



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Cambios radiográficos encontrados en la columna vertebral del
erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) con ataxia**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA

PRESENTA:

RAQUEL RUEDA RODRÍGUEZ

ASESORA: M.V.Z. M.C. Liliana Aurora Ramos Garduño

COASESORA: M.V.Z. M.C. Martha Patricia Izquierdo Uribe

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
EXÁMENES PROFESIONALES de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de tesis.

Cambios radiográficos encontrados en la columna vertebral del erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) con ataxia.

Que presenta la pasante: Raquel Rueda Rodríguez.

Con número de cuenta: 311194290 para obtener el título de: Médica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de agosto de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.V.Z. Hugo Bernal Zepeda	
VOCAL	M. en M.V.Z. Jorge Ibán Hernández Arteaga	
SECRETARIO	M. en C. Martha Patricia Izquierdo Uribe	
1er. SUPLENTE	M.V.Z. Fanny Espinosa Ortega	
2do. SUPLENTE	M. en M.V.Z. Oscar Daniel González Santana	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

MCVB/ntm*

Agradecimientos

El presente trabajo es el resultado de múltiples esfuerzos. Realizado con el soporte y apoyo de grandes personas que tienen, y siempre tendrán, gran significado.

Agradezco infinitamente:

Al equipo médico de Erizovillas y, particularmente, al M.V.Z. Rafael Lara, por el apoyo y la paciencia. Gracias por compartir su conocimiento.

Al Dr. Carlos Cardona Pérez, por el gran apoyo brindado al permitir hacer uso de las instalaciones y los equipos. Igualmente, al equipo médico del Hospital Veterinario Dr. Cardona por el gran apoyo.

A mis tutoras M.V.Z. M.C. Liliana Aurora Ramos Garduño y M.V.Z. M.C. Martha Patricia Izquierdo Uribe, por todas las enseñanzas y la sabia guía. Son grandes figuras que admiro y respeto.

A mi mamá, la mujer a la que le debo todos mis logros. Gracias por apoyar cada una de mis decisiones y ser un pilar para mí. No pude haber logrado nada sin ti.

A mi Marco, el hombre que siempre ha estado a mi lado. Gracias por ser mi compañero en cada etapa y apoyarme incondicionalmente; por siempre impulsarme a seguir mis sueños y ayudarme a lograrlos.

A mis tíos, grandes personas que admiro y son un ejemplo por seguir.

A mi hermano. Gracias por siempre escuchar y ayudar siempre. Tú eres el pleno significado de amigo y familia.

A Fanny, mi hermana menor. Gracias por siempre estar ahí para mí y mostrarme lo que una verdadera amistad es, llena de honestidad y cariño.

A mi padre, por estar presente. Siento gran confianza y pleno apoyo gracias a ti.

A Samuel. Sin él jamás se hubiera concretado este proyecto. Siempre fue y será un gran ejemplo por seguir. Tus palabras quedan grabadas en mi mente y corazón, te llevo siempre conmigo.

Finalmente, gracias a todas esas personas que contribuyeron y formaron parte de esta gran trayectoria.

A Samuel, mi eterno mentor.

A mis bisabuelos, mis guías.

Índice

1.0	Introducción	1
2.0	Marco teórico.....	3
2.1	Antecedentes generales del erizo pigmeo africano (<i>Atelerix albiventris</i>).....	3
2.1	Principales enfermedades.....	5
2.3	Ataxia en erizos pigmeos africanos.....	6
2.4	Herramientas diagnósticas en el paciente con ataxia	7
2.5	Generalidades de Radiología	9
2.6	Equipos de Rayos X.....	11
2.7	La columna vertebral del perro y gato en Rayos X.....	12
2.8	Interpretación radiográfica	15
2.9	Lesiones radiográficas de la columna vertebral en el erizo.....	15
3.0	Antecedentes.....	17
4.0	Justificación	17
5.0	Objetivo General.....	18
6.0	Objetivos Particulares.....	18
7.0	Hipótesis.....	18
8.0	Material, métodos y sujetos de estudio.....	18
8.1	Reseña y anamnesis.....	18
8.2	Examen Neurológico.....	19
8.3	Examen Físico General	19
8.4	Toma de Estudio Radiográfico	20
8.5	Recuperación post anestésica.	22
9.0	Resultados.....	23
9.1	Estudios radiográficos.....	23
9.2	Hallazgos adicionales	35
10.0	Discusión	39
11.0	Conclusiones.....	44
12.0	Referencias	45

1.0 Introducción

El erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) es un pequeño mamífero originario de África que se ha vuelto muy popular como mascota en Norteamérica (Gentry y col, 2020; Mazako y O'Brien, 1997). Estos ejemplares son pacientes comunes en la práctica de medicina veterinaria de mascotas no convencionales. Las enfermedades más frecuentes en consulta son: enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, esqueléticas y neurológicas (Garbelini y col, 2016).

Se ha reportado que las alteraciones neurológicas más frecuentes en esta especie afectan la médula espinal. Las lesiones en esta región anatómica se evidencian a través de diferentes signos dependiendo de su localización, extensión de la lesión y velocidad de instauración.

La ataxia es un signo que se puede presentar en individuos con alteraciones medulares (Mazako y O'Brien, 1997). De acuerdo con la literatura, el Síndrome de Wobbly, enfermedad de disco intervertebral, traumatismos y neoplasias son las alteraciones neurológicas más comunes en esta especie que causan ataxia (Capello y Lenox, 2008; Garbelini y col, 2016; James y col, 2009). Sin embargo, el diagnóstico es generalmente post mortem.

El estudio radiográfico de la columna vertebral en pequeñas especies es el procedimiento más frecuentemente utilizado para orientar el diagnóstico de alteraciones vertebrales (Díaz y col, 2018). Esta herramienta diagnóstica se ha reportado útil en casos de erizos con ataxia, sin embargo, no es muy común su empleo en la clínica (James y col, 2009).

La radiología permite orientar el diagnóstico, además de ser una herramienta de fácil acceso en la práctica de medicina veterinaria. En la actualidad, la radiología digital permite obtener imágenes con gran calidad diagnóstica.

En pequeñas especies se han reportado hallazgos radiográficos característicos de alteraciones vertebrales tales como: reducción de los espacios intervertebrales, mineralización de discos intervertebrales, fracturas de cuerpos vertebrales, neoplasias espinales, espondilosis y esclerosis vertebral (Díaz y col, 2018; Fernández y López, 2003; Pérez y col, 2003; Thanigaivel y col, 2017). Por otra parte, las alteraciones radiográficas observadas y reportadas en erizos africanos han sido: reducción del espacio intervertebral, mineralización del disco intervertebral, osteosarcoma vertebral y espondilosis (James y col, 2009).

El éxito de un estudio radiográfico de columna vertebral dependerá de una correcta posición del paciente durante el estudio para, así, lograr una visualización de los detalles. En pequeñas especies, el protocolo de rutina consiste en realizar una sedación, o bien, anestesia del paciente, así como la toma de estudios radiográficos ortogonales por segmentos (Díaz y col, 2018). En la medicina de los animales no convencionales mantenidos como mascota, el panorama no es muy distinto, en el

sentido de realizar un correcto posicionamiento y sujeción cuando se requiere un estudio radiográfico.

Los erizos tienen la capacidad de enrollarse en sí mismos (usado como mecanismo de defensa) al sentirse amenazados. Esta conducta dificulta el manejo durante un estudio radiográfico, por lo que usualmente es necesario sedar al paciente (Mazako y O'Brien, 1997; Santana y col, 2010).

En el presente estudio se realizaron estudios radiográficos a dos erizos: uno con alteraciones a la marcha y otro sin alteraciones a la marcha. Dado que existen pocas referencias bibliográficas sobre anatomía radiográfica normal en el erizo pigmeo africano, el estudio comparativo entre ambos erizos facilitó la detección de alteraciones morfológicas en la columna vertebral de los individuos.

En el erizo con ataxia se observaron: disminución de espacios intervertebrales y espondilosis ventral a nivel cervical, escoliosis en el segmento cervicotorácico, espondilosis de placas terminales craneales y caudales de las vértebras lumbares, así como presencia de puentes intervertebrales incipientes en toda la región lumbar. De manera incidental se observaron lesiones hipertróficas en costillas y fémur y aumento del tamaño testicular bilateral.

El erizo sin ataxia no permitió ofrecer una anatomía radiográfica normal ya que se observaron cambios radiográficos en la columna vertebral: puentes intervertebrales incipientes en la región lumbar y disminución del espacio intervertebral lumbosacro.

2.0 Marco teórico

2.1 Antecedentes generales del erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*)

Los erizos pigmeos africanos pertenecen al orden Erinacemorpha y familia Erinaceidae. Existen 12 especies pertenecientes a 5 géneros, los cuales se encuentran distribuidos a través de África, Europa y Asia (Heatley, 2000). *A. albiventris* es el erizo más pequeño de los erizos africanos. Nativo de la zona ecuatorial de África, esta especie habita principalmente en estepas, sabanas, praderas y campos agrícolas. Es un omnívoro nocturno solitario que presenta dimorfismo sexual y es una especie de preocupación menor en su conservación. (Santana, 2010) Son animales que se mantienen en constante movimiento, pudiendo llegar a recorrer varios kilómetros en una sola noche.

Dentro de sus características el erizo posee un pelaje espinoso, compuesto por púas dorsales cubriendo una epidermis delgada. La dermis es gruesa y el tejido subcutáneo poco vascularizado. La zona ventral y los miembros están recubiertos por pelo blanco, mientras que el hocico, miembros torácicos y pélvicos (especialmente de carpos a falanges, así como, de tarsos a falanges) se encuentran desprovistas de pelo. (Heatley, 2000)

En cuanto al sistema musculoesquelético, estos pequeños mamíferos poseen 5 dedos en miembros torácicos y 4 en miembros pélvicos, obteniendo una postura normal plantígrada. Están adaptados para escalar, nadar, excavar y trotar. A pesar de que la marcha es usualmente lenta, son capaces de correr a una velocidad de 2 m/seg. El rasgo más particular del sistema musculoesquelético son los músculos que le permiten la erección y posición de las espinas, así como la capacidad de enrollarse o plegarse en sí mismos. Este complejo muscular está integrado por los músculos: *frontodorsalis* y *cuadodorsalis*, los cuales otorgan el movimiento de las espinas; y el *panniculus carnosus* proporcionando la habilidad de plegarse en forma de pelota. (Heatley, 2000)

Los machos presentan un prepucio localizado en abdomen medio, y un par de testículos que se encuentran a nivel caudal de la cavidad abdominal. Poseen próstata, vesículas seminales, glándulas bulbouretrales y glándulas de Cowper. (Santana, 2010) Mientras que las hembras poseen una vulva cercana al ano, siendo muy similares a la de los roedores; y tres pares de glándulas mamarias. (Heatley, 2000)

Los erizos tienen un sistema olfatorio muy sensible, ya que presentan un gran desarrollo de los lóbulos olfatorios. El órgano vomeronasal es igualmente prominente, y, ocasionalmente, exhiben respuesta de Flehmen. Se considera que

el sentido del olfato permite la evasión de depredadores y la comunicación entre congéneres. El sentido de la vista no está muy bien desarrollado en ellos, teniendo una visión esencialmente monocromática. (Ivey y Carpenter, 2011)

La unción es un comportamiento único y muy extraño que realiza este tipo de animal. Inicia cuando detecta alguna sustancia a través del olfato, lamido o a la masticación. Una vez detectada, comienza a hipersalivar produciendo abundante saliva de tipo espumosa para, posteriormente, comenzarla a untar en las espinas de los flancos y espalda con la lengua (ver 1º Figura). El verdadero propósito de este comportamiento es desconocido, sin embargo, existen teorías que explican que dentro de los propósitos se encuentran: la disminución de parásitos en la piel, atracción del sexo opuesto y comunicación entre congéneres. (Heatley, 2000)



1º Figura. Ejemplar de erizo pigmeo africano realizando unción. Esta conducta es en respuesta a la detección de sustancias particulares, generando un saliva espumosa para, posteriormente, ser untada en los flancos y espalda. Tomado y modificado de Ivey y Carpenter, 2011.

