

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**CARACTERIZACIÓN CARDIOLÓGICA EN HURONES (*MUSTELA PUTORIUS  
FURO*) CLÍNICAMENTE SANOS Y CONSCIENTES**

**por**

**Mariana AMARO  
Andrea FONSECA**

TESIS DE GRADO presentada como uno  
de los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD Trabajo de Investigación

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2020**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

---

Dr. Martín Lima

Segundo miembro (Tutor):

---

Dr. Alejandro Benech

Tercer miembro:

---

Dra. Alicia Dib

Cuarto miembro (Co-Tutor/a):

---

Dra. Natalie Ruiz

Fecha:

15 de Mayo de 2020

Autores:

---

Br. Mariana Amaro

---

Br. Andrea Fonseca

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro tutor, Dr. Alejandro Benech, por acercarnos la oportunidad de emprender este nuevo desafío, como es el trabajo con hurones. Agradecemos su paciencia, predisposición y gran compromiso a lo largo de esta investigación.

A nuestra co-tutora, Dra. Natalie Ruiz, quien también formó parte de este emprendimiento y siempre nos brindó su apoyo.

Al equipo de Radiología y de Biblioteca de Facultad de Veterinaria, por su excelente disposición y colaboración.

A todas las personas propietarias que permitieron que este proyecto se pudiera realizar, al llevar su mascota al Centro Hospital Veterinario y colaborar con la realización de los procedimientos.

A nuestras parejas y familias por ser los principales motores en nuestro anhelo de ser veterinarias, y por su incansable apoyo en el transcurso de todos estos años de carrera. Sin su ayuda no habríamos llegado tan lejos.

A la hinchada, nuestras amistades y compañeros por alentarnos siempre.

Y a cada animal sobre la Tierra, que nos inspiraron e inspiran día a día para mejorar y crecer como futuras profesionales. Deseamos, algún día, poder devolverles un poquito de esa paz que nos transmiten, a través de nuestros conocimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

## PÁGINA

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1. Examen cardiológico en hurones .....	13
2.1.1. Auscultación .....	13
2.1.2. Radiografía .....	13
2.1.3. Electrocardiograma.....	15
2.1.4. Ecocardiografía.....	18
2.2. Presentación clínica de las cardiopatías.....	21
2.3. Breve descripción de las principales enfermedades .....	21
2.3.1. Cardiomiopatía dilatada (CMD).....	21
2.3.2. Valvulopatía mitral adquirida (VMA).....	22
2.3.3. Cardiomiopatía hipertrófica (CMH).....	22
2.3.4. Dirofilariasis .....	22
2.3.5. Arritmias y trastornos de la conducción.....	22
3. HIPÓTESIS .....	24
4. OBJETIVOS .....	25
4.1. Objetivo general .....	25
4.2. Objetivos específicos .....	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
5.1. Animales y manejo .....	26
5.2. Auscultación.....	26
5.3. Radiografía.....	26
5.4. Electrocardiograma .....	28
5.5. Ecocardiografía .....	28
5.6. Análisis estadístico.....	30
6. RESULTADOS .....	31
6.1. Peso.....	31
6.2. Auscultación.....	31
6.3. Radiografía.....	31
6.4. Electrocardiograma .....	33
6.5. Ecocardiografía .....	34
7. DISCUSIÓN.....	36
7.1. Auscultación.....	36
7.2. Radiografía.....	36
7.3. Electrocardiograma .....	38
7.4. Ecocardiografía .....	39

8. EJEMPLO DE UN CASO CLÍNICO.....	42
9. CONCLUSIONES.....	44
10. BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Incidencia de tórax VD y LL.....	pág 14
Figura 2. Registro electrocardiográfico normal.....	pág 16
Figura 3. Derivadas bipolares I, II, III y derivadas monopolares aVR, aVL y aVF.....	pág 17
Figura 4. Foto de hurón hembra durante la ecocardiografía.....	pág 18
Figura 5. Imagen ecocardiográfica en modo M.....	pág 19
Figura 6. Incidencia radiográfica de perfil.....	pág 27
Figura 7. Incidencia radiográfica de frente.....	pág 27
Figura 8. Foto de hurón macho durante impresión electrocardiográfica.....	pág 28
Figura 9. Corte transversal de ventrículo izquierdo en modo bidimensional.....	pág 29
Figura 10. Ecocardiografía de hurón hembra. Parámetros obtenidos en modo M.....	pág 29
Figura 11. Ecocardiografía de hurón macho. Medidas de aorta y atrio izquierdo.....	pág 30
Figura 12. Radiografías de tórax en incidencia LL izquierda de dos hurones.....	pág 32
Figura 13. Registro electrocardiográfico en DII mostrando bloqueo AV de 2° grado.....	pág 39
Figura 14. Registro electrocardiográfico en DII mostrando los CPVs.....	pág 42
Tabla 1. Parámetros radiográficos obtenidos.....	pág 31
Tabla 2. Valores electrocardiográficos obtenidos en DII.....	pág 33
Tabla 3. Parámetros ecocardiográficos obtenidos.....	pág 34
Tabla 4. Índices ecocardiográficos obtenidos.....	pág 35
Tabla 5. Comparación de parámetros radiográficos entre autores.....	pág 37

