): *Wild mammals in captivity*. Chicago, EUA: Chicago Press, 1996: 317-333.
- Curlewis JD., Loudon ASI, Coleman APM. Oestrous cycles and the breeding season of the Père David's deer hind (*Elaphurus davidianus*). *Journal for Reproduction and Fertility* 1988; 82: 119-126.
- Christofolletti MD, Pereira RJG, Barbanti DJM. Influence of husbandry systems on physiological stress reactions of captive brown brocket (*Mazama gouazoubira*) and marsh deer (*Blastocerus dichotomus*) noninvasive analysis of fecal cortisol metabolites. *European Journal of Wildlife Research* 2010; 56: 561–568.
- Duquette JF, Belant JL, Beyer DE, Svoboda NJ. Comparison of pregnancy detection methods in live White-Tailed Deer. *Wildlife Society Bulletin* 2012; 36(1): 115–118.
- Drion PV, Hanzen C, Wirth D, Beckers JF, Leboeuf B, Ropstad E, et al. Physiologie de la reproduction et endocrinologie chez les cervidés : une revue. *Annales de Médecine Vétérinaire* 2003; 147: 291-313.

- Fraguas VN, García PRJ, Barbanti DJM. Annual variations in fecal androgen metabolites and antler cycle of captive red brocket bucks (*Mazama americana*) in southeast Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 2009; 55: 535–538.
- Galindo-Leal C, Weber M. El Venado de la Sierra Madre Occidental, Ecología, Manejo y Conservación. México: EDI-CUSA-CONABIO, 1998. 272.
- Garrido JL. La caza. Sector económico. Valoración por subsectores. Madrid: FEDENCA-EEC, 2012. 24.
- Garrott R, Monfort SL, White PJ, Mashburn KL, Cook JG. One sample pregnancy diagnosis in elk using fecal steroid metabolites. *Journal of Wildlife Diseases*, Copenhagen 1998; 34(1): 126-31.
- Goode MJ. Capture-recapture of white-tailed deer using DNA sampling from fecal pellet-groups. (tesis de maestría). Knoxville: The University of Tennessee, 2011.
- Gómez JA, García AJ, Landete-Castillejos T, Gallego L. Effect of advancing births on testosterone until 2.5 years of age and puberty in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *Animal Reproduction Science* 2006; 96: 79–88.
- González S, Maldonado JE, Ortega J, Talarico AC, Bidegaray-Batista L, García JE, *et al.* Identification of the endangered small red brocket deer (*Mazama bororo*) using noninvasive genetic techniques (*Mammalia; Cervidae*). *Molecular Ecology Resources* 2009; 9: 754–758.
- Graham LH, Schwarzenberger F, Möstl E, Galama W, Savage A. A versatile enzyme immunoassay for the determination of progestogens in feces and serum. *Zoo Biology*, New York 2001; 20: 227-236.
- Hamasaki S, Yamauchi K, Ohki T, Murakami M, Takahara Y, *et al.* Comparison of various reproductive status in sika deer (*Cervus Nippon*) using fecal steroid analysis. *Theriogenology*, Stoneham 2001; 63(2): 195-198.
- Heistermann M, Möstl E, Hodges JK. Non-invasive endocrine monitoring of female reproductive status: methods and applications to captive breeding and conservation of exotic species. En: Gauslophe, A, Hodges JK, Kaumanns W (Eds.): *Research and captive propagation*. Filander Verlag GmbH Erlanger. Finlandia, 1995: 36-48.
- Hirata S, Mori Y. Monitoring reproductive status by fecal progesterone analysis in ruminants. *Journal of Veterinary Medical Science* 1995; 57: 845–850.
- Huber S, Bruns U, Arnold W. Sex determination of red deer using polymerase chain reaction of DNA from feces. *Wildlife Society Bulletin* 2002; 30(1): 208-212.
- Kapke CA, Arcese P, Ziegler TE, Scheffler GR. Estradiol and progesterone metabolite concentration in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) feces. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 1999; 30: 361–371.
- Kohn MH, Wayne RK. Facts from feces revisited. *Trends in Ecology and Evolution* 1997; 12(6): 223-7.
- Khan MZ, Altmann J, Isani SS, Yu J. A matter of time: evaluating the storage of fecal samples for steroid analysis. *General and Comparative Endocrinology* 2002; 128: 57–64.
- Lasley BL, Kirkpatrick JF. Monitoring ovarian function in captive and free-ranging wildlife by means of urinary and fecal steroids. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 1991; 22: 23–31.