Las constantes fisiológicas normales observadas y reportadas en erizos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Constantes fisiológicas y parámetros biológicos normales en el erizo pigmeo africano (*A. albiventris*). Modificado de Ivey y Carpenter (2011).

Parámetros biológicos y fisiológicos del erizo pigmeo africano	
Esperanza de vida	4-6 años. Pueden vivir hasta 8 años
Peso	En cautiverio: macho 400-600 g, hembra 300-400 g
Temperatura corporal	35.4°C-37°C
Frecuencia cardíaca	180-280 lpm*r
Frecuencia respiratoria	25-50 rpm*

*lpm= latidos por minuto

*rpm= respiraciones por minuto

Fuente: Ivey y Carpenter, (2011). Ferrets, rabbits and rodents: Clinical Medicine and Surgery.

2.1 Principales enfermedades

Debido al pequeño tamaño, pelaje espinoso y a la aparición relativamente reciente en el comercio de mascotas, los erizos pigmeos africanos han adquirido gran popularidad para su adaptación en cautiverio (Gibson, 2008). En consecuencia, el conocimiento sobre la salud y enfermedades de esta especie también han ido en aumento (Pei-Chi y col, 2015). De acuerdo con la literatura, las enfermedades más comunes que presentan los erizos pigmeos africanos en cautiverio son dermatológicas, gastrointestinales, musculoesqueléticas (neoplasias con alta incidencia) y problemas neurológicos (Gardhouse y Eshar, 2015).

Una amplia variedad de enfermedades que afectan el sistema tegumentario han sido reportadas, sin embargo, las que se presentan con mayor frecuencia son acariosis, dermatomicosis y neoplasias (Heatley, 2008).

La acariosis es muy común en erizos, donde *Caparinia trípilis* es el ácaro más frecuentemente encontrado (Turner y col, 2017). Por otro lado, las dermatomicosis son causadas por agentes fúngicos, principalmente por *Trichophyton mentagrophytes* var *erinacei*, *Arthroderma benhamiae* var *erinacei* y *Microsporum spp.* El sistema tegumentario es uno de los sitios más frecuentes para la presentación de neoplasias, dentro de las cuales, los tumores de glándula mamaria y los mastocitomas son los más reportados (Heatley, 2008).

En lo que a enfermedades gastrointestinales concierne, la lipidosis hepática es relativamente común en los erizos, teniendo un reporte de hasta el 50% de

prevalencia. Las causas relacionadas con su presentación han sido cardiomiopatías, neoplasias, malnutrición, inanición, obesidad, toxicosis, gestación y enfermedades infecciosas (Ivey y Carpenter, 2011).

En cuanto al sistema musculoesquelético, las afecciones más frecuentes son fracturas por traumatismos, causadas principalmente por caídas, miembros atorados en la jaula o en la rueda de ejercicio, o bien, por peleas con algún otro congénere. La osteoartritis, enfermedad metabólica ósea y osteosarcoma se han observado en erizos (Turner y col, 2017).

Las enfermedades del sistema nervioso son comúnmente reportadas en la literatura, siendo la ataxia el principal signo observado en afecciones de este sistema (Gardhouse y Eshar, 2015).

2.3 Ataxia en erizos pigmeos africanos

La ataxia es la falla en la coordinación muscular, ocasionando irregularidad al accionar los músculos. Se presenta como consecuencia de lesiones ubicadas en diferentes lugares del sistema nervioso, principalmente en la médula espinal. Sin embargo, el cerebro también puede verse afectado, ya que puede ser secundaria a alteraciones en el sistema vestibular (Santoscoy, 2008). Por lo tanto, la ataxia puede tener su origen debido a:

- Un déficit kinestético en el nervio periférico o en la médula espinal: ataxia propioceptiva o sensitiva.
- Un desorden vestibular: ataxia vestibular.
- Un desorden cerebelar: ataxia cerebelar.

Las principales causas de ataxia en erizos pigmeos africanos incluyen el síndrome del erizo tambaleante, enfermedad de disco intervertebral, traumatismos, infartos, malnutrición y neoplasias (Gardhouse y Eshar, 2015).

El síndrome del erizo tambaleante, o Wobbly Hedgehog Syndrom (WHS), por su nombre en inglés, es una enfermedad neurológica progresiva, insidiosa e incurable que afecta al erizo pigmeo africano en condiciones de cautiverio. Se caracteriza por ataxia, la cual puede progresar a eventos convulsivos y tetraplejia (Díaz y col, 2018). El comienzo de los signos clínicos ocurre frecuentemente a partir de los 2 años (Díaz y col, 2018). El diagnóstico de esta enfermedad ha sido exclusivamente post mortem. Las lesiones histopatológicas revelan vacuolización de la materia blanca del encéfalo, cerebelo, tronco encefálico y médula espinal, lo cual se ha asociado a una atrofia muscular neurogénica. La etiología es desconocida, sin embargo, líneas

genéticas han sido analizadas en diversos ejemplares, sugiriendo que existe cierta tendencia familiar a desarrollar esta enfermedad (Ivey y Carpenter, 2011).

La enfermedad de disco intervertebral es una condición progresiva debilitante que involucra la degeneración de uno o más discos intervertebrales (James y col, 2009). Esta enfermedad ocurre típicamente en erizos de edad avanzada (Ivey y Carpenter, 2011). Los signos clínicos incluyen ataxia de miembros pélvicos, pérdida de la propiocepción, claudicación y estasis urinaria. Se han reportado casos de erizos de 4 años con lesiones a nivel de vértebras cervicales y lumbares, además de que estudios radiográficos han demostrado espondilosis y reducción del espacio intervertebral (Turner y col, 2017). Microscópicamente, el disco intervertebral muestra características de la enfermedad del disco condrodistrófica, asociada a la raza en cánidos, incluyendo degeneración y mineralización del núcleo pulposo y anillo fibroso, así como la protrusión de este último en el canal vertebral (Turner y col, 2017).

Los erizos son susceptibles a enfermedades neurológicas causadas por la migración de especies de *Baylisacaris spp* y a poliencfalomalacia. La hipocalcemia, sensible a la suplementación de calcio, ha sido reportada asociándola con eclampsia post parto, malnutrición y como condición idiopática (Turner y col, 2017).

2.4 Herramientas diagnósticas en el paciente con ataxia

2.4.1 El examen neurológico

La meta de realizar el examen neurológico, en estos animales, es establecer la existencia y la localización de una lesión. Siendo prioritario establecer una rutina para examinar al animal de una forma completa y minuciosa (Santoscoy, 2008).

En perros y gatos el examen neurológico se encuentra bien descrito, dividiéndolo de manera práctica en dos partes: la observación del estado mental por comportamiento; y examen práctico, el cual engloba la evaluación de los pares craneales, valoración de reacciones posturales, reflejos espinales y evaluación sensitiva (Garosi, 2012)

El desarrollo del examen neurológico en erizos puede lograrse, sin embargo, se requiere hacer ciertas modificaciones, al examen neurológico convencional de perros y gatos, debido a la particular anatomía y el mecanismo natural de defensa que presentan los erizos (Berg y col. 2021).

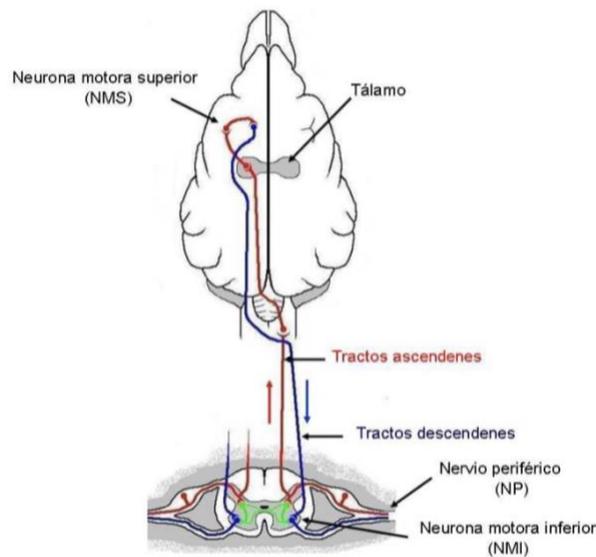
En un estudio prospectivo, 12 erizos pigmeos fueron examinados neurológicamente. Aspectos del examen neurológico estándar de perros y gatos

fueron aplicados en erizos despiertos; además se realizaron ciertas modificaciones para evaluar la marcha, el comportamiento y estado mental normal, algunos pares craneales y reflejos (Berg y col, 2021).

El examen neurológico en erizos se puede dividir en dos partes:

1. Observacional: evaluando estado mental, comportamiento, marcha, propiocepción y percepción de profundidad.
2. Práctico: evaluando pares craneales, reflejos espinales y reacciones posturales.

La habilidad de ponerse de pie y moverse requiere que las vías motoras y sensoriales estén intactas y se permita el adecuado desplazamiento del paciente. La marcha puede definirse como la consecución de eventos repetidos de tipo arco reflejo que alterna la acción de músculos extensores y flexores. El sistema nervioso controla los músculos, huesos, articulaciones y tejido conectivo asociado a este evento, por medio de receptores sensitivos al movimiento y a la extensión que se encuentra en estas estructuras. Esta información llega a la médula espinal (por medio de nervios espinales) en donde se integran las respuestas reflejas de la marcha (ver 2º Figura). La información asciende por los tractos sensorios hasta el tallo cerebral, cerebelo y corteza motora. En forma constante las neuronas motoras altas modulan el accionar de las neuronas motoras bajas (Santoscoy, 2008).