## LISTA DE ABREVIATURAS

2D	bidimensional
AI	atrio izquierdo
AI/Ao	relación entre atrio izquierdo y raíz de la aorta
Ao	raíz de la aorta
AV	atrioventricular
aVF	derivada unipolar aumentada del miembro posterior izquierdo
aVL	derivada unipolar aumentada del miembro anterior izquierdo
aVR	derivada unipolar aumentada del miembro anterior derecho
CHEA	Comisión Honoraria de Experimentación Animal
cm	centímetros
CMD	cardiomiopatía dilatada
CMH	cardiomiopatía hipertrófica
CPV	complejo prematuro ventricular
cv	cuerpo vertebral
DI	derivada I
DII	derivada II
DIII	derivada III
DE	desvío estándar
DV	dorsoventral
DVld	diámetro ventricular izquierdo en diástole
DVls	diámetro ventricular izquierdo en sístole
ECG	electrocardiograma
EIC	espacio intercostal
EOG	examen objetivo general
FA	fracción de acortamiento
FC	frecuencia cardiaca
FE	fracción de eyección
g	gramos
GC	gasto cardiaco
ICC	insuficiencia cardiaca congestiva
ICV	índice cardiaco vertebral
LL	latero-lateral
lpm	latidos por minuto

m	metros
mA	miliamperio
MAD	miembro anterior derecho
MAI	miembro anterior izquierdo
ml	mililitro
ml/min	mililitro por minuto
mm	milímetro
mm/seg	milímetro por segundo
Modo M	modo monodimensional
MPD	miembro posterior derecho
MPI	miembro posterior izquierdo
mV	milivoltios
PPVId	pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole
PPVIs	pared posterior del ventrículo izquierdo en sístole
S1	primer sonido cardiaco
S2	segundo sonido cardiaco
S3	tercer sonido cardiaco
S4	cuarto sonido cardiaco
SA	sinoatrial
seg	segundos
SIVd	septum interventricular en diástole
SIVs	septum interventricular en sístole
T4	cuarta vértebra torácica
T5	quinta vértebra torácica
T8	octava vertebra torácica
VD	ventrodorsal
VDF	volumen diastólico final
VES	volumen de eyección sistólica
VI	ventrículo izquierdo
VMA	valvulopatía mitral adquirida
VSF	volumen sistólico final



## RESUMEN

Los hurones son mamíferos que pertenecen al orden de los carnívoros y a la familia Mustelidae. Debido al auge que esta especie ha tenido como mascota en los últimos años, se ha incrementado el interés por conocer y determinar las patologías que aparecen más frecuentemente en ellos. Las enfermedades cardíacas como cardiomiopatía dilatada y valvulopatía mitral adquirida son afecciones comunes en hurones de edad media y avanzada. El objetivo de este trabajo fue establecer los parámetros cardiológicos (radiográficos, electrocardiográficos y ecocardiográficos) en hurones conscientes y clínicamente sanos para contar con una base de datos que pueda ser utilizada en la clínica diaria. Además, evaluar si existen diferencias en el peso y entre hembras y machos para los parámetros cardíacos mencionados. En total, se analizaron veinticinco hurones (once hembras y catorce machos) que provenían de casas particulares y criaderos locales de la especie. El protocolo experimental fue realizado en el Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria, UdelaR. Se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre sexos, para el parámetro peso ( $850 \pm 224$  g en hembras;  $1488 \pm 282$  g en machos), lo cual no se vio reflejado en el índice cardíaco vertebral (ICV) obtenido a partir de las radiografías. Acerca del ICV, existió mayor precisión en las medidas tomadas a partir de la incidencia lateral ( $5,10 \pm 0,55$  cv en hembras;  $5,41 \pm 0,37$  cv en machos) que en la de frente. El número de espacios intercostales (EIC) cuya media para todos los ejemplares fue de  $2,28 \pm 0,19$  EIC, es un método subjetivo de gran utilidad práctica. Del total de animales, la gran mayoría presentó ritmo sinusal. Apenas cuatro tuvieron arritmia sinusal respiratoria, la cual es considerada fisiológica en la especie, y solo uno presentó en el ECG, bloqueo atrioventricular de segundo grado, el cual constituye uno de los disturbios en la conducción más frecuentes. Con respecto a la frecuencia cardíaca (FC), registró valores mayores en hembras ( $313 \pm 89$  lpm en hembras;  $236 \pm 48$  lpm en machos). Dentro de los parámetros ecocardiográficos, la fracción de acortamiento (FA) es el índice más importante para evaluar la función del ventrículo izquierdo, se estimó una media de 39 %. La relación atrio izquierdo y aorta (AI/Ao) es un método objetivo esencial a la hora de tomar la decisión de instaurar un tratamiento, para este parámetro se obtuvo una media de 1,33. Si bien fue posible efectuar todos los colaterales en animales conscientes, en algunos casos se presentaron ciertas dificultades para alcanzar una adecuada imagen radiográfica y trazado electrocardiográfico. No obstante, los estudios ecocardiográficos se realizaron sin ningún inconveniente. Se encontró que para los parámetros radiográficos y electrocardiográficos no existen diferencias significativas entre géneros, pero sí para algunos parámetros ecocardiográficos y la FC.

