

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio Ciencias de la Salud

Compresión Medular en Jaguar (*Panthera onca*)
Análisis de casos

Beatriz María Arroba Santos

Medicina Veterinaria

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título
de Médico Veterinario

Quito, 15 diciembre de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio Ciencias de la Salud – Escuela de Medicina
Veterinaria

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Compresión Medular en Jaguar (*Panthera onca*)

Beatriz María Arroba Santos

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Eduardo Alfonso Díaz Alcázar, Ph. D.

Firma del profesor

Quito, 15 de diciembre de 2017

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Beatriz María Arroba Santos

Código: 00112433

Cédula de Identidad: 0923018501

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2017

RESUMEN

Las patologías del sistema nervioso central están ampliamente descritas en animales de compañía; sin embargo, en animales silvestres los reportes de caso son escasos, encontrándose información solo en animales silvestres en cautiverio. Este reporte de caso es el primero en describir una compresión medular causada por un trauma con arma de fuego en un jaguar (*Panthera onca*) de origen silvestre y también en detallar el uso de la evaluación neurofisiológica intraquirúrgica por medio de potenciales de evocado en esta especie. Esta herramienta fue fundamental para informar que no se estaba generando más daño medular al extraer el proyectil alojado en el canal medular que estaba causando la compresión. Además, permitió la realización de exámenes neurológicos comparativos bajo sedación con ketamina (5 mg/kg IM) y diazepam (0,1 mg/kg IM) por la dificultad de manejo de esta especie, demostrando que es posible realizarse bajo esta modalidad; y finalmente se logró determinar qué influencia tiene la presencia de proyectiles de plomo alojados en el organismo sobre las concentraciones de este mineral en sangre, donde se demostró que no hay niveles detectables a pesar de la presencia de los 13 proyectiles durante 268 días.

Palabras clave: compresión medular, jaguar, evaluación neurofisiológica, proyectil, plomo.

ABSTRACT

The pathologies of the central nervous system are widely described in companion animals; however, in wild animals, case reports are scarce, and information is only found in wild animals in captivity. This case report is the first to describe a spinal cord compression caused by a shotgun trauma in a jaguar (*Panthera onca*) of wild origin and also to detail the use of intra-surgical neurophysiological assessment by the use of evoked potentials in this species. This tool was fundamental to extract the projectile lodged in the medullary canal that was causing the compression by indicating that the manipulation wasn't producing more damage. In addition, it allowed the performance of comparative neurological tests under sedation with ketamine (5 mg / kg IM) and diazepam (0.1 mg / kg IM) for the difficult handling of this species, demonstrating that it is possible to perform under this modality; and finally, it was possible to determine that despite the presence of the 13 lead projectiles lodge in the organism during 268 days, lead levels in blood were no detectable.

Keywords: spinal cord compression, jaguar, neurophysiological evaluation, projectile, lead

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
BASE CONCEPTUAL	12
ANÁLISIS CLÍNICO.....	16
CONCLUSIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1. Hemograma <i>Panthera onca</i>	18
Tabla #2. Hemograma <i>Panthera onca</i> : Diferencial	19
Tabla #3. Química sanguínea <i>Panthera onca</i>	19
Tabla #4. Comparación de los 3 exámenes neurológicos	24
Tabla #5. Elemental y Microscópico de orina <i>Panthera onca</i>	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mielografía ventro-dorsal del segmento cervical de la jaguar	20
Figura 2. Tomografía axial computarizada a nivel de atlas	21
Figura 3. Perdigón extraído de médula espinal de <i>Panthera onca</i>	22

INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) es considerado el tercer felino más grande del mundo y el depredador terrestre más grande del Neo trópico. Su alimentación se basa principalmente en mamíferos grandes como pecaríes y capibaras, y también caimanes; sin embargo, en muchas zonas sus presas naturales se han visto afectadas por las actividades humanas lo que ha contribuido a que animales domésticos también sean considerados parte de su dieta generando conflicto con los pobladores locales (Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society Ecuador, 2015).

La reducción del 54% de la población del jaguar en el bosque Atlántico de Sudamérica se atribuye a la caza furtiva, la escasez de presas, el conflicto hombre-jaguar debido a la depredación del ganado, la pérdida de hábitat y a la disminución de individuos por atropellamiento (Paviolo *et al.*, 2016). Esto ha contribuido a la clasificación del jaguar, a nivel mundial, como especie Casi Amenazada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2017). En Ecuador, según su distribución, el jaguar de la costa está considerado como una especie En Peligro Crítico; mientras que la población de jaguares en la Amazonía está considerada En Peligro (Tirira, 2011). Su conservación es importante debido a su función como depredador en la cadena trófica, generando un equilibrio en el ecosistema condicionando el comportamiento de sus presas (Paviolo *et al.*, 2016).

Si bien, como se ha mencionado, los conflictos hombre-jaguar y la caza furtiva son dos de las principales causas de la reducción de las poblaciones de jaguar, los casos reportados de jaguares heridos por arma de fuego son escasos.

Las lesiones por arma de fuego reportan casos de afecciones en el sistema nervioso central producto del daño generado, siendo la ataxia un signo clínico que puede

presentarse. La ataxia se define como la falta de coordinación en la marcha y puede producirse por lesiones en 3 zonas: las vías propioceptivas (vías espinocerebelar y fascículos cuneato y de gracili) de la médula espinal que se observa en compresiones medulares; el cerebelo que se asocia a lesiones en esta estructura que pueden ser de origen inflamatorio, infeccioso, degenerativo, congénito, vascular o tumoral; o daños en el sistema vestibular periférico (receptores vestibulares en el oído interno y/o en el nervio vestibular) o sistema vestibular central (núcleos vestibulares en el tallo cerebral) (López, 2010).

La compresión medular es una lesión de la médula espinal descrita de forma frecuente en la medicina neurológica de pequeñas especies (Granger y Carwardine, 2014) que puede ser causado por procesos vasculares (hemorragias, infartos, embolia fibrocartilaginosa), inflamatorios (meningomielitis granulomatosa), infecciosos (toxoplasmosis, neosporosis, erlichiosis, peritonitis infecciosa felina, de origen bacteriano, de origen fúngico), degenerativos (mielopatía degenerativa), neoplásicos y/o traumáticos (fractura, luxación o subluxación de columna) (Silverstein y Hopper, 2015). Sin embargo, en medicina de animales silvestres los reportes de casos neurológicos se encuentran con menor frecuencia (Ketz-Riley, *et al.* 2004; Zimmerman *et al.* 2009; Bradley *et al.* 2012; Thomovsky *et al.* 2012; Rosenzweig *et al.* 2016).