2º Figura. Respuesta refleja. Tomado y modificado de Cátedra de Semiología, 2013.

Para evaluar de manera adecuada las características de la marcha, es necesario realizarla en una superficie no derrapante. El desplazamiento debe observarse de frente, por detrás y por ambos lados, izquierdo y derecho (Santoscoy, 2008).

La presencia de ataxia sin que involucre debilidad muscular (paresia) indica, generalmente, daño al cerebelo o a las vías cerebelares, si la ataxia se acompaña de cabeza ladeada, puede tratarse de una afección del sistema vestibular. Cuando se presenta alteración vestibular bilateral, el paciente mantiene una posición encorvada, se rehúsa al movimiento y exhibe movimientos de la cabeza de lado a lado. En caso de afección medular es frecuente que se aprecie debilidad muscular (paresia), debido a alteración de las vías motoras (Santoscoy, 2008).

2.4.2 Diagnóstico por imagen

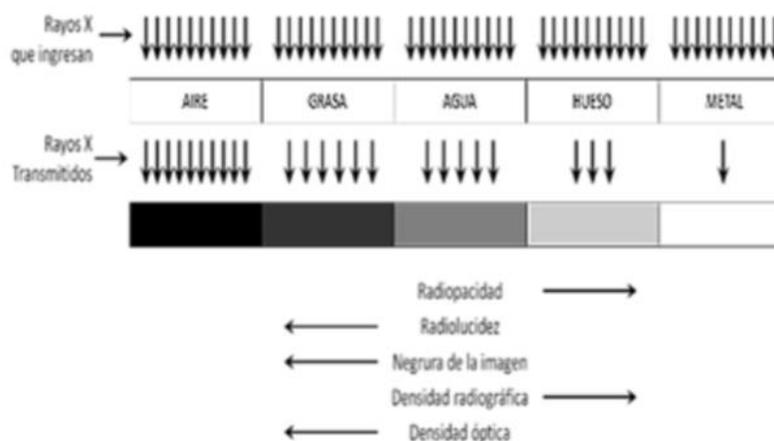
El sistema nervioso central se encuentra revestido por huesos: el cráneo y la columna vertebral. Cuando existen alteraciones en los huesos o tejidos blandos de este sistema, se pueden emplear técnicas de imagen para su diagnóstico, las cuales se dividen en: técnicas de imagen de los huesos y de los tejidos blandos que constituyen el sistema nervioso. En pequeñas especies, la imagen de los huesos puede conseguirse utilizando un equipamiento radiográfico estándar, sin embargo, la imagen de los tejidos blandos requiere de técnicas más avanzadas, como lo son: ecografía, tomografía computarizada, mielografía y resonancia magnética (Olby y Thrall, 2012).

Las radiografías, en su mayoría, están al alcance de los clínicos veterinarios y es una modalidad de imagen de primera elección extremadamente útil para la evaluación de los huesos y, en menor medida, de los tejidos blandos. Las radiografías espinales pueden utilizarse para identificar fracturas y luxaciones (listesis), discoespondilitis, neoplasias vertebrales, anomalías congénitas y cambios degenerativos, además de que pueden proporcionar evidencias de hernias discales (Platt y Olby, 2012).

2.5 Generalidades de Radiología

La ciencia de la Radiología se basa en la capacidad de los rayos X para penetrar la materia. Cuando un paciente es alcanzado por un haz de rayos X, unos se absorben, algunos se dispersan y otros lo atraviesan sin sufrir cambios. Como resultado se tendrá una radiografía, la cual es una imagen del número y distribución de rayos X que pasan a través del paciente y alcanzan el chasis (Thrall, 2008).

Las radiografías en una sola proyección son imágenes bidimensionales que representan exclusivamente el contorno (largo y ancho) de los objetos. Son imágenes compuestas por múltiples tipos de sombras. Estas sombras son el resultado de la cantidad de rayos X que alcanza determinada área: una zona alcanzada por un gran número de rayos X se observará negra (radiotransparente o radiolúcida). Inversamente, las alcanzadas por pocos rayos X serán transparentes o blancas (radiopacas). La radiotransparencia se mide en términos de densidad óptica. Según aumente la densidad física del paciente, la densidad óptica de la película disminuirá y la densidad radiográfica del objeto aumentará. En una radiografía se puede observar la radiopacidad a través de cinco grados perceptibles, o también conocidas como densidades radiográficas: aire, grasa, tejido blando, agua, hueso y metal (ver 3º Figura) (Thrall, 2008).



3º Figura. Densidades radiográficas observadas en una radiografía. Tomado y modificado de Rodríguez, 2020.

La densidad de diferentes tejidos resulta en diferentes opacidades radiográficas, lo cual se conoce como contraste radiográfico. El contraste radiográfico se manifiesta como diversos grados de ennegrecimiento en la radiografía. Además de las distintas densidades, el contraste también depende de la cantidad de radiación, ya que la radiación dispersa reduce el contraste (Kealy y col, 2011).

La apariencia radiográfica de distintos tejidos está influenciada por el número de factores que determinan el carácter de rayos X producidos por el generador. Estos factores de exposición son parte integral de la calidad de la imagen y, por lo tanto, debe ser manipulado con el fin de obtener una radiografía diagnóstica (Palgrave, 2012):

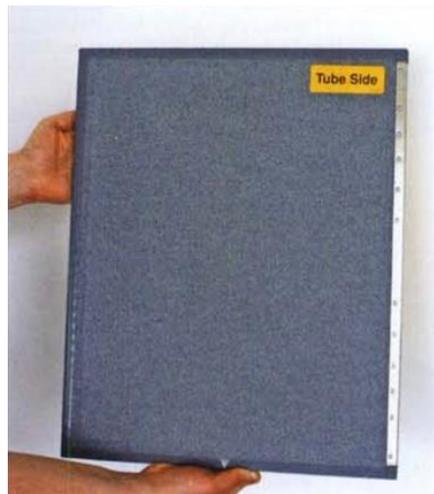
- Miliamperaje (mA). Cuanto mayor sea el mA, mayor será el número de rayos X producidos.

- Tiempo (Segundos). Cuanto más largo sea el tiempo de exposición, mayor será el número de rayos X producidos.
- mAs (miliamperaje segundos). Para lograr un número de rayos X por exposición, a medida que aumenta el mA, se acorta el tiempo de exposición y viceversa.
- Kilovoltaje (kV). El aumento de kV da como resultado un aumento de energía de los rayos X producidos y, por lo tanto, la capacidad del haz de rayos X para penetrar en los tejidos del paciente aumenta (Palgrave, 2012)

2.6 Equipos de Rayos X

Actualmente hay dos categorías de sistemas radiográficos disponibles: sistema radiográfico convencional o análogo y radiografía digital (Palgrave, 2012).

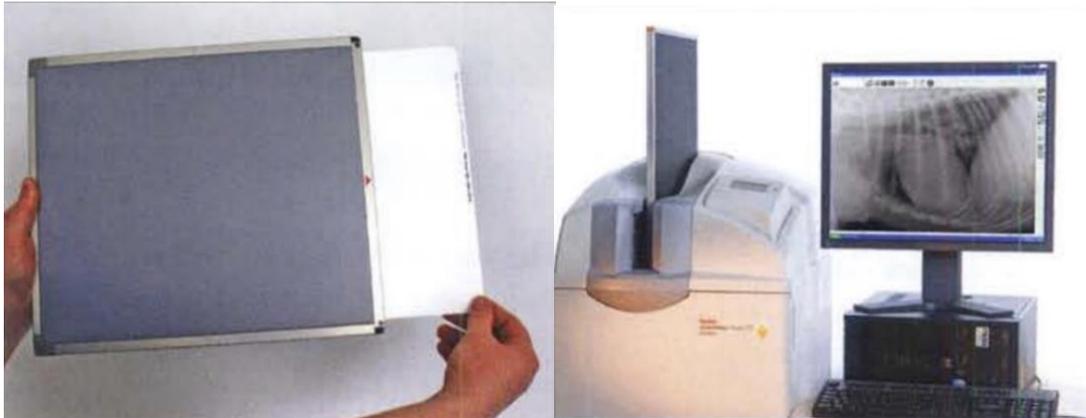
Sistema radiográfico convencional. Una imagen latente se forma al exponer una película o acetato dentro de un chasis a rayos X (ver 4º Figura). Posteriormente, la película se revela utilizando productos químicos, llevando a cabo el proceso de revelado en un cuarto oscuro (Ozcete y col, 2015).



4º Figura. Chasis convencional de Rayos X. Tomado y modificado de Palgrave, 2012.

Radiografía digital. El sistema radiográfico digital utiliza el mismo generador para producir rayos X que el sistema convencional. Sin embargo, la imagen se produce por exposición de un dispositivo de captura (placa) a rayos X que, luego, se convierten en una señal de datos digitales que se muestra en un monitor de computadora (ver 5º Figura) (Palgrave, 2012). Tradicionalmente, los detectores

digitales son divididos en 2 categorías: radiografía indirecta CR y radiografía CD directa (acetatos de fosforo). La principal diferencia entre los sistemas tecnológicos digitales es cómo se realiza el proceso de detección y lectura de radiografías indirectas (Ludewing y col, 2012).



5º Figura. Sistema de radiografía computarizada, mostrando chasis con placa en el interior para obtener una imagen digital en un monitor. Tomado y modificado de Palgrave, 2012.

2.7 La columna vertebral del perro y gato en Rayos X

La columna vertebral consiste en vértebras, discos intervertebrales, meninges, tejido blando adyacente y médula espinal. El perro y gato tienen 7 vértebras cervicales, 13 torácicas, 7 lumbares, 3 sacras y un número variable de vértebras coccígeas (Kealy y col, 2011). El erizo pigmeo posee el mismo número de vértebras que el perro y gato, existiendo variaciones en las coccígeas (Capello y Lenox, 2008).

La visualización y descripción anatómica detallada de cada segmento que conforma la columna vertebral en perros y gatos se encuentra bien descrita:

Una vértebra consta de un cuerpo, un arco y un número variable de procesos. A su vez, el arco posee pedículos derecho e izquierdo, así como láminas derecha e izquierda. Las láminas forman el techo del canal vertebral y los pedículos sus paredes laterales. Las vértebras se articulan entre sí a través de las facetas articulares intervertebrales. Estas articulaciones facetarias son articulaciones diartrodiales (Kealy y col, 2011).