## SUMMARY

Ferrets are mammals and carnivores that belong to the *Mustelidae* family. Due to the predominance of this specie as a pet nowadays, there has been an increasing interest in understanding and determining the most frequent pathologies they present. Heart disease such as dilated cardiomyopathy and acquired mitral valve disease are common conditions in middle age and older ferrets. Given this situation, this dissertation aims to investigate the cardiac parameters (radiographic, electrocardiographic, and echocardiographic) in clinically healthy and conscious ferrets, in order to have a database that can be used in the daily clinic. Another objective is to evaluate if there are differences in weight and between females and males for the mentioned parameters. Twenty-five ferrets (eleven females and fourteen males) from private houses and local shelters were analyzed. The experimental protocol was carried out at the Veterinary Hospital Center of the Veterinary Faculty, UdelaR. Significant differences ( $p < 0.01$ ) between sexes were shown for the weight parameter ( $850 \pm 224$  g in females;  $1488 \pm 282$  g in males), which was not reflected in the vertebral heart score (VHS) obtained from the radiographs. Regarding the VHS, there was greater precision in the measurements taken from the lateral side ( $5.10 \pm 0.55$  v in females;  $5.41 \pm 0.37$  v in males) than from the front side. The mean number of intercostal spaces (ICS) of the specimens was  $2.28 \pm 0.19$  ICS; it is a subjective method of great practical utility. The vast majority of the animals analyzed presented sinus rhythm. Only four had respiratory sinus arrhythmia, which is considered physiological in this species, and only one presented on the ECG second-degree atrioventricular block, which is one of the most frequent conduction disturbances. Regarding heart rate (HR), higher values were registered in females ( $313 \pm 89$  bpm in females;  $236 \pm 48$  bpm in males). Within the echocardiographic parameters, the shortening fraction (FS) is the most important index to evaluate left ventricular function, an average of 39 % was estimated. The left atrium and aorta ratio (LA/Ao) is an essential objective method when deciding on implementing a treatment, for this parameter an average of 1.33 was obtained. Even though it was possible to carry out all the tests in conscious animals, in some cases there were certain difficulties to achieve an adequate radiographic image and electrocardiographic tracing. However, echocardiographic studies were carried out without any issues. As a result, it was found that for radiographic and electrocardiographic parameters there are no significant differences between sexes, but there are for some echocardiographic parameters and HR.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los hurones son mamíferos que pertenecen al orden de los carnívoros y a la familia *Mustelidae* (Gad, 2016; Jiménez et al., 2009). La familia *Mustelidae* incluye veintitrés géneros. Entre estos géneros se encuentra el *Mustela*, que se divide, a su vez, en cinco subgéneros: *Mustela* (comadreja), *Grammogale* (comadreja sudamericana), *Lutreola* (visón europeo), *Vison* (visón americano), y *Putorius* (hurón) (Fox & Marini, 2014). En cuanto a la diversidad de especies, existen tres para el caso de los hurones salvajes -también conocidos como turones en Europa y Asia-: el turón europeo (*Mustela putorius*), el turón de la estepa (*Mustela eversmanni*) de Eurasia, y el hurón patinegro (*Mustela nigripes*) de Norteamérica (Quesenberry & Carpenter, 2012).

Se cree que a partir del turón europeo (*Mustela putorius*) o turón de la estepa (*Mustela eversmanni*) surge la utilización del hurón como animal de compañía, al cual se le denomina *Mustela putorius furo* (Kiefer & Johnson, 2005). Este nombre proviene del latín, lengua en la que *Mustela* significa “ratón”, debido a su alimentación; *putorius* significa “olor pútrido”, por su peculiar olor; y *furo* significa “ladrón”, lo que refiere a las características típicas de este animal al rastrear, indagar y cazar (Quesenberry & Carpenter, 2012).

Hace aproximadamente 2000 años, los hurones fueron domesticados alrededor del Mediterráneo, con el fin de incorporarlos a la caza de conejos y roedores. Los cazadores encontraron en su cuerpo largo y estilizado una oportunidad para seguir a la presa e ingresar en las madrigueras. Si bien el origen del hurón, hasta la actualidad, todavía es un misterio, existen diversas hipótesis que indican que los Romanos, Griegos y Egipcios participaron en el proceso de domesticación (Lewington, 2007). Los grandes filósofos griegos mencionaron a estos animales en sus escritos; fue Aristóteles quien describió detalladamente, por primera vez, un ejemplar, en el año 350 a.C. (Thomson, 1951).

Los hurones aún se emplean en actividades de caza, en algunos países, también se crían para obtener su piel y como animales de laboratorio. Sin embargo, su principal rol, en el presente, es el de animal de compañía (Johnson-Delaney, 2017). En Estados Unidos se reporta su uso como mascota desde hace 300 años (Quesenberry & Carpenter, 2012). Actualmente, se estima que existen aproximadamente diez millones de hurones en esa condición (Lewington, 2007; Jurek, 1998), lo que lo convierte en el tercer mamífero más popular utilizado como mascota en dicho país (Johnson-Delaney, 2017; Jurek, 1998). Además, como esta especie tiene muchas similitudes anatómicas, metabólicas y fisiológicas con los humanos, son importantes modelos de estudio. Han sido utilizados en investigaciones biomédicas tales como estudios cardiopulmonares, neurológicos y gastrointestinales desde principios del siglo XX (Gad, 2016).