En gatos domésticos (*Felis silvestris catus*) las causas principales de lesión medular son las enfermedades inflamatorias e infecciosas (principalmente la peritonitis infecciosa) afectando al 32% de los gatos, seguida de las enfermedades neoplásicas (27%), problemas traumáticos (14%), afecciones congénitas o hereditarias (11%), enfermedades vasculares (9%), problemas degenerativos (6%) y afecciones metabólicas/nutricionales (1%) (Marioni-Henry, 2010); en perros (*Canis lupus familiaris*), las principales causas son las hernias discales intervertebrales, el embolismo

fibrocartilagenoso y traumas (Olby, 2010); mientras que en animales silvestres se han descrito casos de compresión medular extradural por desplazamiento de la vértebra torácica 3 (T3) en un oso pardo sirio (*Ursus arctos syriacus*) (Rosenzweig *et al.* 2016), Knafo, Divers, Rech y Platt publicaron en el 2011 el caso de una compresión medular a nivel de vértebras torácicas 8 y 9 (T8-T9) por protusión del disco intervertebral (T8-T9) y espondilosis desde T7 a L3 en un oso negro (*Ursus americanus*), otra compresión medular extradural dorsolateral entre T3-T4 en un oso pardo (*Ursus arctos horribilis*) y un segundo caso en la misma subespecie con compresión desde T2-T3 hasta T4-T5 asociado a enfermedad del disco intervertebral (Thomovsky *et al.*, 2012).

En felinos mayores, Kolmstetter, Munson y Ramsay reportaron en el 2000 que 3 leones (*Panthera leo*), 4 tigres (*Panthera tigris*) y 1 leopardo (*Panthera pardis*) en cautiverio presentaron enfermedad espinal degenerativa entre las que se destacan la enfermedad del disco intervertebral y la espondilosis. Ketz-Riley y sus colaboradores reportaron en el 2004 el caso de un tigre de Sumatra (*Panthera tigris sumatrae*) con compresión medular extradural por la presencia de un hematoma a nivel de L2-L3 y en el 2011 Verdugo y sus colaboradores publicaron una estenosis lumbosacra degenerativa en un puma (*Puma concolor araucana*).

Los signos clínicos que se observan en el daño medular en perros y gatos son la ataxia espinal, la paresia ambulatoria o no ambulatoria o la parálisis. El diagnóstico de la compresión medular se basa en un examen clínico neurológico, estudios radiológicos (radiografías contrastadas y sin contraste), tomografía computarizada (CT) y resonancia magnética (RM) (Silverstein y Hopper, 2015). El tratamiento consiste en descomprimir la médula espinal teniendo en cuenta el origen del problema por lo que el uso de corticoides como la metilprednisolona o la dexametasona pueden estar indicados aunque su eficiencia se encuentra en discusión (Olby, 2010; Webb, Ngan y Fowler, 2010);

también se ha descrito la utilidad del dimetilsulfóxido intravenoso en daños medulares agudos en perros (Levine *et al.*, 2014) y la utilidad del polietilén glicol intravenoso (Olby, 2010); nuevos estudios han demostrado la eficiencia del trasplante alogénico de células por vía intratecal o intravenosa en perros, gatos y animales experimentales (Granger y Carwardine, 2014). En otros casos, de origen traumáticos, la cirugía es el tratamiento de elección. Los procedimientos quirúrgicos para liberar la presión ejercida sobre la médula son la hemilaminectomía dorsolateral, laminectomía y slot ventral (Fossum *et al.*, 2009).

Moncho y Bailly (2004) describen que durante las cirugías neurológicas de columna en humanos es importante la evaluación neurofisiológica medular intraoperatoria, identificando que se ha reducido la incidencia de lesiones neurológicas posquirúrgicas en un 50%. En humanos se ha descrito de forma frecuente; sin embargo, en veterinaria los reportes son escasos (Campos, 2017), encontrando literatura del tema en perros (Da Costa *et al.* 2006; Meji *et al.*, 2006; Martin-Vaquero y Da Costa, 2014), gatos (Senel, Sirin, Onyay y Besalti, 2012) y monos (*Macaca mulatta*) (Hernández-Godínez *et al.* 2012). Las pruebas neurofisiológicas utilizadas son los potenciales de evocados, los cuales evalúan la funcionalidad de las vías neuronales involucradas en los daños medulares. Los potenciales de evocado somatosensoriales (PESS) responden a la estimulación eléctrica de un nervio periférico (nervio mediano) evaluando las vías sensoriales ascendente por medio de la respuesta sensorial cortical. En cambio, los potenciales de evocados motores (PEM) evalúan la funcionalidad de las vías motoras descendentes y reflejan las respuestas musculares periféricas al estimular la corteza motora (Simon, 2011).

El objetivo de este estudio es reportar la realización de un examen neurológico bajo sedación, la evaluación neurofisiológica intraquirúrgica por medio de potenciales de evocado y los efectos de proyectiles de plomo alojado en un jaguar silvestre. El presente

trabajo es un caso clínico de un jaguar hembra silvestre de aproximadamente 11 meses de edad, que presentó compresión medular generado por trauma con arma de fuego.

BASE CONCEPTUAL

Se remitió al Hospital Docente de Especialidades Veterinarias de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) desde el Parque Turístico Nueva Loja (PTLN) ubicado en la región Amazónica en la ciudad de Nueva Loja en la provincia de Sucumbíos, un ejemplar jaguar hembra de aproximadamente 11 meses de edad, la cual fue encontrada por pobladores del sector quienes lo trasladaron al PTNL donde fue atendido por el veterinario del centro quién evidenció heridas por arma de fuego y debilidad del individuo. Al llegar al hospital se realizó un examen físico general con el cual se estableció que existía incapacidad para incorporarse sobre sus cuatro miembros y que su estado de conciencia era alerta.

Posterior al examen físico, por el difícil manejo del animal, se procedió a sedar al paciente con ketamina (5 mg/kg IM) y diazepam (0,1 mg/kg IM) (West, G., Heard, D. y Caulkett, N., 2014; Fowler, M. y Miller, R., 2015) para realizar la toma de muestras sanguíneas para efectuar exámenes de laboratorio clínico y también para ejecutar un examen neurológico bajo el protocolo establecido por Pellegrino (2014).

Para las muestras de sangre se tomaron 10 ml de sangre para dos tubos sin aditivos, 1 ml de sangre para un tubo con EDTA y 1 ml de sangre para un tubo de citrato de sodio. Las muestras fueron utilizadas para realizar un hemograma completo; química sanguínea de urea, creatinina, ALT, AST, CK, fosfatasa alcalina, lipasa, amilasa, TP y TTP; prueba para Leucemia Viral Felina e Inmunodeficiencia Felina por medio del TEST KIT SNAP COMBO FeLV/FIV Ak. Además, se realizó un frotis sanguíneo para determinar la presencia de hemoparásitos.