2.7.1 Vértebras cervicales

Existe una marcada variación anatómica en la estructura de las vértebras cervicales. La primera vértebra, el atlas, consiste en un arco central y dos alas amplias

horizontales. Cada ala presenta un foramen, el transverso, el cual es visible radiográficamente. La segunda vértebra, o axis, posee una espina dorsal larga y delgada que sobresale del arco de la primera vértebra cervical. El proceso odontoides se presenta en el axis, siendo una eminencia craneoventral larga y redondeada que se extiende en el piso de esta vértebra. Esta es una de las características anatómicas importantes entre estas vértebras, ya que es la razón de la ausencia de disco intervertebral. El proceso transverso está caudal y existe el foramen transverso. De la tercera vértebra a la quinta, se observa un foramen transverso bífido y, en el caso de la cuarta y quinta, éste toma una forma de lámina alargada. El proceso transverso en la sexta vértebra tiene un tubérculo craneal y láminas amplias caudalmente a la proyección ventral y está sobre los tejidos blandos cervicales. El cuerpo de la séptima vértebra es comparativamente corto respecto a las demás. El proceso espinoso se vuelve más prominente en cada vértebra a partir de la cuarta hasta la séptima vértebra cervical (Kealy y col, 2011)

2.7.2 Vértebras torácicas

Los cuerpos de las vértebras torácicas son más cortos que los cervicales. Las apófisis espinosas se dirigen caudalmente hasta la vértebra anticlinal, que suele ser la undécima. Aquí es donde las apófisis espinosas dorsales de T11 cambian la angulación, con una dirección de caudal a craneal. El espacio discal entre T10 y T11 es ligeramente más estrecho con respecto a los demás espacios intervertebrales, debido a este cambio de dirección de los procesos espinosos dorsales. Los procesos accesorios están presentes en las últimas cuatro o cinco vértebras (Kealy y col, 2011).

2.7.3 Vértebras lumbares

Los cuerpos vertebrales lumbares son más largos que los torácicos. En el caso de los perros, los cuerpos vertebrales lumbares tienden a ser cuadrados, mientras que en el gato son rectangulares. Las apófisis espinosas están dirigidas hacia craneal, y los procesos transversos hacia craneal y ligeramente ventral. Los procesos accesorios se presentan en las primeras cuatro vértebras. Los márgenes ventrales de la tercera y cuarta vértebra son pobremente definidos en radiografías, esto se debe a que en ese nivel es el nacimiento de los pilares diafragmáticos, lo que hace que en algunas ocasiones existan cambios en la densidad ósea; por lo que es muy importante recordarlo para no confundir con procesos patológicos. (Kealy y col, 2011).

2.7.4 Vértebra sacral

El sacro está compuesto de dos a tres vértebras fusionadas formando una sola y las apófisis espinosas forman una cresta con muescas (Kealy y col, 2011).

2.7.5 Discos intervertebrales

Los discos intervertebrales están entre los cuerpos vertebrales desde la unión de la segunda y tercera vértebras cervicales hasta la unión lumbosacra. No existen discos entre la primera y segunda vértebras cervicales, como ya se mencionó en la parte anatómica de la región cervical. Cada disco tiene un anillo fibroso exterior laminado, que está unido a las vértebras adyacentes. En la parte central se localiza un núcleo pulposo, compuesto por material gelatinoso homogéneo. La parte ventral del anillo fibroso es más gruesa que la parte dorsal. Los espacios de los discos intervertebrales varían en lo ancho: los más amplios son aquellos entre C4 y C5 y L2 y L3; mientras que los más estrechos son los que se encuentran entre C2 y C3, T10 y T11, L4 y L5, siendo el disco intervertebral más grande a nivel L-S (Kealy y col, 2011).

2.7.6 Posicionamiento durante estudio radiográfico

Cuando se toma un estudio radiográfico, el paciente debe de ser colocado en la mesa del equipo de rayos x correctamente para obtener una óptima posición exitosa de las estructuras anatómicas a radiografiar, para esto existen posicionadores especiales que permiten una correcta postura para los diferentes estudios radiográficos. El posicionamiento genera una vista radiográfica, por ejemplo, aquellas que son tomadas en ángulo recto entre sí, es decir, las vistas estándar o también denominadas ortogonales. Para la columna vertebral las más comunes son: laterales y ventrodorsales. También existen aquellas proyecciones radiográficas denominadas en estrés, es decir, aplicar fuerza controlada sobre la estructura a radiografiar, que comúnmente es una articulación. La fuerza por aplicar puede ser de flexión, extensión, lateralización, rotación y en cuña (Kealy y col, 2011).

Una práctica radiológica competente deberá ser aquella en la que sus imágenes cuenten con: calidad diagnóstica, hablando de un correcto grado de exposición; posicionamiento de los pacientes; identificación de los estudios radiográficos; y que cuente por lo menos con dos vistas radiográficas de la misma región anatómica. (Kealy y col, 2011).

La ciencia de la radiología forma la base para una correcta interpretación de los estudios radiográficos. Las herramientas básicas incluyen: el conocimiento de la anatomía normal, el enfoque sistemático y ordenado, así como la utilización de los signos radiológicos básicos, la radiología es utilizada como herramienta diagnóstica para orientar o confirmar cualquier hipótesis diagnóstica que construyamos (Thrall, 2008).

2.8 Interpretación radiográfica

Una adecuada interpretación de las radiografías del esqueleto axial requiere imágenes de buena calidad diagnóstica y el conocimiento de la anatomía radiográfica de la columna vertebral normal en esta especie. En los estudios radiográficos se evalúan los signos radiográficos básicos: alineación, forma, número, densidad, contorno, tamaño y alineación.

- Anatomía básica, es de suma importancia tanto para el clínico, como para el radiólogo, recordar la fórmula de la columna vertebral de cada especie, así como las diferencias anatómicas. (Olby y Thrall, 2012). En el erizo deben observarse 7 vértebras cervicales, 13 torácicas, 7 lumbares, sacro (vértebras fusionadas) y algunas vértebras coccígeas (Capello y Lennox, 2008).
- La alineación de las vértebras en las dos vistas radiográficas.
- El tamaño del espacio intervertebral (cada espacio discal debería compararse con los espacios discales inmediatamente craneal y caudal).
- La forma y densidad de las epífisis vertebrales, también conocidas como placas terminales craneal y caudal (observando si existe lisis y proliferación indicativa de infección y/o neoplasias óseas).
- Evidencia (cambios en la densidad) de neoplasia vertebral en forma de lisis, esclerosis y/o distorsión del contorno óseo (cabe mencionar que debe perderse el 50%-75% de hueso esponjoso del cuerpo vertebral para que la lisis ósea pueda ser detectada mediante radiografía en humanos; la detección de la pérdida de hueso cortical es más sensible).
- Cambios degenerativos de la vértebra (contorno y forma) o de los procesos articulares. (Olby y Thrall, 2012)

2.9 Lesiones radiográficas de la columna vertebral en el erizo

Las patologías de la columna vertebral en el erizo pigmeo africano que se han presentado son: enfermedad discal y compresión espinal, enfermedad del erizo tambaleante, neoplasias y cambios degenerativos (Turner y col, 2017).

Enfermedad del disco intervertebral. Se han reportado casos de erizos con diagnóstico de enfermedad de disco intervertebral. Estudios radiográficos mostraron reducción del espacio intervertebral cervical y espondilosis (ver 6^o Figura) (James y col, 2009). La espondilosis fue un signo radiográfico encontrado, teniendo la hipótesis de que fue el resultado del movimiento anormal entre vértebras, degeneración del anillo fibroso e inflamación con proliferación ósea del disco protruido (Gardhouse y Eshar, 2015).



6^o Figura. Estudio radiográfico en su proyección Li-Ld de un erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*). Note la disminución del espacio intervertebral entre C2-C3 y C3-C4 (flechas negras). Tomado y modificado de James y col, 2009).

Enfermedad del erizo tambaleante. A pesar de que los signos clínicos descritos en los erizos con esta enfermedad son tan típicos, el diagnóstico definitivo es únicamente por examinación histopatológica post mortem del sistema nervioso central (Greasser y col, 2006). Tomando en cuenta lo anterior y el hecho de que las lesiones observadas han sido en la materia blanca del sistema nervioso central (Díaz y col, 2018), el estudio radiográfico no sería una herramienta de utilidad para la orientación del diagnóstico.

Neoplasias. Las neoplasias del sistema nervioso son más frecuentes en el erizo pigmeo africano que en otras especies (Turner y col, 2017). Existen pocos reportes de neoplasias, tales como: astrocitoma, glioma mixto y osteosarcoma vertebral (Reyes y col, 2017).

Cambios degenerativos. Frecuentemente se observan cambios degenerativos en las radiografías espinales de erizos viejos, el principal cambio es espondilosis vertebral (Turner y col, 2017).

3.0 Antecedentes

Cuatro erizos pigmeos africanos vivos (*Atelerix albiventris*) con diagnóstico de enfermedad de disco intervertebral, han sido reportados en la investigación correspondiente de James et al (2009). Los signos clínicos asociados a esta enfermedad fueron ataxia progresiva de miembros pélvicos, pérdida de la propiocepción y claudicación. En dos casos, el estudio radiográfico mostró disminución del espacio intervertebral a nivel de vértebras cervicales, así como espondilosis. Histológicamente, en los cuatro ejemplares se observó severa degeneración de discos intervertebrales y protrusión dorsal del núcleo pulposo.

Dicha investigación se relaciona con el proyecto en curso ya que parte del abordaje diagnóstico en el erizo con ataxia y otras alteraciones neurológicas, se encuentra el estudio radiográfico de la columna vertebral como una herramienta que puede permitir orientar dicho diagnóstico.

Un segundo estudio realizado y publicado por Gardhouse y Eshar (2015) tuvo como objetivo enlistar las enfermedades más recurrentes que presenta el erizo pigmeo africano (*A. albiventris*) como animal de compañía no convencional. Dentro de las enfermedades que se presentan con mayor frecuencia en esta especie se mencionan las de tipo neurológico. Como parte del abordaje diagnóstico se realizó estudios radiográficos a varios ejemplares de los cuales tres mostraron espondilosis (sugerente de enfermedad de disco intervertebral).

La investigación en curso pretende estudiar de manera enfocada los cambios radiográficos que se observan en un erizo con ataxia, por lo que la investigación realizada por Gardhouse y Eshar permite relacionar la frecuencia de este tipo de alteraciones con la importancia que tiene el uso de estudios radiográficos como una herramienta para orientar el diagnóstico.

4.0 Justificación

En pequeñas especies, el uso de radiografía por segmentos para determinar alteraciones vertebrales está perfectamente bien descrito, debido a que es una herramienta comúnmente utilizada para su diagnóstico. **No obstante, existe poca información que permita orientar el diagnóstico de alteraciones vertebrales a través del uso de radiografía en el erizo pigmeo africano (*A. albiventris*) con ataxia, además de que al ser un animal de pequeña escala no hay registro de protocolos radiográficos por segmentos de la columna vertebral.**

5.0 Objetivo General

- Identificar alteraciones radiográficas de la columna vertebral del erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) con ataxia mediante el estudio radiográfico de los diferentes segmentos vertebrales.