Se ha constatado que la mayoría de los hurones viven entre cinco y ocho años (Kiefer & Johnson, 2005), aunque existen registros de algunos especímenes que alcanzaron, incluso, los doce años (Pedrosa, 2015). Por este motivo, los veterinarios de especies exóticas consideran al paciente como adulto mayor a partir de los tres años de edad (Sharman, 2010).

Debido al auge de los hurones como mascotas, se ha incrementado el interés por conocer y determinar las patologías cardíacas que aparecen más frecuentemente en estos animales (Dudás-Györki et al., 2011; Andrews et al., 1979). Estas enfermedades son comunes en hurones de edad media y avanzada (Hoefler, 2006). Además, aquellos que presentan una insuficiencia cardíaca instaurada, con sintomatología asociada, tienen un pronóstico muy grave, con una sobrevida estimada inferior a los seis meses (Díaz, 2014). De este modo, resulta evidente la gran importancia que tiene la detección precoz de una cardiopatía y, para lograrlo, contar con una base de datos que exponga los parámetros normales del corazón de dicha especie.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Examen cardiológico en hurones**

#### **2.1.1. Auscultación**

La auscultación constituye uno de los pasos más valiosos del examen cardiológico por proveer información esencial acerca del corazón y las grandes válvulas, además de las vías aéreas y parénquima pulmonar (Barrios, 2015). De ser posible, el animal debe encontrarse en estación para que el corazón esté en su posición normal. Se debe auscultar el tórax en toda su extensión, de ambos lados, separando los sonidos cardiacos de los pulmonares (Smith et al., 2016).

La auscultación cardiaca debe realizarse bastante caudal en comparación a los otros animales de compañía, entre la sexta y octava costilla (Jiménez et al., 2009). Las áreas tradicionales de auscultación incluyen las válvulas pulmonar y aórtica localizadas en la base del corazón del lado izquierdo, la válvula mitral localizada en el ápex cardiaco del lado izquierdo, y la válvula tricúspide en el hemitórax derecho (Smith et al., 2016).

Los sonidos cardiacos se producen a raíz del flujo sanguíneo turbulento y las vibraciones asociadas en el tejido adyacente durante el ciclo cardiaco. Son clasificados como sonidos transitorios de corta duración y soplos de larga duración (Fox et al., 1999). Los sonidos transitorios son el primer sonido cardiaco (S1), segundo sonido cardiaco (S2), tercer sonido cardiaco (S3) y cuarto sonido cardiaco (S4). El S1 está relacionado con el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares al comienzo de la sístole, y el S2 está asociado con el cierre de las válvulas aórtica y pulmonar al final de la sístole. Ambos tonos son normales, mientras que el S3 y S4 son los tonos diastólicos no audibles en condiciones normales. Cuando se ausculta el S3 o S4, el corazón puede imitar un galope de caballo y de allí la expresión “ritmo de galope” (Nelson & Couto, 2014). Los soplos cardiacos son ruidos que corresponden al flujo turbulento de la sangre y surgen por alteración del flujo laminar. Existen soplos funcionales que cursan con un corazón normal y soplos patológicos debido a cardiopatías (Fox et al., 1999).

La frecuencia cardiaca del hurón es de 200 a 400 latidos por minuto (Morrisey & Johnston, 2018). Es normal detectar arritmia sinusal respiratoria, que provoca drásticas disminuciones de la frecuencia cardiaca durante breves momentos (Heatley, 2006).

#### **2.1.2. Radiografía**

La radiografía de tórax nos brinda información sobre cambios en la silueta cardiaca asociados a diferentes patologías y sus repercusiones en el parénquima pulmonar (Zeeland & Schoemaker, 2015). Para realizar un estudio radiográfico del corazón son necesarias al menos dos incidencias: lateral (izquierda o derecha) y dorsoventral (DV) o ventrodorsal (VD) (Hoefler, 2006).

La cavidad torácica del hurón tiene forma de cono por ser angosta cranealmente y ensancharse hacia caudal. Está compuesta por catorce a quince pares de costillas y nueve esternones (Fox & Marini, 2014). En condiciones normales, la tráquea suele discurrir paralelamente a la columna, con una ligera angulación ventral a partir de la cuarta o quinta vértebra torácica (Riera et al., 2012). La forma alargada de su cuerpo

promueve que el corazón esté posicionado caudalmente dentro del tórax. El corazón normal presenta una forma levemente globoide y se localiza entre el sexto y octavo espacio intercostal (EIC) (Pollock, 2007).