- Li C, Jiang Z, Jiang G, Fang J. Seasonal changes of reproductive behavior and fecal steroid concentrations in Pe`re David's Deer. *Hormones and Behavior* 2001; 40: 518–525.
- Lincoln GA, Tyler NJC. Role of oestradiol in the regulation of the seasonal antler cycle in female reindeer, (*Rangifer tarandus*). *Journal for Reproduction and Fertility* 1999; 115: 167-174.
- Mauget R, Mauget C, Dubost G, Charron F, Courcoul A, Rodier A. Non-invasive assessment of reproductive status in Chinese water deer (*Hydropotes inermis*): Correlation with sexual behaviour. *Muse`um National d'Histoire Naturelle*, Paris, France. *Mammalian biology* 2006; 72(1): 14–26.
- Mandujano S. Análisis Bibliográfico de los Estudios de Venados en México. *Acta Zoológica Mexicana* 2004; 20(1): 211-251.
- Martínez-Romero L. Determinación de fechas de aprovechamiento del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) a través de hormonas sexuales y comportamiento (tesis de maestría). Instituto de Ecología, A.C., 2004.
- Matsuura Y, Sasamoto Y, Sato K, Takahashi Y, Suzuki M, Ohtaishi N. Monitoring ovarian cycle and conception by fecal progesterone analysis in sika deer. *Ecological Research* 2004; 19: 397–404.
- Mercado M, Ramos S, Blancas M, Mondragón C, Tavizón P. Concentración de progesterona en heces fecales de hembra de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) durante el ciclo reproductivo en cautiverio. Departamento de Ecología e Inmunobiología, Unidad Académica de Biología Experimental, Universidad Autónoma de Zacatecas 2001.
- Messier F, Desaulniers DM, Goff AK, Nault R, Patenaude R, Cre`te M. Caribou pregnancy diagnosis from immunoreactive progestins and estrogens excreted in feces. *Journal of Wildlife Management* 1990; 54: 279–283.

- Mills L, Scott J, Citta J, Lair PK, Schwartz KM, Tallmon DA. Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: promise and pitfalls. Wildlife Biology Program, School of Forestry, University of Montana. Ecological Applications 2000; 10(1): 283-294.
- Monfort SL, Schwartz CC, Wasser SK. Monitoring reproduction in captive moose using urinary and fecal steroid metabolites. Journal of Wildlife Management 1993; 57: 400-407.
- Morden CC, Weladji RB, Ropstad E, Dahl E, Holand O, Mastromonaco G, et al. Fecal Hormones as a Non-Invasive Population Monitoring Method for Reindeer. The Journal of Wildlife Management 2010; 75(6): 1426-1435.
- Morden CC, Weladji RB, Ropstad E, Dahl E, Holand Ø. Use of faecal pellet size to differentiate age classes in female Svalbard reindeer Rangifer tarandus platyrhynchus. Wildlife Biology 2011; 17: 1-8.
- Pei CJ K, Foresman K, Liu BT, Hong LH, Yu JYL. Testosterone levels in Male Formosan Reeve's Muntjac: Uncoupling of the Reproductive and Antler Cycles. Zoological Studies 2009; 48(1): 120-124.
- Pereira RJG, Duarte JMB, Negrão JA. Seasonal changes in fecal testosterone concentrations and their relationship to the reproductive behavior, antler cycle and grouping patterns in free-ranging male Pampas deer (Ozotoceros bezoarticus bezoarticus). Theriogenology 2005; 63: 2113-2125.
- Pereira JRG, Polegato BF, Souza S, Negrão JA, Duarte JMB. Monitoring ovarian cycle and pregnancy in brown brocket deer (Mazama gouazoubira) by measurement of fecal progesterone metabolites. Theriogenology 2006; 2: 387-399.
- Peter AT, Critser JK, Kapustin N. Analysis of sex steroid metabolites excreted in the feces and urine of nondomesticated animals. Compendium 1996; 18(7): 781-792.
- Polegato BF. Determinação dos perfis de estrógenos e progestinas fecais durante o ciclo estral, gestação e período pós-parto em cervos-do-pantanal (Blastocerus dichotomus) em cativeiro. (Tesis de Maestría en Medicina Veterinaria). Jaboticabal: Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias (Unesp), 2008.
- Rivas CRR. Identificación de sexo por hormonas esteroides en orina y heces fecales de Crocodylus acutus (tesis de doctorado). Centro de Investigación de Materiales Avanzados, 2009.
- Riveros FJL. Métodos de estudio de la reproducción en hembras de ungulados silvestres. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 2010; 11(10): 1695-7504.