Se realizaron exámenes complementarios radiológicos de cabeza y columna con proyecciones lateral izquierda, lateral derecha y ventro dorsal, con 75 kilovoltios (kV), 100 miliAmperaje (mA) y 100 miliAmperaje/segundo (mAs). Además, se realizó una mielografía alta con medio de contraste yodado intratecal (iopamidol, 0,33 mg/kg), bajo un plano anestésico profundo siguiendo el siguiente protocolo anestésico: vía permeable de vena cefálica con cateter #20 conectada a Lactato de Ringer de 1000 ml; premedicación con ketamina (5 mg/kg IV), diazepam (0,1 mg/kg IV) (West, G., Heard, D. y Caulkett, N., 2014; Fowler, M. y Miller, R., 2015), dexametasona como dosis única (0,5 mg/kg IV) (Plumb, 2010); la inducción se realizó con propofol (4 mg/kg IV) y se mantuvo con sevoflurano (1%-2%) (West, G., Heard, D. y Caulkett, N., 2014; Fowler, M. y Miller, R., 2015). Se colocó a la jaguar en decúbito lateral y se flexionó la cabeza para realizar la punción en la cisterna magna teniendo como referencia la protuberancia occipital y las alas del atlas (Férrandez y Bernardini, 2007).

Los resultados radiológicos (radiografías y mielografías) mostraron la existencia de un proyectil en el canal medular por lo que se ejecutó una hemilaminectomía dorsal lateral izquierda siguiendo el protocolo quirúrgico descrito por Fossum y sus colaboradores (2009) sobre el área afectada (entre atlas y axis) para descomprimir la médula. La jaguar estuvo en un plano anestésico profundo igual al realizado para la mielografía, adicionando al protocolo de premedicación el antibiótico ceftriaxona (30 mg/kg IV) y excluyendo el uso de la dexametasona. Se colocó una infusión de remifentanil a 2 ug/kg/h intraquirúrgico para manejo del dolor. Se logró descomprimir la médula, sin embargo no se pudo extraer el perdigón alojado en el canal medular.

Posterior a la cirugía se la colocó en una jaula de 1,35 m² para disminuir el movimiento y mantenerla en reposo. Se mantuvo la infusión de remifentanil, sin embargo a los 20 minutos de despertarse se perdió la vía intravenosa por las características de la

especie que imposibilita mantener una vía endovenosa en animales que no estén bajo sedación. Se continuó con un tratamiento vía oral. Antibióticos: cefalexina (30 mg/kg, BID por 12 días), enrofloxacin (5 mg/kg, BID por 12 días); analgésicos: tramadol (3 mg/kg, TID durante 24 horas) y pregabalina (2 mg/kg, BID por 21 días); luego se continuo con un antiinflamatorio meloxicam (0,2 mg/kg SID, bajando progresivamente la dosis a 0,1 mg/kg por 3 días y luego a 0,05 mg/kg por 4 días más); y vit E (1 cápsula, SID por 23 días) (Plumb, 2010). Los medicamentos eran mezclados en su alimento el cual se lo administraba 4 veces al día.

A los 16 días de la hemilaminectomía dorso-lateral izquierda se realizó una segunda evaluación neurológica bajo sedación (igual a la realizada en el primer examen) para determinar los efectos de la descompresión medular sobre los signos neurológicos manifestados anteriormente. Los resultados no fueron satisfactorios, por lo que a los 17 días de la hemilaminectomía se realiza una tomografía computarizada para determinar la localización exacta del proyectil que no se pudo retirar. Fue realizada bajo anestesia general igual a la realizada para la mielografía, excluyendo el uso de la dexametazona por que fue utilizada como dosis única.

A los 24 días de la primera cirugía se realizó una segunda cirugía para retirar el proyectil identificado entre las vertebra cervicales atlas y axis, ya que no se observaba una completa mejoría. El protocolo anestésico utilizado fue el siguiente: pre medicación con ketamina (5 mg/kg IV), ceftriaxona (30 mg/kg IV), meloxicam (0,2 mg/kg); inducción con propofol (5 mg/kg IV) para colocación de tubo endotraqueal y se mantuvo con sevofluorano (1%-2%) (West, G., Heard, D. y Caulkett, N., 2014; Fowler, M. y Miller, R., 2015). Intraquirúrgico se administró rocuronio (0,2 mg/kg), dexametazona (0,2 mg/kg IV) y una infusión continua de remifentanyl (2 ug/kg/h). Además, se realizó una monitorización neurofisiológica intraoperatoria ya que el procedimiento era más invasivo

para poder retirar el proyectil. Se evaluaron los potenciales evocados somatosensoriales (PES) por medio del estímulo del nervio tibial posterior izquierdo a nivel del maléolo medial, nervio mediano izquierdo y derecho a nivel de carpos; y los potenciales evocados motores (PEM) fueron evaluados por medio del abductor corto del pulgar en miembros anteriores y abductor Hallucies en miembros posteriores al realizar la estimulación eléctrica cortical (C1-C2, C3-C4).

Para la realización de la cirugía se realiza el abordaje descrito por Fossum y sus colaboradores (2009), igual que en la primera cirugía. En este caso logrando llegar a la ubicación del proyectil para extraerlo.

Luego de la segunda cirugía se mantuvo con el siguiente tratamiento farmacológico vía oral identificado en su ficha clínica. Antibióticos: cefalexina (30 mg/kg, BID por 11 días), enrofloxacin (5 mg/kg, BID por 11 días); analgésicos: carprofeno (4,4 mg/kg, SID por 8 días y luego se dosificó la mitad de la dosis 2,2 mg/kg SID por 3 días más), tramadol (3 mg/kg, PO TID por 11 días), pregabalina (2 mg/kg, PO BID por 27 días).

A los 11 días de la segunda cirugía se observó dehiscencia de puntos por lo que se realizó limpieza y nueva sutura de la herida, bajo anestesia en plano profundo siguiendo el protocolo anestésico mencionado anteriormente. Durante la anestesia se administró 2 ml de cefovecín sódico SC y 5 ml de vit C IV. Además, se retiraron 4 proyectiles (3 localizados en el cuello y 1 en mandíbula) ya que se conocía su ubicación por las radiografías y a la palpación se identificaron en tejido subcutáneo. No se realizaron suturas de las heridas.