En la proyección radiográfica lateral, el ventrículo derecho se verá ligeramente elevado del esternón debido al acúmulo de grasa alrededor del ligamento, el cual se extiende desde el corazón hacia el esternón. Este hallazgo es normal y no debería confundirse con la presencia de neumotórax (Pollock, 2007). En la incidencia VD, el ápex del corazón se dirige hacia la izquierda de la línea media (Quesenberry & Carpenter, 2012).

El índice cardiaco vertebral (ICV) fue creado por Buchanan en 1991 para diagnosticar agrandamiento de la silueta cardiaca en caninos a través de la radiografía torácica (Buchanan, 1991). Sirve para evaluar objetivamente la silueta cardiaca extrapolando el tamaño del corazón a unidades vertebrales (Buchanan & Bücheler, 1995). Las medidas pueden ser tomadas a partir de las proyecciones radiográficas laterales (izquierda y derecha) y VD o DV, siendo la más precisa la incidencia lateral (Wagner, 2009).

Para la obtención del ICV en caninos, deben trazarse dos ejes: el eje cardiaco mayor desde la base de la carina hasta el ápex cardiaco y el eje cardiaco menor, máximo eje perpendicular al longitudinal en el tercio medio del corazón. Posteriormente, ambos ejes se trasladan hacia la columna vertebral, contando desde la faceta anterior de la cuarta vértebra torácica (T4). Se determina el número de vértebras torácicas que corresponde para cada eje y se suman ambos (Buchanan & Bücheler, 1995).

La técnica fue modificada para medir la silueta cardiaca del hurón, por lo que en esta especie ambos ejes se transponen al inicio del cuerpo de la quinta vértebra torácica (T5) hasta el final de la octava (T8). Se seleccionaron dichas vértebras debido a que cada una mide aproximadamente 1 cm de largo (Quesenberry & Carpenter, 2012). Además, las medidas obtenidas a partir de la vista VD serán comparadas con las vértebras torácicas de dicha incidencia y no con las vértebras de la incidencia lateral como sucede en los caninos (Stepien et al., 1999).

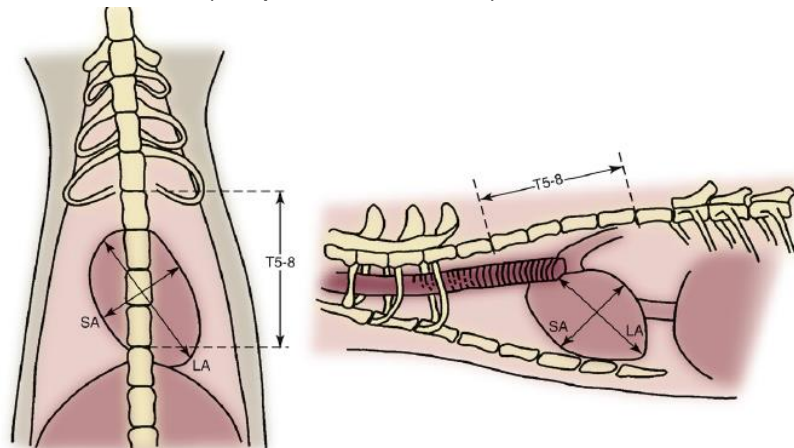


Figura 1. Imagen que muestra las incidencias VD y LL de tórax. Cada una de ellas indica cómo tomar las medidas del eje cardiaco mayor (LA) y menor (SA). Estas medidas serán comparadas proporcionalmente con la distancia entre T5 y T8 para obtener el ICV. Fuente: Quesenberry & Carpenter, 2012.

En la incidencia latero-lateral (LL), la media del ICV en el hurón es de 5,33 cuerpos vertebrales (cv), con un rango de 5,23-5,47 cv. En la incidencia VD la media del ICV es de 6,0 cv, con un rango de 5.73-6.15 cv (Stepien et al., 1999).

El tamaño de la silueta cardíaca también puede evaluarse según el número de EIC que ocupe el eje cardíaco corto, siendo 2,3 EIC lo normal. El número de EIC constituye una medida de evaluación subjetiva de la silueta cardíaca (Wagner, 2009).

Son hallazgos típicos de cardiopatías la cardiomegalia, la elevación traqueal, el edema pulmonar y la efusión pleural (Jiménez et al., 2009).

### **2.1.3. Electrocardiograma**

El electrocardiograma (ECG) es el registro de la actividad eléctrica generada en el músculo cardíaco. Este registro es recogido en la superficie del organismo a través de electrodos y se grafica en voltaje y tiempo durante el ciclo cardíaco (Fox et al., 1999).

Es el método paraclínico ideal para el estudio de las arritmias cardíacas primarias o secundarias a las cardiopatías (Dudás-Györki et al., 2011). Debería ser realizado en todo animal que presente a la auscultación una alteración en el ritmo y/o frecuencia cardíaca (Schoemaker, 2012). Además, puede brindar información sobre agrandamiento de las cámaras, enfermedad miocárdica, isquemia, enfermedad pericárdica, desequilibrios electrolíticos y toxicidades medicamentosas. Es de gran utilidad en la evaluación de tratamientos y pronósticos de ciertas enfermedades y durante el monitoreo anestésico (Nelson & Couto, 2014).