6.0 Objetivos Particulares

- Reportar los hallazgos radiográficos observados en la columna vertebral del erizo con ataxia.
- Comparar la anatomía radiológica de la columna vertebral entre un erizo con ataxia y uno sin ataxia a través de estudios radiográficos de los diferentes segmentos vertebrales.

7.0 Hipótesis

- El estudio radiográfico de los diferentes segmentos de la columna vertebral permitirá orientar el diagnóstico de lesiones vertebrales en el erizo (*Atelerix albiventris*) con ataxia.

8.0 Material, métodos y sujetos de estudio

El presente estudio involucra dos sujetos machos de la especie *Atelerix albiventris*. Ambos individuos se encontraban en condiciones de cautiverio con alimento específico de la especie. El primero de ellos es un ejemplar de 2 años 6 meses que presenta dificultad para desplazarse adecuadamente y disminución en el consumo de alimento. Por otro lado, el segundo ejemplar de 1 año y medio no presenta ninguna alteración a la marcha. Ambos individuos fueron sometidos a estudios de rayos x para la obtención de una imagen clara de la columna vertebral con la finalidad de ofrecer un estudio comparativo entre ambos erizos e identificar las alteraciones que pudieran estar presentes en la columna.

8.1 Reseña y anamnesis

Erizo Con Ataxia (ECA): El 9 de mayo del 2021 se presentó un erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) macho de 2 años y 6 meses de edad, peso de 415 g y condición corporal 4/5. El erizo se encontraba bajo cuidado humano, teniendo como sustrato (Pellet de papel) y alimentación (alimento comercial específico de la especie: Mazuri® para erizos) adecuados.

Motivo de consulta: dificultad para desplazarse adecuadamente y disminución en el consumo de alimento y agua.

Erizo Sin Ataxia (ESA): El 30 de mayo del 2021 se presentó un erizo pigmeo africano (*Atelerix albiventris*) macho de 1 año 6 meses con un peso de 243 g y condición corporal 3/5 para revisión general. El erizo se encontraba en condiciones de cautiverio bajo cuidado humano, teniendo un sustrato (Pellet de papel) y alimentación (alimento comercial específico de la especie: Mazuri® para erizos) adecuados.

8.2 Examen Neurológico

ECA: Con un estado mental alerta y responsivo, el paciente fue colocado sobre la mesa de exploración para la valoración de la marcha. Se evidenció ataxia y tetraparesia. Al examen neurológico los reflejos palpebrales, de amenaza, corneal y olfatorio se mostraron positivos.

ESA: Estado mental alerta y responsivo. El paciente se colocó sobre la mesa de exploración para la valoración de la marcha. No se detectó ninguna alteración. Al examen neurológico los reflejos palpebrales, de amenaza, corneal y olfatorio se mostraron positivos.

8.3 Examen Físico General

Para lograr un examen físico general minucioso, los pacientes fueron pre-oxigenados durante 5 minutos y anestesiados con Isoflurano al 5% para inducción con cámara y, posteriormente, al 2% para mantenimiento con mascarilla de isoflurano y oxígeno.

En el **ECA** se observó presencia de secreción nasal hialina en poca cantidad. La mucosa oral se observó rosa y húmeda, con un tiempo de llenado capilar de 2 segundos y un porcentaje de deshidratación menor al 5%, temperatura rectal de 35.5 °C, frecuencias cardíaca y respiratoria de 280 lpm y 80 rpm, respectivamente. A la palpación de abdominal caudal se detectó un par de estructuras ovaladas voluminosas con bordes lisos, desplazables y de consistencia blanda (ver 7° Figura), las cuales corresponden con los testículos. La mucosa prepucial se observó con secreción verde y viscosa (ver 8° Figura).

En el **ESA** las mucosas eran rosas y húmedas con un tiempo de llenado capilar de 2 segundos, un porcentaje de deshidratación menor al 5%, una temperatura rectal de 35.8°C y frecuencias cardíaca y respiratoria de 250 lpm y 50 rpm, respectivamente. El resto de las constantes se encontraron dentro de los valores normales.



7° Figura. Testículo de consistencia firme de aproximadamente 2.3 cm de diámetro (flecha roja), detectado durante la palpación abdominal en la región caudal, correspondiendo al erizo con ataxia.



8° Figura. Nótese la presencia de secreción prepucial (círculo rojo), de color verde brillante muy sugerente a un proceso infeccioso, en el ECA.

8.4 Toma de Estudio Radiográfico

Con ayuda de un espesómetro, se midió el grosor de la región anatómica de cada erizo que fue atravesada por los rayos X, y se calculó la técnica a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Espesor en cm (2) + 40 = x - (15\% \text{ de } x) = \text{kVp}$$

Fuente: Gómez, I. (2008)

Una vez obtenida, la técnica fue colocada en el equipo de rayos X digital de marca: MRH Alfa Radiological Systems: CMR X-RAY.

kVp: Resultado de la ecuación mAs: 2 – 2.5 mA: 40

Por cada erizo se obtuvo un estudio radiográfico por segmentos de la columna vertebral, conformado por 6 proyecciones totales. Además de ello, se realizó 1 estudio radiográfico de cuerpo completo de cada erizo.

A continuación, se muestra una tabla con las mediciones en cm de cada región anatómica, así como el kVp calculado a través de la ecuación propuesta anteriormente:

Tabla 2. Mediciones en cm y obtención de kVp de cada región vertebral radiografiada.

Lateral izquierda-Lateral derecha (Li-Ld)				
	Erizo Con Ataxia		Erizo Sin Ataxia	
	cm	kVp	cm	kVp
Cervical	6	43	5	42
Torácico	7	46	6	44
Lumbosacro	8	48	7	46
Cuerpo completo	7	46	6	44
Ventrodorsal (VD)				
	Erizo Con Ataxia		Erizo Sin Ataxia	
	cm	kVp	cm	kVp
Cervical	5	42	5	43
Torácico	6	44	6.5	45
Lumbosacro	5.5	43	5.5	43
Cuerpo completo	5.5	43	5.5	43

8.5 Recuperación post anestésica.

Una vez concluidos los estudios radiográficos, los erizos fueron colocados sobre una frazada dentro de una transportadora con placa térmica debajo de ella.

El tiempo de recuperación fue de 15 minutos para el **ECA** y de 10 minutos para el **ESA**.

9.0 Resultados

9.1 Estudios radiográficos

A continuación, se muestran los estudios radiográficos realizados a cada erizo. Se colocan de modo comparativo para apreciar los cambios presentes en la columna vertebral en las diferentes proyecciones: Lateral izquierda-Lateral derecha (Li-Ld) y Ventro-Dorsal (VD).

9.1.1 Región Cervical, proyecciones Li-Ld



9º Figura. Columna cervical en su proyección radiográfica Li-Ld de un erizo macho de 2.5 años con ataxia (ECA). Ver interpretación a continuación.

Interpretación:

Se aprecia reducción de espacio entre cóndilo occipital de C1 y el arco dorsal de C2, reducción de espacios intervertebrales a partir de C3-C4, C4-C5, C5-C6 y C6-C7 a este mismo nivel hay signos compatibles con espondilosis ventral.

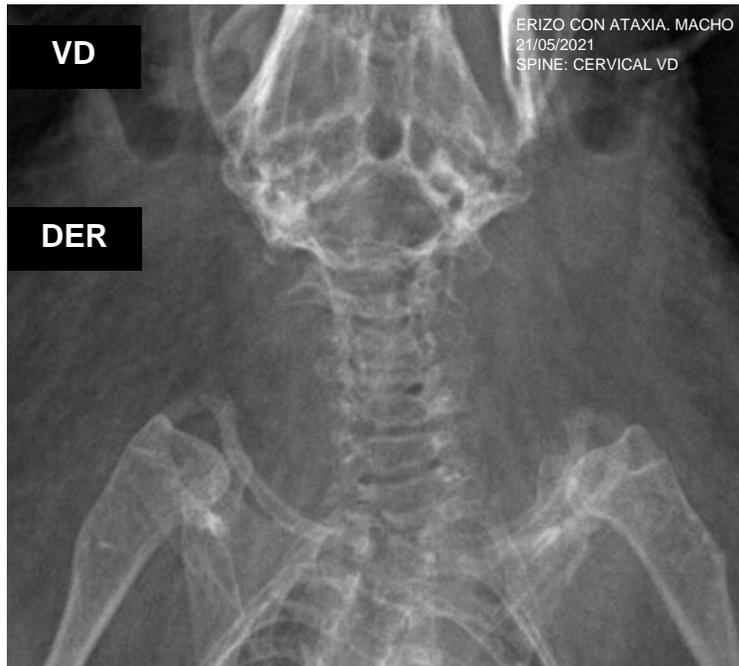


10º Figura. Columna cervical en su proyección radiográfica Li-Ld de un erizo macho de 1.5 años sin ataxia (ESA).

Interpretación:

No se aprecian cambios radiográficos aparentes.

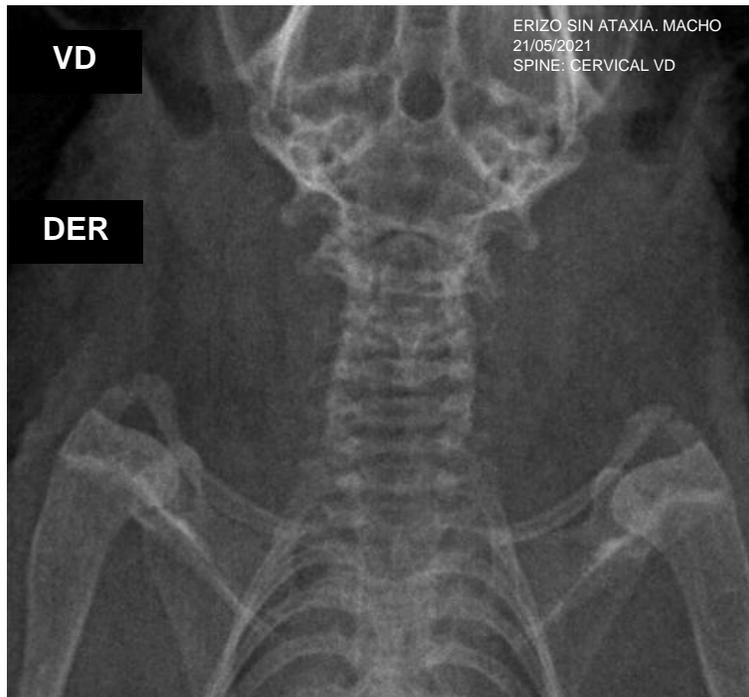
9.1.2 Región Cervical, proyecciones VD



11º Figura. Columna cervical en su proyección radiográfica VD del ECA macho de 2.5 años.

Interpretación:

Se observa reducción de espacios intervertebrales en C1-C2, C2-C3, C3-C4, confirmando espondilosis a partir de C4 hasta C6. Presencia de densidad mixta entre músculo y grasa adyacente a la región cervical, la cual corresponde con las espinas, presenta ligera pérdida de la alineación, así mismo, a nivel de C6-C7 hay alteración en la forma y contorno de estas vértebras, siendo sugerente de escoliosis del segmento cervicotorácico.