A los 27 días de la segunda cirugía donde se observa como el paciente comienza a permanecer en estación y desaparecen los signos de ataxia, se decidió su traslado a unas instalaciones de mayor tamaño en el PTNL para una mejor evaluación del estado

neuroológico y evolución. En un inicio fue colocada en un encierro de $6,5 m^2$ donde permaneció 45 días. Tras comprobar que el paciente no presentaba alteraciones al caminar, trasladada a un área de mayor tamaño (24m de largo x 5m de ancho x 2,4m de alto) en un bosque poco intervenido y aislado del contacto humano, que incluía un cuerpo de agua de $6m^2$ y estructuras elevadas con rampas y troncos. Su alimentación consistió en la administración de presas vivas en horarios variados, con días de ayuno.

Finalmente, a los 268 días de permanecer en el centro para su rehabilitación se realiza un tercer examen neurológico bajo el mismo protocolo de sedación utilizado inicialmente. Además, se realizaron tomas radiográficas de cráneo (ventro-dorsal y lateral) y columna cervical (ventro-dorsal y lateral); todas las tomas se realizaron con 65 kV, 50 mA y 100 mAs. También se realizó un nuevo hemograma completo y bioquímica sanguínea; pruebas virales para Leucemia Viral Felina e Inmunodeficiencia Felina con el mismo kit utilizado anteriormente y ensayo para leptospira mediante la prueba INMUNOCOMB (técnica ELISA modificado); un elemental y microscópico de orina mediante cistocéntesis. También se midió los niveles de plomo por absorción atómica con llama (Buck Scientific 210 VGP), utilizando una calibración sugerida de 5 puntos más el blanco que mide niveles de plomo entre 0,08 y 20,0 ppm (mg/L). La muestra procesada fue plasma sanguíneo, la cual fue sometida inicialmente a una lámpara de cátodo hueca y luego a llama aire-acetilno.

ANÁLISIS CLÍNICO

El individuo de jaguar de peso de 17,1 kg mostró en su examen físico general un estado de conciencia alerta pero incapacidad para incorporarse y andar sobre sus cuatro miembros (tetraparesia no ambulatoria), sin alteraciones en el resto del examen general. El examen neurológico bajo sedación se inició con la evaluación de los pares craneales

donde se observó anisocoria y ligero prolapso del globo ocular izquierdo; una respuesta de amenaza bilateral, pero disminuida sobre el lado izquierdo lo que indica una lesión del nervio óptico (par craneano II) o del nervio facial (par craneano VII) de este lado (Aige, 2010); hemiespasmo facial izquierdo e inclinación de la cabeza hacia este mismo lado lo que sugiere daño del nervio vestibulococlear (par craneano VIII) y/o lesión en columna cervical (Pellegrino, 2014; Fernández y Bernardini, 2007). A la evaluación del resto de pares no se observaron alteraciones. En las reacciones posturales se determinó ausencia (0) de propiocepción en miembros posteriores y propiocepción disminuida (+1) en miembros anteriores lo que es compatible con daño en la sustancia blanca, a nivel del tracto espinocuneocerebelar, tracto espinocerebelar dorsal, ventral o craneal, o en los fascículos cuneato y gracili porque estos conducen la información de propiocepción (Granger y Carwardine, 2014; Moeser y Vite, 2012); ausencia (0) de fuerza extensora en miembros posteriores y fuerza extensora disminuida (1+) en miembros anteriores; el reflejo flexor se encontraba normal (2+) en los cuatro miembros; el salto, la colocación táctil y visual no se realizaron porque el animal estaba bajo sedación.

Los reflejos espinales realizados (flexores de miembros anteriores y posteriores, reflejo de cola, ano y panículo) se observaron normales. La sensibilidad profunda y superficial no presentaron alteraciones lo que indica que la sustancia gris no presenta daño (Moeser y Vite, 2012).

Con los resultados del examen neurológico se logró la neurolocalización y se identificó lesión en el segmento medular C2-C5 por la presencia de la tetraparesia no ambulatoria y la deficiencia o ausencia de reacciones posturales (propiocepción y fuerza extensora) y presencia o aumento de reflejos espinales (en este caso todos estaban presentes) (Pellegrino, 2014). A pesar que el diazepam puede generar incoordinación de movimientos (Plum, 2010) este estudio descarta que los resultados neurológicos hayan

sido afectados por el efecto de este fármaco debido que la incapacidad de movimiento fue observado antes de la sedación de la jaguar; en el caso de la ketamina se conoce que a dosis altas produce supresión general del sistema nervioso central y es utilizado como disociativo (Maltbie, Kaundinya y Howell, 2017), lo que podría disminuir las respuestas del examen neurológico.

El hemograma (Tabla 1. y Tabla 2.) y la química sanguínea (Tabla 3.) presentaron resultados dentro de los rangos de referencia según ISIS de edades combinadas y ambos sexos para *Panthera onca* (Teare, 2002), con excepción de la amilasa que mostró valores superiores al rango, lo que podría ser indicativo de un proceso patológico a nivel de páncreas. Sin embargo, tomando como referencia la patología clínica en gatos la amilasa no es una enzima específica para determinar daño del páncreas y el resto de resultados se encuentran dentro de rango lo que descarta un aumento por azotemia o por daño exclusivamente del páncreas (Villiers y Blackwood, 2009). Por lo tanto, estos exámenes indican que el paciente se encuentra dentro de los parámetros fisiológicos normales.

Tabla 1. Hemograma *Panthera onca*

Analito	Resultados	Valores de referencia	Unidades
Hematocrito	0,32	0,20 - 0,66	L/L
Hemoglobina	106	71 - 161	g/L
Eritrocitos	5,98	3,74 - 11,5	X10 ¹² /L
VGM	53,5	33 - 96,2	fL
CGMH	331	213 - 493	g/L
Reticulocitos	***	0 - 0	X10 ⁹ /L
Leucocitos	14,4	4,05 - 28,9	X10 ⁹ /L
Plaquetas	284	102 - 866	X10 ⁹ /L
Proteínas plasmáticas	84	59 - 62	g/L

VGM = Volumen Globular Medio. CGMH = Concentración Globular Media de Hemoglobina. *** = ausencia de analito

Tabla 2. Hemograma *Panthera onca*: Diferencial

Analito	Valores absolutos	Valores de referencia	Unidades
Neutrófilos segmentados	11,23	0,0550 - 27,700	X10 ⁹ /L
Neutrófilos en banda	0,00	0,000 - 0,300	X10 ⁹ /L
Linfocitos	2,30	0,005 - 14,200	X10 ⁹ /L
Monocitos	0,86	0,000 - 2,400	X10 ⁹ /L
Eosinófilos	0,00	0,000 - 1,811	X10 ⁹ /L