Dado que la maniobra será realizada con el paciente despierto, éste deberá ser sujetado del pliegue del cuello quedando en suspensión. De esta forma, podremos calmar inclusive a aquellos hurones más activos (Rosenthal, 2008). La técnica consiste en colocar electrodos en los pliegues cutáneos de la axila e ingle del paciente y aplicar gel conductor entre ambos para asegurar una mejor conducción. Como la mayoría de los hurones reaccionan negativamente frente al alcohol se recomienda evitar su uso, además, es aconsejable distraerlos con comida palatable y semi-húmeda como ser un paté para felinos o un snack durante el registro (Quesenberry & Carpenter, 2012).

Se debe situar el electrodo rojo en el miembro anterior derecho (MAD), el amarillo en el miembro anterior izquierdo (MAI), el verde en el miembro posterior izquierdo (MPI) y el negro en el miembro posterior derecho (MPD) el cual es utilizado como tierra (Schoemaker & Zandvliet, 2005).

El trazado electrocardiográfico será recogido en un papel termosensible, el cual se traduce en una gráfica cuyo eje vertical corresponde a los milivoltios (mV) y el eje horizontal al tiempo medido en segundos (seg). El electrocardiógrafo puede ser calibrado según la sensibilidad (1mV=1cm) y velocidad (25mm/seg y 50mm/seg) que se desee. Por lo tanto, en el eje de las ordenadas cada cuadrado pequeño de 1mm equivaldrá a 0,1 mV, y en el eje de las abscisas cada cuadrado de 1mm equivaldrá a 0,04 seg a 25mm/seg y 0,02 seg a 50 mm/seg (Filippi & Filippi, 2018).

El impulso eléctrico inicia en el nódulo sinoatrial (SA) quien es el marcapasos fisiológico del corazón. Debido a su ubicación en el atrio derecho (cerca de la

entrada de la vena cava craneal) promueve la despolarización atrial, la cual en el registro electrocardiográfico se corresponde con la onda P. El segmento PQ, también denominado PR, representa el tiempo que demora en llegar el impulso eléctrico desde el nódulo SA al nódulo atrioventricular (AV). El nódulo AV, ubicado en la pared septal del atrio derecho, enlentece la conducción con el fin de darle tiempo al atrio para terminar de descargar la sangre en los ventrículos. Una vez que abandona el nódulo AV, la onda eléctrica adquiere gran velocidad llegando al septum interventricular, donde se localiza el haz de Hiss. El mismo se divide en dos ramas derecha e izquierda, terminando en las fibras de la red de Purkinje. Esto resulta en una rápida despolarización ventricular, y se evidencia en el ECG como el complejo QRS. La onda Q representa el inicio de la despolarización del septum interventricular, la onda R corresponde a la despolarización del ventrículo izquierdo, y la onda S muestra la despolarización de la base del corazón. Finalmente, la onda T representa la repolarización ventricular, y el retraso que existe entre el fin de la despolarización y el comienzo de la repolarización ventricular resulta en el segmento ST (Smith et al., 2016).

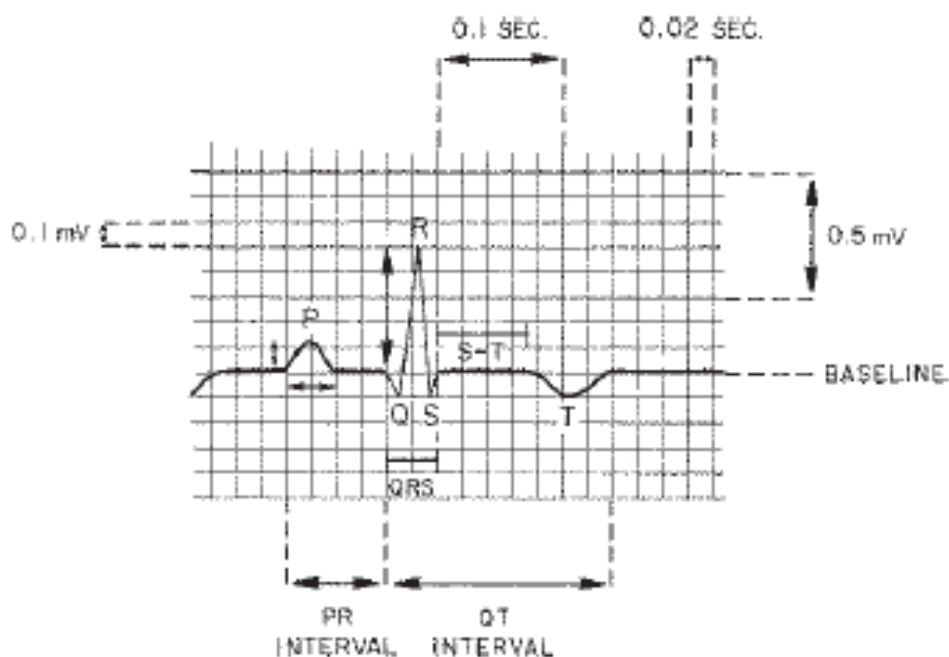


Figura 2. Registro electrocardiográfico normal que muestra las ondas, intervalos y segmentos a una velocidad de 50 mm/seg. Fuente: Smith et al., 2016.