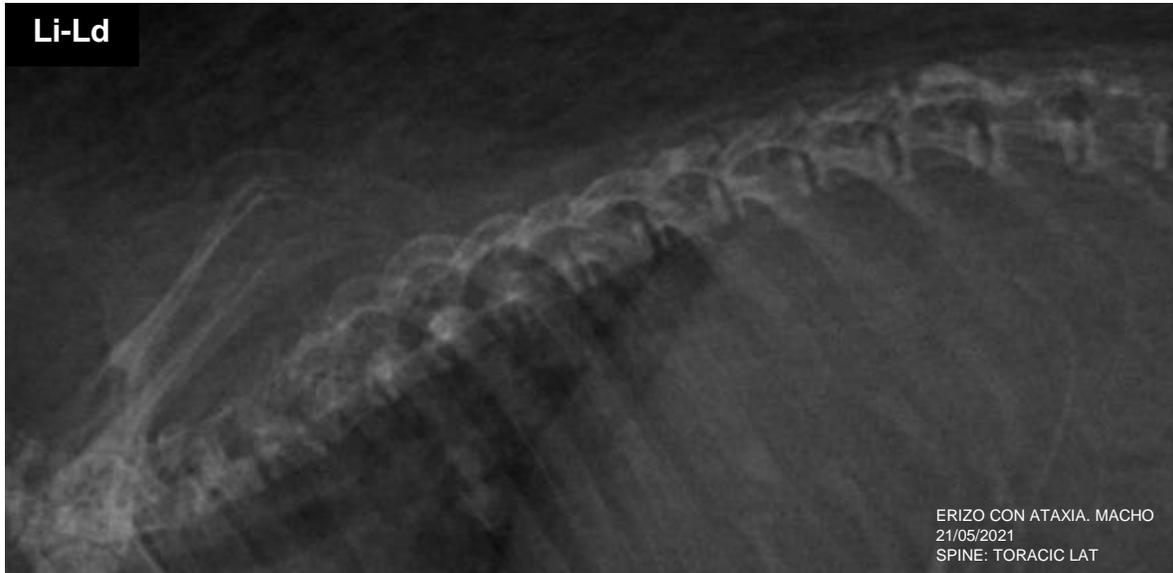


12º Figura. Columna cervical en su proyección radiográfica VD del ESA macho de 1.5 años.

Interpretación:

Sin cambios radiográficos aparentes. Incidentalmente se distingue una densidad mixta entre músculo y grasa adyacente a la región cervical la cual corresponde a las espinas o púas cutáneas.

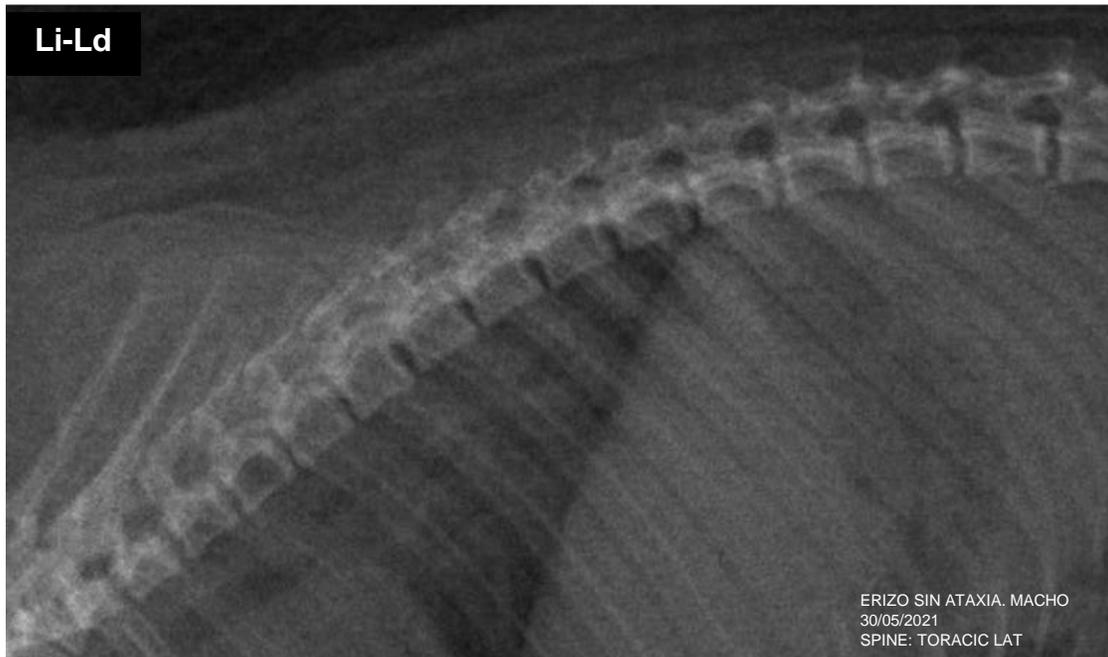
9.1.3 Región torácica, proyecciones Li-Ld



13º Figura. Columna torácica en su proyección radiográfica Li-Ld del ECA macho de 2.5 años.

Interpretación:

A nivel de las placas terminales craneales y caudales de todos los cuerpos vertebrales se observa un incremento en la densidad ósea, la cual corresponde a esclerosis de dichas zonas. Existe la presencia de incipientes puentes intervertebrales a nivel T13-L1 y L1-L2. Hay cierta pérdida de la forma de los agujeros de conjunción lo cual pudiera estar relacionado por la lejanía del haz de rayo x, o bien por la falta de alineación del paciente durante el estudio radiográfico.



14º Figura. Columna torácica en su proyección radiográfica VD del ESA macho de 1.5 años.

Interpretación:

A nivel de la columna torácica no hay presencia de cambios radiográficos aparentes, incidentalmente a nivel de T13-L1 hay presencia de un puente intervertebral incipiente. Nótese en esta imagen que los agujeros de conjunción asemejan la forma de perfil de la cabeza de un caballo tal y como lo describe la literatura en el caso de los perros y gatos; a nivel de tejido blando en la porción dorsal de visualiza densidad mixta entre tejido blando y grasa debido a la presencia de espinas.

9.1.4 Región torácica, proyecciones VD



Figura 9. Columna torácica en su proyección radiográfica VD del ECA macho de 2.5 años.

Interpretación:

Se aprecia una pérdida de la alineación vertebral a partir de T1 hasta T3, así como alteración en la forma y contorno de estas vértebras, lo cual es sugerente de escoliosis vertebral en el segmento cervicotorácico. Se confirma el incremento en la densidad ósea de las placas terminales craneales y caudales de todos los cuerpos vertebrales de esta región. La diferenciación de ambos hemitórax es pobre, lo cual se puede relacionar por la falta de alineación del paciente durante el estudio radiográfico. En la porción medial de la costilla 12 derecha se aprecia un aumento focal y definido de la densidad ósea, siendo sugerente a una lesión hipertrófica por remodelación ósea.



Figura 10. Columna torácica en su proyección radiográfica VD del ESA macho de 1.5 años.

Interpretación:

Se observa una alteración del contorno en los cuerpos vertebrales T1-T6, pudiendo estar relacionado con la lejanía del haz de rayos X.

9.1.5 Región lumbar, sacra y coccígea proyecciones Li-Ld

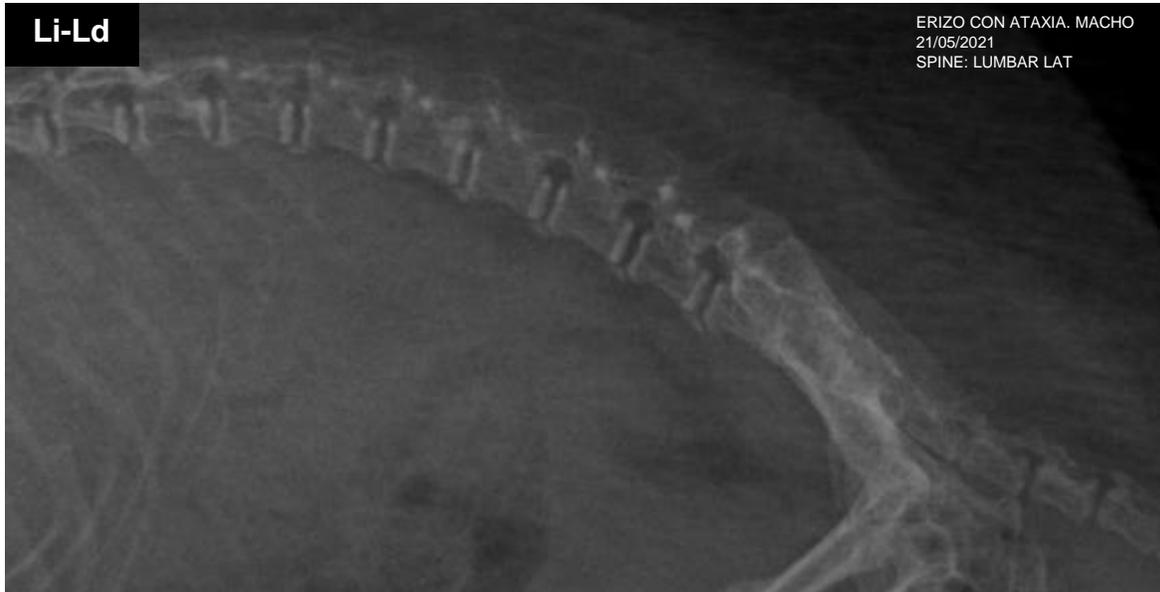


Figura 11. Columna lumbar, sacra y coccígea en su proyección radiográfica Li-Ld del ECA macho de 2.5 años.

Interpretación:

Se aprecian 7 vértebras lumbares las cuales, a nivel de las placas terminales craneales y caudales, presentan un incremento en la densidad ósea, siendo compatible con esclerosis, así como, la presencia de puentes óseos incipientes de manera generalizada en la parte ventral de todas las vértebras lumbares. De igual manera, se aprecia un incremento en la densidad ósea a nivel de los procesos espinales dorsales a partir de L-4 hasta L-7. Incidentalmente en la región dorsal de la columna lumbar, sacra y las primeras vértebras caudales, hay una serie de líneas con densidad mixta en una dirección hacia caudal que corresponden a las espinas o púas cutáneas de esta especie (lo cual es normal).



Figura 12. Columna lumbar, sacra y coccígea en su proyección radiográfica Li-Ld del ESA macho de 1.5 años.

Interpretación:

Los agujeros de conjunción se observan en forma de perfil de la cara de un caballo (característica normal en perros). A nivel de los agujeros de conjunción de L1-L2, L2-L3, L3-L4, en su porción craneal, existe un incremento en la densidad, siendo atribuido a la sobreposición de los procesos mamilares por rotación del paciente.