Basófilos	0,00	Raros	X10 ⁹ /L
------------------	------	-------	---------------------

Tabla 3. Química sanguínea *Panthera onca*

Analito	Resultados	Valores de referencia	Unidades
Urea	6,8	1,78 - 34,63	mmol/L
Creatinina	71,5	44 - 424	umol/L
ALT	68,9	21 - 169	U/L
AST	63,3	12 - 106	U/L
CK	1042,1	54 - 1597	U/L
Fosfatasa alcalina	58,18	2 - 158	U/L
Lipasa	3,73	0 - 10,01	U/L
Amilasa	1292	69,4 - 723,9	U/L
TP	4	-	segundos
TTP	7	-	segundos

Por medio de los exámenes radiológicos se identificó la presencia de 18 estructuras de forma redondeada de radiodensidad mineral que según estas características radiográficas eran proyectiles de escopeta disparados desde una distancia menor a 4,6 m (Dodd y Budzik, 1990). Se encontraron 3 en zona maxilofacial izquierda, 9 en zona cervical, 3 a nivel del hombro y 3 en la zona torácica. En la proyección ventrodorsal de la mielografía se encontró un patrón mielográfico extradural generado por la presencia de un proyectil sobre el lado izquierdo de la médula espinal entre el atlas (C1) y el axis (C2) (Figura 1). Las imágenes radiográficas y la mielografía complementan los hallazgos del examen neurológico ya que indican que la zona afectada es el segmento medular C2-C5, específicamente el canal medular a la altura C1-C2; y también que el daño en el par craneano VII se atribuye a la presencia de cualquiera de los 3 proyectiles ubicados en la zona maxilofacial izquierda, ya que pueden estar comprometiendo la rama auriculopalpebral de nervio facial que atraviesa el arco cigomático (Dyce, Sack y Wensing, 2010) y que la inclinación de la cabeza es producto del daño cervical mencionado sobre el lado izquierdo.

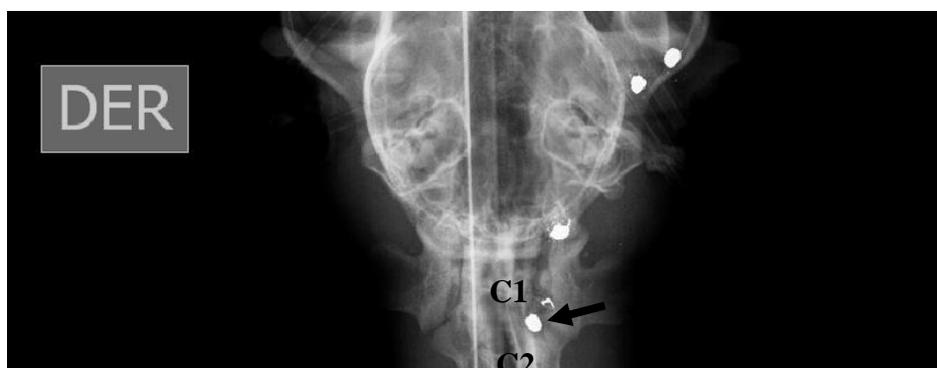


Figura 1. Mielografía ventro-dorsal del segmento cervical de la jaguar. Muestra una estructura de densidad mineral (↓) comprimiendo el canal medular del lado izquierdo entre el atlas (C1) y el axis (C2). Se distingue un patrón mielográfico extradural.

El tratamiento de elección fue la hemilaminectomía dorso lateral izquierda realizada en la primera cirugía y con la cual se logró descomprimir el canal medular a pesar de que no se logró extraer el proyectil ya que este se encontraba con tejido fibrótico a su alrededor porque el organismo lo reconoce como cuerpo extraño y reacciona encapsulándolo (Fernandes y Fernandes, 2007). Esto no permitió visualizar hasta donde se tendría que acceder para poder retirarlo por lo que se desistió de extraerlo para no causar más daño en la médula y fue la razón por la cual en la segunda cirugía se decidió intervenir utilizando la evaluación neurofisiológica intraquirúrgica.

Al recuperarse de los efectos anestésico de la primera cirugía se pudo observar movimientos de miembros anteriores y posteriores y 24 horas después fue evidente su posición en cuadrípedación. Como describe Piazza y Schuster (2017) es fundamental el tiempo en el que se interviene un trauma medular para lograr una rápida mejoría y disminuir la hipoxia, inflamación y daño vascular de la médula y es por esto que fue intervenido el día que llegó al Hospital.

En el segundo examen neurológico bajo sedación y posterior a la descompresión medular se identificó una respuesta disminuida (+1) a la valoración de nervio trigémino (par craneano V) rama maxilar izquierda y al nervio facial (par craneano VII) lo que

podría ser indicativo que el proyectil alojado en la bulla timpánica izquierda generaba compresión de ambos nervios por su ubicación anatómica; propiocepción normal (+2) en los cuatro miembros; el resto de variables que se evaluaron en el primer examen, en este se encontraban normales.

La tomografía computarizada confirmó que aún existía compresión medular y la presencia del perdigón dentro del canal medular a nivel de atlas y axis, sobre el lado izquierdo del canal (Figura 2).

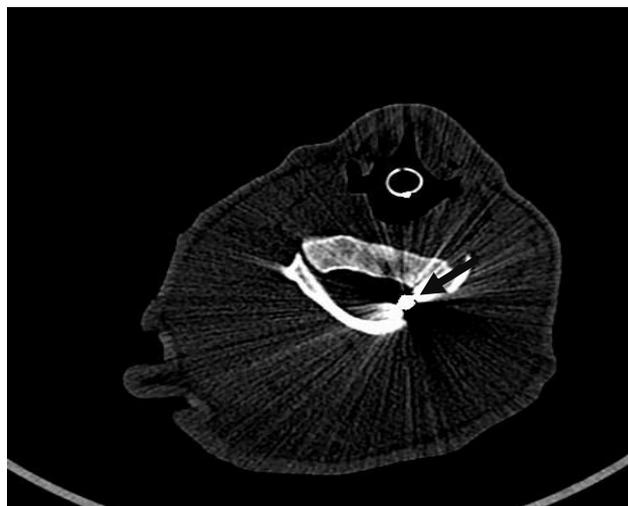


Figura 2. Tomografía axial computarizada a nivel de atlas. Se observa la presencia de una estructura hiper densa (↓) en canal medular y que produce artefacto.