El sistema de derivadas es el registro de la diferencia de potencial eléctrico entre dos electrodos (derivación bipolar) o entre un punto virtual y un electrodo (derivaciones monopares). El sistema de derivadas bipolares está constituido por la derivada I (DI), derivada II (DII) y derivada III (DIII). En DI el MAD se comporta como negativo y el MAI como positivo. La DII estudia la diferencia de potencial eléctrico entre el MAD que se comporta como negativo y el MPI que actúa como positivo. Finalmente, en la DIII el MAI actúa como negativo y el MPI como positivo. Por otra parte, existe el sistema de derivadas unipolares aVR donde el MAD se comporta como positivo, aVL donde el MAI se comporta como positivo, y aVF donde el MPI se comporta como positivo (Zandvliet, 2005).



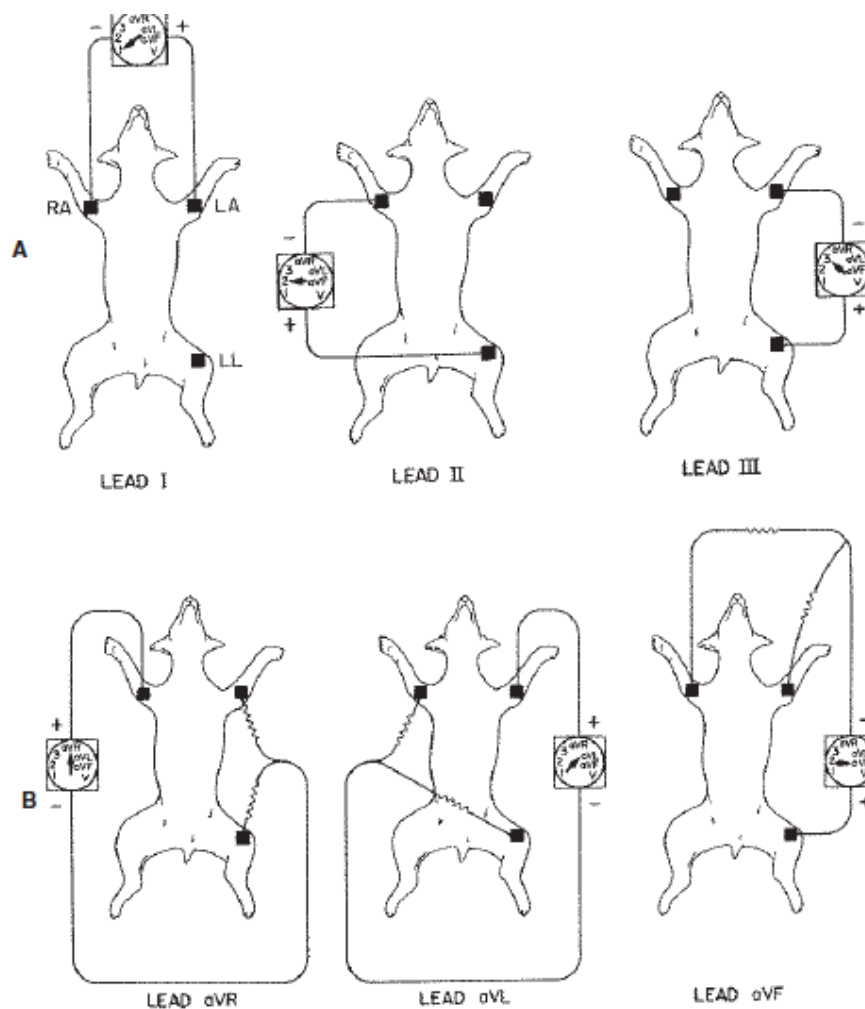


Figura 3. A. Derivadas bipolares I, II, III. B. Derivadas monopolares aVR, aVL y aVF. Fuente: Smith et al., 2016.

Cada derivación tiene un polo positivo y otro negativo, cuando la onda de despolarización viaja hacia el polo positivo en el ECG se visualiza una deflexión positiva, por el contrario, si se aleja del polo positivo se registrará una deflexión negativa (Nelson & Couto, 2014).

La frecuencia cardíaca puede ser calculada contando el número de complejos QRS en 3 o 6 segundos y multiplicando el resultado por 20 o 10 respectivamente. Existe otra forma, contando el número de cuadraditos entre una onda R y la siguiente onda R y dividiendo entre 3000 si la velocidad del papel es de 50 mm/seg o 1500 si la velocidad del papel es de 25 mm/seg (Zandvliet, 2005).

El ECG del hurón tiene ciertas similitudes con el ECG de las especies convencionales. La onda P normalmente es pequeña como la del gato, mientras que al igual que el perro la onda R es alta y ambos pueden presentar arritmia sinusal (Lewington, 2007).

#### 2.1.4. Ecocardiografía

La ecocardiografía, actualmente, es considerada una prueba diagnóstica imprescindible para el estudio cardiaco (Stamoulis, 1995). Es el método más adecuado para detectar cambios funcionales y morfológicos del corazón y evaluar las estructuras circundantes al mismo (Dudás-Györki et al., 2011). Consiste en ondas sonoras pulsadas de alta frecuencia que sufren fenómenos de reflexión, refracción y absorción en los diferentes tejidos corporales. Aquella parte reflejada, será detectada y procesada por el transductor, que actúa como receptor creando una imagen en el monitor (Boon, 2011).