Se aprecia un incremento en la densidad ósea de las placas terminales craneales y caudales en toda la columna lumbar acompañada de puentes óseos incipientes a todo lo largo de la parte ventral de la columna lumbar. Existe un incremento en la densidad ósea (esclerosis) en los procesos espinosos y de todas las facetas articulares. Finalmente se observa una aparente reducción de espacio intervertebral entre L7-S.

9.1.6 Región lumbar, sacra y coccígea, proyecciones VD



Figura 13. Columna lumbar, sacra y coccígea en su proyección radiográfica VD del ECA macho de 2.5 años.

Interpretación:

Se confirma la presencia de esclerosis de las placas terminales de la columna lumbar, así como la presencia de puentes intervertebrales.



Figura 14. Columna lumbar, sacra y coccígea en su proyección radiográfica VD del ESA macho de 1.5 años.

Interpretación:

Se confirma la presencia de esclerosis de las placas terminales de la columna lumbar, así como la presencia de puentes intervertebrales. Se observa un aumento en la densidad ósea de las placas terminales craneales y caudales de las vértebras coccígeas.

9.2 Hallazgos adicionales

A continuación, se describen los hallazgos adicionales encontrados en los estudios radiográficos de cuerpo completo de ambos erizos:

- 9.2.1 Estudios radiográficos de cuerpo completo, proyecciones Li-Ld:



Figura 15. Estudio radiográfico de cuerpo completo en su proyección Li-Ld del ECA macho de 2.5 años.



Figura 16. Estudio radiográfico de cuerpo completo en su proyección Li-Ld del ESA macho de 1.5 años.

- **9.2.2 Estudios radiográficos de cuerpo completo, proyecciones VD:**



Figura 17. Estudio radiográfico de cuerpo completo en su proyección VD del ECA macho de 2.5 años.



Figura 18. Estudio radiográfico de cuerpo completo en su proyección VD del ESA macho de 1.5 años.

Erizo Con Ataxia (ECA):

Se observa un aumento focal en la densidad ósea en costillas 12 derecha y 13 izquierda, y diáfisis media del fémur derecho correspondiente a remodelación ósea por posible fractura.

En los campos pulmonares se observan anillos y líneas radiopacas en el mediastino medio, sugerentes de patrón bronquial.

En abdomen, el hígado, bazo y vejiga se aprecian normales en tamaño, forma y opacidad. El estómago contiene contenido granular sin apreciarse dilatado y en intestino delgado y colon se observa material fecal heterogéneo y gas escaso. Caudal a la pelvis se distinguen los testículos: el derecho posee un diámetro transversal y longitudinal de 20.37 mm y 33.44 mm respectivamente. Por otro lado, el testículo izquierdo tiene 25.99 mm de diámetro transversal y 37.96 mm de

diámetro longitudinal. Dichos tamaños superan el promedio en la especie, sugiriendo aumento testicular bilateral.

Erizo Sin Ataxia (ESA):

En tórax, los campos pulmonares y la silueta cardíaca se aprecian normales en opacidad y forma.

En abdomen se aprecia un bazo aumentado de tamaño con opacidad normal. La vejiga e hígado se observan con tamaño, forma y opacidad normales. El estómago se aprecia sin contenido con gas en su interior sin observarse dilatado, y en intestino delgado y colon se observa material fecal heterogéneo y gas escaso.

Caudal a la pelvis se aprecian los testículos normales en tamaño, forma y opacidad.

10.0 Discusión

Los estudios radiográficos espinales permiten localizar e identificar lesiones vertebrales, tales como: fracturas y luxaciones, discoespondilitis, neoplasias vertebrales, anomalías congénitas y cambios degenerativos, además de que proporcionan evidencia de hernias discales (Olby y Thrall, 2012).

La ataxia y/o paresia progresiva es el principal signo en erizos con alteraciones de tipo neurológico. Sus principales causas incluyen: enfermedad del disco intervertebral, síndrome del erizo tambaleante, traumatismos, otitis media y neoplasias vertebrales y cerebrales (Gardhouse y Eshar, 2017).

La ataxia y la tetraparesia fueron observadas en el primer erizo. Los resultados radiográficos revelaron espondilosis cervical ventral, disminución del espacio entre el arco dorsal de C1 y el cóndilo occipital de C2, disminución del espacio intervertebral desde C2 hasta C7, pérdida de alineación vertebral en el segmento cervicotorácico en la proyección VD, aumento en la densidad ósea (esclerosis) de las placas terminales craneales y caudales de los cuerpos vertebrales torácicos y lumbares, así como, presencia de puentes intervertebrales incipientes en las vértebras lumbares (espondiloartosis).

En el erizo sin ataxia se evidenciaron los siguientes cambios radiográficos: presencia de puentes intervertebrales incipientes en la región lumbar, incremento en la densidad de la porción craneal de los agujeros de conjunción entre las primeras cuatro vértebras lumbares y disminución del espacio intervertebral entre L7-S.

Cabe mencionar que, además de los estudios radiográficos de la columna en sus diferentes segmentos, se realizó el estudio de cuerpo completo de ambos erizos en sus dos proyecciones: Li-Ld y VD. Esto con la finalidad de valorar la diferencia de la calidad de imagen entre ambos tipos de estudios radiográficos de la columna vertebral.

La disminución del espacio intervertebral ha sido observada en erizos con enfermedad del disco intervertebral (IVD). De acuerdo con el artículo de James publicado en el 2009, ésta es una condición debilitante y progresiva, siendo generada por la protrusión dorsal del disco afectado, resultando en la compresión de la médula espinal. La localización más común de esta lesión en el erizo pigmeo africano son las regiones cervical y lumbar.

La espondilosis es un proceso aséptico que afecta al ligamento intervertebral y a los cuerpos vertebrales adyacentes en perros. En erizos ha sido reportada a nivel cervical y asociada al desarrollo de IVD, debido a la creación de un movimiento anormal entre vértebras, causado por la degeneración del anillo fibroso y por la

inflamación con proliferación ósea (Pérez y col, 2003; James y col, 2009). El exceso de movilidad que tiene la columna vertebral del erizo al plegarse en sí mismo, podría ser uno de los factores que aporte inestabilidad espinal que, consecuentemente, se expresa en espondilosis vertebral o puentes intervertebrales. Sin embargo, no hay estudios que respalden dicha teoría por lo que se pudiera realizar estudios futuros para determinar la relación que existe entre ambos factores.

La pérdida de alineación vertebral o curvatura de la columna vertebral ha sido observada en erizos que presentan síndrome del erizo tambaleante o Wobbly Hedgehog Syndrome (WHS) (de acuerdo con su nombre y siglas en inglés) en etapa avanzada. El WHS es una enfermedad progresiva en la que inicialmente se observa ataxia, tropiezos o tambaleos. Durante varios meses, los signos evolucionan y se vuelven más severos, siendo reportados los temores, escoliosis, convulsiones, atrofia muscular, automutilación y dificultad para regular la temperatura corporal (Greasser y col, 2006). El WHS no muestra lesiones macroscópicas, sin embargo, las lesiones microscópicas evidencian cambios esponjosos en la materia blanca del sistema nervioso central (Días y col, 2018), por lo tanto, se requieren técnicas de imagen avanzada, como lo es la resonancia magnética, para confirmar el diagnóstico.

El aumento de la densidad ósea en las placas terminales craneales y caudales (esclerosis) es un proceso degenerativo que puede asociarse con una zona de inestabilidad espinal, o bien, puede aparecer con discos intervertebrales degenerados, protruidos ventralmente o normales en perros (Thrall, 2008).

Los estudios radiográficos de columna vertebral permitieron la localización de las lesiones y la obtención de diagnósticos diferenciales. En el ECA la signología y los hallazgos radiográficos coinciden con lo descrito en WHS y IVD. Sin embargo, para la confirmación del diagnóstico se recomienda evaluar la médula espinal a través de la resonancia magnética. Esta herramienta no ha sido reportada en erizos, por lo que la confirmación de diagnóstico en otros estudios sólo ha sido post mortem.

En el ESA, la presencia de puentes intervertebrales incipientes en la región lumbar puede estar relacionado con la movilidad que posee la columna vertebral por la habilidad de plegarse en sí mismo (como se mencionó anteriormente).

Los agujeros de conjunción o forámenes intervertebrales se forman cuando se unen una vértebra con otra, formando una ventana a cada lado de la columna. Estos espacios son visibles radiográficamente, los cuales sirven para observar el canal vertebral y, en caso de existir material discal extruido, puede ser visible en esta región. En perros se observan con forma del perfil de una cara de caballo (Thrall, 2008). En el ESA se pueden observar los agujeros de conjunción de la misma forma, observando un aumento en la densidad de algunos de ellos en la región lumbar.

Esto es sugerente de material discal en el canal vertebral, sin embargo, debido a que el ejemplar no presenta ninguna signología neurológica se descarta la posibilidad de material discal en esas regiones, atribuyéndole a la sobreposición de procesos mamilares.

Dentro de los hallazgos radiográficos adicionales en el ECA se revelaron: aumento focal de densidad ósea en costillas y fémur derecho, patrón bronquial y testículos aumentados de tamaño. La esclerosis, o aumento de la densidad ósea focal, es una lesión hipertrófica que aparece como consecuencia de una remodelación por traumatismo previo, osteoma, hematoma subperióstico, etc. (Davies, 2012). En el ECA se observan lesiones hipertróficas pequeñas y bien definidas con el periostio intacto, por lo que se sospecha de un proceso neoplásico benigno, sin embargo, se recomendó la realización de estudios de laboratorio, los cuales no fueron autorizados.

En perros y gatos, el patrón bronquial se puede desarrollar por tres razones principalmente: enfermedad de las paredes bronquiales (hipertrofia de mucosa y submucosa con presencia de líquido luminal), calcificación (por envejecimiento) e infiltrado peribronquial con fluido o células (edema pulmonar, fibrosis y neoplasias) (Bárceñas y Gordillo, 2014). En el ECA, dada la secreción nasal observada durante el EFG y las lesiones hipertróficas en costillas y fémur, el patrón bronquial se puede relacionar con enfermedad de las paredes bronquiales, o bien, por un infiltrado peribronquial, respectivamente.