Con este resultado se realizó la segunda cirugía (esquirlectomía), en la cual fue posible retirar el proyectil (Figura 3.) porque ya existía una hemilaminectomía (la cual fue realizada en la primera cirugía) y en combinación con la evaluación neurofisiológica intraquirúrgica permitió acceder a la localización del proyectil teniendo el registro que no se estaba causando daño al ingresar al canal medular ya que la evaluación neurofisiológica no presentó hallazgos destacables durante la intervención. Esta herramienta es utilizada de manera regular en humanos para evitar posibles lesiones neurológicas y poder realizar una cirugía más agresiva (Imirizaldu *et al.* 2009, Urriza *et al.* 2009).



Figura 3. Perdigón extraído de médula espinal de *Panthera onca*

Se detectando los PEES del nervio tibial izquierdo con una latencia de la onda p40 a 46,37 ms al inicio y 48,58 ms al finalizar y amplitud de P1-N2 a 1,23 uV al inicio y al final. Los PEES del nervio mediano izquierdo detectaron una latencia de la onda N20 a 27,22 ms al inicio y al final, y amplitud N20-P25 a 1,05 uV al inicio y al final; y los del nervio mediano derecho mostraron latencia de la onda N20 a 16,83 ms y amplitud N20-P25 a 0,49 uV durante todo el procedimiento quirúrgico. Como se puede apreciar, los cambios en la latencia no son mayores al 10% de valor inicial y la amplitud se mantuvo igual, sin disminuciones mayores al 50% (Moncho y Bayli, 2004; Campos et al., 2017) lo que indica que la ruta espinocerebelar dorsal (Senel *et al.*, 2012) no presentó alteraciones intraquirúrgicas. Estos hallazgos coinciden con los resultados del segundo examen neurológico en el que la propiocepción y el dolor profundo y superficial no presentaban alteraciones.

Los PEM no registraron alteraciones significativas, ni ausencia de respuesta, a pesar que en humanos está descrito por Dooney y Dagal (2011) que el uso de anestésicos volátiles y del recuronio puede alterar los resultados del PEM. Estos registros indica que las rutas corticomedulares no presentaron alteraciones durante la cirugía (Moncho y Bailly, 2004). Se destaca que es la primera vez que se realiza una evaluación neurofisiológica en un jaguar y que siguiendo el mismo protocolo de estimulación en

gatos (Senel *et al.*, 2012) y en humanos (Moncho y Bailly, 2004) es factible aplicar esta herramienta en la especie.

En el último examen neurológico, a la evaluación de los pares craneales no presenta alteraciones lo que se atribuye a que el proyectil que se extrajo de la zona maxilofacial era el que comprimía la rama auriculopalpebral del nervio facial o que los 2 perdigones que quedaron pudieron desplazarse como lo reporta Ortegán Velásquez y Miller (2014) en su caso clínico donde un proyectil se desplazó desde la vértebra L1 hasta las vértebras C6-C7.

Las reacciones posturales (propiocepción) se encontraban normales; los reflejos espinales patelar, isquiático y flexor de los cuatro miembros se encontraron normales; los reflejos espinales anal, de cola y panicular no presentaron alteraciones; la sensibilidad superficial y profunda estaban presentes. Estos resultados indican un notable mejoría neurológica, mostrando una recuperación total del daño cervical encontrado en un inicio. También se destaca, que, a pesar de haber realizado los 3 exámenes neurológicos bajo sedación, sí se presentaron cambios significativos al momento de la evaluación posterior a las intervenciones quirúrgicas y a los tratamientos farmacológicos (Tabla 4.). Esto indica que a pesar de que se ha descrito que la ketamina genera supresión general del sistema nervioso central en dosis altas y que es utilizado como disociativo (Maltbie, Kaundinya, Howell, 2017), podría disminuir las respuestas del examen neurológico, el análisis comparativo de las evaluaciones neurológicas llevadas a cabo bajo sedación pone en manifiesto que para el caso de animales potencialmente peligrosos es posible realizar exámenes neurológicos bajo sedación.

Tabla 4. Comparación de los 3 exámenes neurológicos

Observación Paciente			
Pruebas	1er examen	2do examen	3er examen
Estado de conciencia	Alerta	Alerta	Alerta

Marcha	Tetraplégica no ambulatoria	Normal	Normal
Evaluación Pares Craneales			
Pruebas	1er examen	2do examen	3er examen
Olfación	2+	2+	2+
Reflejo de amenaza (II, VII)	Der 2+ Izq 1+	Der 2+ Izq 2+	Der 2+ Izq 2+
Reflejo pupilar (II, III)	2+	2+	2+
Sensación (V)	2+	2+	2+
Facial (VII)	2+	2+	2+
Reflejo corneal (V, VI, VII)	2+	2+	2+
Simetría facial (V, VII)	Inclinación de cabeza a IZQ	Normal	Normal
Evaluación Reacciones Posturales			
Pruebas	1er examen	2do examen	3er examen
Propiocepción	MAD 1+ MAI 1+ MPD 0 MPI 0	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+
Evaluación Reflejos Espinales			
Pruebas	1er examen	2do examen	3er examen
Patelar	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+
Isquiático	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+
Flexor	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+	MAD 2+ MAI 2+ MPD 2+ MPI 2+
Anal	2+	2+	2+
De cola	2+	2+	2+
Panicular	Completo	Completo	Completo
Percepción Sensitiva			
Pruebas	1er examen	2do examen	3er examen
Sensibilidad Profunda	2+	2+	2+

Sensibilidad Superficial	2+	2+	2+
---------------------------------	----	----	----

2+: Normal, 1+: Disminuido, 0: Ausente.

Los resultados del segundo hemograma y la bioquímica sanguínea estaban dentro de los rangos sugeridos por ISIS (Teare, 2002). Las pruebas virales y la prueba de leptospira fueron negativas. El examen microscópico de orina (Tabla 4.) mostró resto de cristales no diferenciados (+) y uratos amorfos (+) que se asocia a daños hepáticos y shunt portasistémicos en gatos (Dear *et al.*, 2011) sin embargo, se descarta por los valores normales de las enzimas hepáticas y para confirmar un shunt se debería evaluar ácidos biliares; también pueden estar presentes por el pH ácido de la orina (Parrah *et al.*, 2013) o porque la orina no fue evaluada de forma inmediata y la refrigeración puede predisponer a la formación de cristales (Albasan *et al.*, 2003). También se presentaron lípidos (+) que no se asocian a hallazgos patológicos (Villiers y Blackwood, 2009) y bacterias (cocos +) que indican infección del tracto urinario o contaminación; sin embargo, es posible descartar infección porque no se observaron leucocitos al microscopio y además se puede atribuir la bacteriuria a que la muestra no fue evaluada de forma inmediata y permitió la multiplicación de los microorganismos (Pineda, Cabezas y Ruiz, 2011). El examen físico y químico de orina no mostró hallazgos de interés (Tabla 5.).