- Ropstad E, Veiberg V, Sakkinen H, Dahl E, Kindahl H, Holand O, et al. Endocrinology of pregnancy and early pregnancy detection by reproductive hormones in reindeer (Rangifer tarandus tarandus). Theriogenology 2005; 63: 1775-1788.
- Safar-Hermann N, Ismail MN, Choi HS, Mostl E, Bamberg E. Pregnancy diagnosis in zoo animals by estrogen determination in feces. Zoo Biology 1987; 6: 189-193.
- Santiago-Moreno J, González-Bulnes A, Gómez-Brunet A, Toledano-Díaz A, López-Sebastián A. Caracterización de la Actividad Ovulatoria Cíclica, Gestación y Anestro Post-Parto en la Hembra de Gamuza (*Dama dama*). Archivo de Zootecnia 2005; 54: 31-38.
- Soto MA, Salame-Méndez A, Ramírez-Pulido J, Yáñez L, Armella MA. Valoración de hormonas esteroides en heces de una pareja de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en cautiverio. Acta Zoológica Mexicana. 2004; 20(2): 187-196.
- Schmidly DJ. The Mammals of Texas. 6a. edición. Austin. University of Texas Press, 2005. 501.
- Schwartz CC, Monfort SL, Dennis PH, Hundertmark KJ. Fecal progesterone concentration as an indicator of the estrous cycle and pregnancy in moose. Journal of Wildlife Management 1995; 59: 580-583.
- Shideler SE. Monitoring Reproduction and Contraception in Free Ranging Wildlife: Tule Elk (*Cervus elaphus nannodes*) at Point Reyes National Seashore. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-15 2000; 3: 138-142.
- Speranda M, Florijancic T, Speranda T, Mandic S, Boskovic I, Didara M, et al. Steroid Hormones Profile During and Ovarian Synchronization Procedure in Different Age Categories of Red Deer Hinds (*cervus elaphus l.*). Acta Veterinaria (Beograd) 2012; 62(1): 67-75.
- Stoops MA, Anderson GA, Lasley BL, Shideler SE. Use of fecal steroid metabolites to estimate the pregnancy rate of a free-ranging herd of tule elk. Journal of Wildlife Management, Bethesda 1999; 63(2): 561-569.
- Takahashi T, Hamanaka S, Imai K, Hashizume K. Fecal progesterone analysis by time-resolved fluoroimmunoassay (TR-FIA) for monitoring of luteal function in the sika doe (*Cervus nippon centralis*). Journal of Veterinary Medical Science 2002; 64: 565-569.

- Tayce J, Acevedo P, Vicente J, Gortazar C. Minimum sampling effort for reliable non-invasive estimations of excretion abundance of *Elaphostrongylus cervi* L1 in red deer (*Cervus elaphus*) populations. *Journal of Helminthology* 2008; 82: 255–261.
- Valdespino C, Martínez-Mota R, García-Feria LM, Martínez-Romero LE. Evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de sus excretas: Evolución de una Metodología No Invasiva. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 2007; 23(3): 151-180.
- Von der Ohe CG, Servheen C. Measuring stress in mammal using fecal glucocorticoids: opportunities and challenges. *Wildlife Society Bulletin* 2002; 30(4): 1215-1225.
- Weber M, Galindo-Leal C. History, needs and perspectives of deer research and conservation in Mexico. En: (Milne J. A. ed.). *Recent Development in Deer Biology. Proceedings of the Third International Congress on the Biology of Deer*. Edinburgh, Escocia, 1994: 40.
- Wielebnowski NC, Fletchall N, Carlstead K, Busso JM, Brown JL. Noninvasive assessment of adrenal activity associated with husbandry and behavioural factors in the North American clouded leopard population. *Zoo Biology* 2000; 21: 77–98.
- White PJ, Garrott RA, Kirkpatrick F, Berkeley EV. Diagnosing pregnancy in free-ranging elk using fecal steroid metabolites. *Journal of Wildlife Diseases* 1995; 31: 514-522.
- Yamauchi K, Hamasaki S, Takeuchi Y, Mori Y. Assessment of reproductive status of Sika Deer by fecal steroid analysis. *Journal of Reproduction and Development* 1997; 43: 221–226.
- Zanetti ES, Polegato BF, Barbanti DJM. Comparison of two methods of synchronization of estrus in brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*). *Animal Reproduction Science* 2010; 117: 266–274.

Como citar este artículo: Arroyo RE, Vital GC[†], Lavín MP. Análisis fecales en el estudio de la reproducción en cérvidos y su papel en la conservación. *Revista Bio Ciencias* 2013; 2(3): 130-139.