La morfometría del sistema reproductor del macho de erizo pigmeo africano ha sido evaluada mediante ecografía. El tamaño promedio del testículo izquierdo es de 17.75 mm de diámetro longitudinal x 16 mm de diámetro transversal; mientras que el testículo derecho 16.45 mm x 13.60 mm de diámetro longitudinal y transversal respectivamente (Astudillo y col, 2017). El tamaño testicular visualizado en el ECA deja notar un incremento significativo, el cual duplica el reportado en erizos sin alteraciones. Se han descrito pocas alteraciones del aparato reproductor del macho del erizo pigmeo macho, siendo la postitis y neoplasias (tumor de células de Sertoli y neurofibrosarcoma) los casos descritos. En perros la orquitis suele presentarse por infecciones agudas, siendo observada la letargia, pirexia, descarga prepucial purulenta y edema escrotal (Stornelli y Luzbel, 2016). En el ECA se observó la presencia de secreción prepucial verde y viscosa, así como, agrandamiento bilateral de los testículos, pudiendo relacionarse con alguna infección aguda proveniente del tracto urinario o hematógeno. La ecografía abdominal en erizos es una herramienta que permite la visualización de los órganos reproductores del macho, su evaluación cuantitativa y cualitativa, por lo que se sugiere su realización para complementar el diagnóstico.

El ESA mostró un bazo aumentado de tamaño. La esplenomegalia es muy común en erizos pigmeos africanos, tanto en hembras como machos. De acuerdo con la literatura, se han reportado casos de histoplasmosis, leucemia mielógena y linfoma multicéntrico (Turner y col, 2017). Una vez notificada la alteración en el tamaño del bazo, se informó a los propietarios dichos resultados, sin embargo, decidieron no continuar con el proceso diagnóstico, siendo sugerido el ultrasonido abdominal como siguiente paso.

Otra limitante al realizar la interpretación radiográfica de cada estudio fue la poca información que existe de la anatomía radiológica normal de la columna vertebral del erizo pigmeo africano. Sumado a ello, el presente estudio no permitió obtener datos de anatomía radiográfica normal del erizo sano, pues el ejemplar que inicialmente se designó como “sano”, presentó alteraciones radiográficas en la columna vertebral. No obstante, dicha limitante permite sugerir y brindar la oportunidad para la realización de investigaciones futuras al respecto.

A pesar de las limitantes existentes en el presente estudio para la confirmación del diagnóstico en el ECA, el estudio radiográfico de columna vertebral por segmentos facilitó la orientación del diagnóstico, pues de acuerdo con diversos autores, la radiografía es una herramienta útil para la evaluación de huesos, y en menor medida, de los tejidos blandos. Sin embargo, pese al valor que tiene esta herramienta diagnóstica para el estudio de algunas patologías espinales, éstas deben de complementarse con otros procedimientos diagnósticos (Palgrave, 2012; Olby y Thrall, 2012; Fernández y col, 2004). Por tal motivo, se deja abierta la posibilidad de realizar estudios de imagenología avanzada para la confirmación y/o complementación del diagnóstico en el erizo con ataxia.

En el presente estudio se sugiere la realización de estudios complementarios, como lo son el hemograma y la bioquímica sanguínea; la ecografía abdominal y la resonancia magnética. Dichas pruebas no pudieron realizarse en los ejemplares.

Las enfermedades tegumentarias, gastrointestinales, neoplásicas son las más encontradas en el erizo pigmeo africano de vida libre, mientras que en cautiverio se observan más las neoplásicas, gastrointestinales y neurológicas. Esto se debe a que se especula que el aumento de la esperanza de vida en cautiverio conduce al aumento en presentación de enfermedades observadas en esta especie de mascota (Keeble y Koterwas, 2020).

Por tales motivos, no se descarta que las condiciones de confinamiento intervengan en el incremento de la presentación de patologías nerviosas como lo es el WHS, ya que los hábitos de los erizos bajo el cuidado humano se ven alterados. Además de que se desconoce la existencia de esta enfermedad en erizos de vida libre, pues la

etiología es aún desconocida, sin embargo, se asocia a la genética del erizo pigmeo africano en condiciones de cautiverio como mascota (Ivey y Carpenter, 2011).

11.0 Conclusiones

El estudio radiográfico de los diferentes segmentos vertebrales es una herramienta que permite identificar alteraciones radiográficas de la columna vertebral en el erizo. No obstante, el estudio radiográfico de cuerpo completo también brinda la información necesaria para orientar el diagnóstico del erizo con ataxia.

Los hallazgos radiográficos del erizo con ataxia observados en la columna vertebral del erizo pigmeo africano con ataxia fueron: disminución del espacio intervertebral cervical, espondilosis ventral cervical, escoliosis del segmento cervicotorácico y espondilosis de placas terminales craneales y caudales.

No se obtuvieron datos que aporten la anatomía radiográfica normal en un erizo sano.

La radiografía es una herramienta muy útil para orientar el diagnóstico en el erizo pigmeo africano con ataxia, además de que, al ser un animal de pequeña escala, facilita la visualización de toda la columna vertebral en una sola proyección. El estudio radiográfico de los diferentes segmentos vertebrales es igualmente útil, sin embargo, implica mayor tiempo anestésico y exposición a radiación.

Dado que existe información limitada respecto a la anatomía normal radiográfica de la columna vertebral del erizo se queda abierta la posibilidad de realizar futuras investigaciones, así como el desarrollo de técnicas de imagenología avanzada en esta especie.

12.0 Referencias

1. Astudillo, M.; et al. *Caracterización ecográfica del sistema reproductor de machos y hembras de erizo pigmeo africano (Atelerix albiventris)*. FCV-LUZ. 2017; 27(1), 328-335.
2. Bárcenas, D.C.; Gordillo, V. *Hallazgos radiográficos torácicos, en caninos en caninos de la clínica veterinaria USL desde 2002 al 2001*. 2014 [Tesis de trabajo de grado] Universidad de la Salle.
3. Berg, C.C.; Doss, G.A.; Guevar, J. *Neurologic examination of healthy adult African pygmy hedgehogs (Atelerix albiventris)*. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2021; 258 (9): 971-976.
4. Carpenter, J.W.; Marion, C. *Exotic Animal Formulary*. 2017; Saunders. 5ta. Ed: 620-641.
5. Capello, V.; Lennox, A.M.; *Clinical Radiology of Exotic Companion Mammals*. 2008; WILEY-Blackwell. 1ra. Ed: 1206-1217.
6. Davies, J.V. Capítulo 2: Radiología. 2012. En *Manual de Alteraciones musculoesqueléticas en pequeños animales*. 2012; LEXUS, 3ra. Ed.: 13-31.
7. Díaz Delgado, J.; Whitley D.B.; Stors R.W. et al. *The Pathology of Wobbly Hedgehog Syndrome*. Vet Pathol 2018; 55: 711-718.
8. Fernández, T.; López, M. *Diagnóstico por imagen de la enfermedad discal intervertebral*. AVEPA. 2004; 24(1): 17-26.
9. Gardhouse, S.; Eshar, D. *Retrospective Study of Disease Occurrence in Captive African Pygmy Hedgehogs (Atelerix albiventris)*. Israel Journal of Veterinary Medicine. 2015; 70(1): 32-36.
10. Garosi, L. Cap 1 *El examen neurológico*. En *Manual de neurología en pequeños animales*. 2012; LEXUS, 3ra. Ed.: 1-29.
11. Greasser, D.; Spraker, T.R.; et al. *Wobbly Hedgehog Syndrome in African Pygmy Hedgehogs (Atelerix spp)*. Journal of Exotic Pet Medicine. 2006; 15 (1): 59-65.

12. Heatley, J.J. Cap. 16 *Hedgehogs*. En *Manual of Exotic Pet Practice*. 2008; Elsevier, 1ra. Ed.: 433-455.
13. Ivey, E.; Carpenter J.W. Cap. 30 *African Hedgehogs*. En *Ferrets, Rabbits and Rodents*. 2011; Elsevier, 3ra. Ed.: 411-427.
14. James, T.R.; Aguilar, R.; Dunker, F. et al. *Intervertebral Disc Disease in African Hedgehogs (Atelerix albiventris): Four Cases*. *Journal of Exotic Pet Medicine* 2009; 18(3): 220-223.
15. Kealy, J.K; McAllister, H.; Graham, J.P.; Cap 1 *The Radiography*. En *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*. 2011; Elsevier, 5ta. Ed.:1-22
16. Kealy, J.K; McAllister, H.; Graham, J.P.; Cap 5 *The Skull and Vertebral Column*. En *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*. 2011; Elsevier, 5ta. Ed.:447-541.
17. Keeble, E.; Koterwas, B. *Selected Emerging Diseases of Pet Hedgehogs*. *Journal of Exotic Pet Medicine* 2020; 23: 442-458.
18. Ludewing, E.; Pees, M.; et al. *Clinical technique: Digital radiography in exotic pets – Important practical differences compared with traditional radiography*. *Journal of Exotic Pet Medicine*. 2012; 21: 71-79.
19. Olby, N.J.; Thrall, D.E. Cap 5 *Neurorradiología*. En *Manual de neurología en pequeños animales*. 2012; LEXUS, 3ra. Ed.: 95-112.
20. Ozcete, E.; Boydak, B.; et al. *Comparison of Conventional Radiography and Digital Computerized Radiography in Patients Presenting to Emergency Department*. *Emergency Medicine Association of Turkey*. 2015; 15 (1): 8-14.
21. Palgrave, K. *Radiography in veterinary practice*. *Veterinary Nursing Journal*. 2012; 27: 51-55.
22. Pei-Chi, H.; Jei-Fang, Y. et al. *A retrospective study of medical status on 63 african hedgehogs (Atelerix albiventris) at the taipei zoo from 2003 to 2011*. *Journal of Exotic Pet Medicine*. 2015; 24: 105-111

23. Pérez, M.; Verde, M.T.; Unzueta, A. *Lesiones radiográficas y participación de factores individuales en la espondilosis deformante y la esclerosis vertebral en perros*. AVEPA. 2003; 23 (1): 18-24.
24. Reyes, A.; Méndez, A.; et al. *Osteosarcoma in African Hedgehog (Atelerix albiventris); Five cases*. Journal of ZOO and Wildlife Medicine. 2017; 48 (2): 453-460.
25. Rodríguez, M.G. *Manual de Radiología en animales de fauna silvestre y exótico*. Tesis para Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Cooperativa de Colombia. 2020.
26. Santana, E. M.; Jantz, H. E.; Best, T. L. *Atelerix albiventris (Erinaceomorpha: Erinaceidae)*. Mammalian Species 2010; 42(857): 99-110.
27. Santoscoy, E.C.: *Ortopedia, neurología y rehabilitación en pequeñas especies: Perros y gatos*. 2008; Manual Moderno.: 369-380.
28. Stornelli, M.A.; Luzbel, R. *Manual de reproducción de animales de producción y compañía*. 2016. Ed. EDULP: 298-300.
29. Thrall, D.E.; Berry, C.R.; Love, N.E.; Cap 5 *Introducción a la interpretación radiológica*. En *Diagnóstico Radiológico*. 2008; Elsevier, 4ta. Ed.: 42-56.
30. Turner, P.V.; Brash, M.L.; Smith, D.A.; Cap. 9 *Hedgehogs*. En *Pathology of Small Mammal Pets*. 2018; WILEY Blackwell, 1ra. Ed.: 387-416.