Tabla 5. Elemental y Microscópico de orina *Panthera onca*

Examen físico		
Analito	Resultados	Unidades
Color	Amarillo pálido	
Aspecto	Turbio +++	U/L
Densidad	1,013	U/L
pH	6,5	U/L
Examen químico		
Analito	Resultados	Unidades
Nitritos	Negativo	
Leucocitos	Negativo	Leuk/uL
Proteínas	Negativo	g/L
Glucosa	Negativo	Mmol/L
Cetonas	Negativo	
Urobilinógeno	Negativo	

Bilirrubina	Negativo	
Sangre	Negativo	Ery/uL
Hemoglobina	Negativo	Ery/uL
Examen microscópico		
Analito	Resultados	Unidades
Eritrocitos	0	/Campos 400 X
Leucocitos	0	/Campos 400 X
Células epiteliales escamosas	0-1	/Campos 400 X
Células epiteliales transitorias	0-1	/Campos 400 X
Células epiteliales renales	0	/Campos 400 X
Cilindros	Negativo	/Campos 400 X
Cristales	Restos de cristales no diferenciados + Uratos amorfos +	/Campos 400 X
Lípidos	+	-
Bacterias	Cocos +	-

Se conoce que la presencia de plomo en sangre genera signos neurológicos en animales y humanos (OMS, 2017; Tussel, Prandi, y Ruiz, 2001) y teniendo en cuenta que 13 proyectiles quedaron alojados en el jaguar hembra, se decidió realizar la medición de plomo. No se detectó plomo en la muestra analizada por lo que se sugiere que los valores son menores a 0,08 ppm (mg/L), demostrando que no hay toxicidad por plomo ya que los niveles considerados tóxicos y sintomáticos en animales son $> 0,2$ ppm (De Francisco y Ruiz, 2003). Sin embargo, se debe tener en cuenta que es posible encontrar concentración de plomo en tejido muscular como sucede en animales víctimas de cacería deportiva (Tsuji *et al.*, 2009).

Esto también indica que a pesar de que los proyectiles han permanecido 268 días en el organismo, estos no han generado liberación de plomo al torrente sanguíneo. Se atribuye a que su localización (tejido subcutáneo) no permite la liberación de la sustancia, ya que Charris, Guerrero y Barrera (2011) describieron que el alojamiento de proyectiles de plomo en cavidades articulares favorecen a la absorción sanguínea por su alcalinidad y alto contenido de tejido adiposo. En animales, específicamente aves, la forma más

común de absorción de plomo es por vía intestinal (Mateo, Vallverdú y Ortiz-Santaliestra, 2013) y cuando se encuentra en hueso se necesita de algún proceso fisiológico (embarazo, lactancia) o patológico (sepsis, hipertiroidismo) que estimule la resorción ósea y permita su paso a la sangre (Valdivia, 2005).

CONCLUSIONES

1. Los exámenes neurológicos comparativos bajo sedación aportan información relevante a la hora de poder evaluar animales potencialmente peligrosos.
2. La evaluación neurofisiológica intraquirúrgica demuestra ser una técnica efectiva en fauna silvestre.
3. La presencia de 13 proyectiles de plomo alojados en tejido subcutáneo y/o muscular por un periodo de 268 días no provocó niveles tóxicos de plomo en sangre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albasan, H., *et al.* (2003). Effects of storage time and temperature on pH, specific gravity and cristal formation in urine samples from dogs and cats. *J Am Vet Med Assoc*, (222): 176-179.
- Campos, M., Rodríguez, R., Fonseca, G. y Matera, J. (2017). Neurophysiological assessment of spinal cord injuries in dogs using somatosensory and motor evoked potenciales. *Acta Veterinaria Scandinavia* 59:37.
- Charris, V., Guerrero, A. y Barrera, C. (2011). Intoxicación por plomo secundaria a alojamiento de esquiras en el cuerpo. *Acta Med Colomb*, (36): 200-203.
- Da Costa, R., Poma, R., Parent, J., Partlow, G. y Monteith, G. (2006). Correlation of motor evoked potenciales with magnetic resonance imaging and neurologic findings in Doberman Pinschers with and without signs of cervical spondylomyelopathy. *Am J Vet Res*, 67: 1613-1620.
- De Francisco, N. y Ruiz, J. (2003). Lead and lead toxicity in domestic and free living birds. *Avian Pathology*, 32(1): 3-13.
- Dear, JD., Shiraki, R., Ruby, Al. y Westropp, J. (2011). Feline urate urolithiasis: a retrospective study of 159 cases. *J Feline Med Surg*, (10): 725-732.
- Dodd 3rd, G. D., & Budzik Jr, R. F. (1990). Identification of retained firearm projectiles on plain radiographs. *AJR. American journal of roentgenology*, 154(3), 471-475.
- Dooney, N. y Dagal, A. (2011). Anesthetic considerations in acute spinal cord trauma. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, (1): 36-43.
- Dyce, K., Sack, W. y Wensing, C. (2010). Anatomía Veterinaria. 4ta Ed. Manual Moderno: Bogotá.
- Fernandes, F. y Fernandes, A. (2007). Bullets in the mandible over 12 years: a case report. *British Dental Journal*, 202(7): 399-401.
- Fossum, T., Hedlund, C., Johnson, A., Schulz, K., Seim, H., Willard, M., Bahr, A. y Carroll, G. (2009). *Cirugía en Pequeños Animales*. 3ra Ed.
- Granger, N. y Carwadine, D. (2014). Acute Spinal Cord Injury. *Veterinary Clinics Small Animals*, 44(2014): 1131-1156.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.07.013>

- Hernández-Godínez, B. Ibañez-Contreras, A., Durand.Rivera, A., Galván-Montaño, A., Reyes-Pantoja, S. y Cárdenas-Lailson, E. (2011). Latencias de nervio medial y tibial por potenciales evocados somatosensoriales en monos sometidos a laminectomía intrauterina para simular mielomeningocele. *Cir Cir*, 79(3): 257-262.
- Imirizaldu, L., Urriza, J., Olaziregi, O., Hidalgo, A., & Pabón, R. M. (2009). Monitorización neurofisiológica intraoperatoria en cirugía de columna. *In Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, Vol. 32, pp. 125-133. Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- IUCN. (2017). *Panthera onca*. *Red list*. Recuperado el 12 de abril de 2017 desde <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15953A5327466.en>
- Ketz-Riley, C., Galloway, D., Hoover, J., Rochat, M., Bahr, R., Ritchey, J. y Caudell, D. (2004). Paresis Secondary to an extradural hematoma in a sumatran tiger (*Panthera tigris sumatrae*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 35(2): 208-215.
- Knafo, E., Divers, S., Rech, R. y Platt, S. (2012). Magnetic Resonance imaging diagnosis of intervertebral disc disease and myelomalacia in an american black bear (*Ursus americanus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43(2): 397-401. <https://doi.org/10.1638/2011-0099.1>
- Kolmstetter, C., Munson, L. y Ramsay, E. (2000). Degenerative spinal disease in large felids. *Journal of Zoo and Wildlifw Medicine*, 31(1): 15-19.
- Levine, J., Cohen, N., Heller, M., Fajt, V., Levine, G., Kerwin, S., Trivedi, A., Fandel, T., Werb, Z., Modestino, A. y Noble-Haeusslein, L. (2014). Efficay of metalloproteins inhibitor in spinal cord injured dogs. *Plus One*, 9(5):1-14. <https://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0096408>
- López, J. (2010). *Patología Médica Veterinaria*. Ataxia. León: Universidad de León.
- Maltbie, E., Kaundinya, G. y Howell, L. (2017). Ketamine and pharmacological imaging: use of functional magnetic resonance imaging to evaluate mechanisms of action. *Wolters Kluwer Health, Inc*.
- Marioni-Henry, K. (2010). Feline spinal cord deseases. *Veterinary Clinics Small Animals*, 40(2010): 1011-1028. doi:10.1016/j.cvsm.2010.05.005

- Martin-Vaquero, P. y Da costa, R. (2014). Transcranial magnetic motor evoked potentials in Great Danes with and without clinical signs of cervical spondylopathy: association with neurological findings and magnetic resonance imaging. *Vet J*, 201(3): 327-332
- Mateo, R., Vallverdú-Coll, N. y Ortiz-Santaliestra, M. (2013). Intoxicación por munición de plomo en aves silvestres en España y medidas para reducir el riesgo. *Ecosistemas*, 22(2): 61-67.
- Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society Ecuador (2015). *El Jaguar*.
- Moeser, A. y Vite, C. (2012). Acute Spinal Cord Injuries. *Today's Veterinary Practice*: 38-46.
- Moncho, D. y Bailly, I. (2004). Guía práctica para la realización de la monitorización neurofisiológica de la cirugía de la columna. *Revista de neurología*.
- Olby, N. (2010). The pathogenesis and treatment of acute spinal cord injuries in dogs. *Veterinary Clinics North American Small Animal Practices*, 40(5): 791-807. doi:10.1016/j.cvsm.2010.05.007
- OMS. (2017). Intoxicación por plomo y salud. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 desde <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
- Ortega, J., Velásquez, A. y Miller, E. (2014). Migración de proyectil de arma de fuego dentro del canal medular al realizar estudio de resonancia magnética: reporte de un caso. *Rev Med Honder*, 82(4): 155-158.
- Pallares, E. (2012). La importancia del jaguar en la conservación de los recursos naturales en México. *Jaguar conservancy*. Recuperado el 12 de abril de 2017 desde <http://jaguarconservancy.mx/portfolio/importancia-jaguar/>
- Parrah, J., Moulvi, B., Gazi, M., Makhdoomi, D., Athar, H., Din, M., Dar, S. y Mir, A. (2013). Importance of urinalysis in veterinary practice – A review. *Veterinary World*, (6).
- Paviolo, A., *et al.* (2016). A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Scientific Report*.

- Piazza, M. y Schuster, J. (2017). Timing of Surgery After Spinal Cord Injury. *Neurosurg Clin N Am*, (28): 31-39.
- Pineda, D., Cabezas, A. y Ruiz, G. (2011). *EL laboratorio clínico 3: análisis de las muestras de orina*. LABCAM: Toledo.
- Plumb, D. (2010). Manual de farmacología veterinaria. Editorial Inter-Médica S.A.I.C.I.: Buenos Aires.
- Rosenzweig, A., Merbl, Y., Kushnir, Y., Chai, O., Aizemberg, I., Horowitz, I., Matalon, E., Tam, D. y Shamir, M. (2016). Dorsal laminectomy to relieve spinal cord compression in a captive Syrian bear (*Ursus arctos syriacus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 47(4): 1105-1108. <https://doi.org/10.1638/2015-0265.1>
- Senel, O., Sirin, Y., Onyay, T. y Besalti, O. (2012). Evaluation of spinal somatosensory evoked potentials in cats with traumatic spinal cord injury without Deep pain perception. *Ankara Univ Vet Fak Derg*, 59: 41-45.
- Silversten, D. y Hopper, K. (2015). *Small Animal Critical Care Medicine*. 2nd Ed.
- Simon, M. (2011). Intraoperative Neurophysiologic Sensorimotor Mapping-A review. *Journal of Neurology & Neurophysiology*, S3. doi:10.4172/2155-9562.S3-002
- Teare, J. (2002). ISIS reference ranges for physiological values in captive wildlife. *International Species Information System, Apple Valley, MN*.
- Thomovsky, S., Chen, A., Roberts, G., Schmidt, C. y Layton, A. (2012). Spinal cord compression in two related *Ursus arctos horribilis*. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43(3): 588-595. <https://doi.org/10.1638/2011-0247R2.1>
- Tirira, D. (2011). Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador. Quito.
- Tsuji, L., Wainman, B., Jayasinghe, R., VanSprnsen, E. y Liberda, E. (2009). Determining Tissue-Lead Levels in Large Game Mammals Harvested with Lead Bullets: Human Health Concerns. *Bull Environ Contm Toxicol*, 82: 435-439.
- Tussel, J., Prandi, D. y Ruiz, R. (2001). Intoxicación por plomo en el perro. *AVEPA*, 21(1): 37-42.
- Urriza, J., Imirizaldu, L., Pabón, R. M., Olaziregi, O., & García de Gurtubay, I. (2009). Monitorización neurofisiológica intraoperatoria: métodos en neurocirugía.

In *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, Vol. 32, pp. 115-124). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.

Valdivia, M. (2005). Intoxicación por plomo. *Rev. Soc. Per. Med. Int.* 18(1): 22-27.

Villiers, E. y Blackwood, L. (2009). *Manual de Diagnóstico de Laboratorio en pequeños animales*. 2da Ed. Ediciones: Barcelona.

Webb, A., Ngan, S. y Fowler, D. (2010). Spinal cord injury II: prognostic indicator, standards of care, and clinical trials. *The Canadian Veterinary Journal*, 51(6): 598-604