Desde la aplicación de la ecocardiografía, la estandarización de las medidas de los parámetros ecocardiográficos ha permitido confeccionar tablas en individuos sanos de diversas especies incluyendo al perro y el gato (Pipers et al., 1979, Thomas et al., 1993), entre otros. Existen algunos trabajos sobre su utilización en hurones anestesiados (Stepien et al., 2000; Vastenburg et al., 2004) y también despiertos (Dudás-Györki et al., 2011; Boonyapakorn, 2007).

Con el animal en decúbito lateral derecho sobre una mesa de estudio ecocardiográfico o en suspensión, sujetado por un ayudante, se aplica gel conductor a los efectos de evitar el aire entre el transductor y la piel. Se debe colocar el transductor donde se perciba el choque de punta e ir moviendo el mismo hasta encontrar una ventana acústica que permita visualizar correctamente la imagen (Dudás-Györki et al., 2011).



Figura 4. Foto realizando la ecocardiografía a un hurón hembra de 1200 g y 1 año de edad mientras es sostenida por su propietaria. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

Existen tres tipos de ecocardiografía: monodimensional (modo M), bidimensional (2D) y Doppler (Zeeland & Schoemaker, 2015). El modo M fue la primera modalidad de estudio ultrasonográfico y se refiere al modo en movimiento, en un plano monodimensional. Un único haz de ultrasonido atraviesa las diferentes estructuras y

muestra cómo esas estructuras varían a lo largo del tiempo. Sus ondas de alta frecuencia permiten observar estructuras muy pequeñas en movimiento (Smith et al., 2016). Es útil para determinar el grosor de las paredes, el tamaño de las cavidades y cómo varían sus dimensiones durante el ciclo cardiaco (Wagner, 2009). La imagen en modo M resultante muestra la profundidad a través del corazón en el eje Y y el tiempo en el eje X. A partir de las medidas obtenidas se pueden calcular los índices de función sistólica (Stamoulis, 1995).

El modo bidimensional o 2D es el método más utilizado en la clínica veterinaria. La sonda envía múltiples haces de ultrasonidos los cuales chocan contra las diversas estructuras cardiacas, los ecos reflejados serán visualizados en la pantalla como una imagen. Permite realizar múltiples cortes cardiológicos para evaluar el tamaño, forma y función de las cámaras cardiacas (Nelson & Couto, 2014).

Por último, el doppler permite ver y medir el flujo de la sangre a través del corazón y vasos (Schoemaker, 2012).

Es posible realizar múltiples cortes transversales y longitudinales para evaluar las diferentes cámaras junto con los grandes vasos y válvulas. Cuando se coloca el transductor en la zona paraesternal derecha, a nivel de los músculos papilares, se obtiene un corte transversal del ventrículo izquierdo (VI). A partir de este corte, se pueden obtener imágenes en modo M que permiten estudiar las paredes, su grosor y las dimensiones de las cámaras. La cavidad ventricular aparece entre el septum interventricular (SIV) y la pared posterior del ventrículo izquierdo (PPVI). Durante la sístole se produce un engrosamiento del miocardio septal y de la PPVI, que se evidencia con una disminución del diámetro ventricular, denominado espesor sistólico (DVIs). El DVIs se mide para evaluar la función del VI. Durante el llenado ventricular se produce un aumento progresivo del tamaño ventricular, de allí se obtiene el espesor diastólico (DVId). Esta medida permite diagnosticar alteraciones de la pared y/o septum (Boon, 2011).

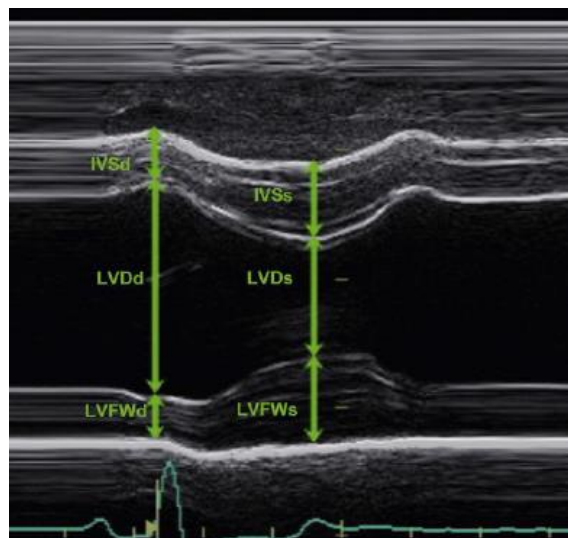


Figura 5. Imagen en modo M a nivel de los músculos papilares indicando cómo tomar las diferentes medidas al final de la diástole y final de la sístole. Se visualiza el septum interventricular en diástole y sístole (IVSd, IVSs), el diámetro ventricular izquierdo en diástole y sístole (LVDd, LVDs), y la pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole y sístole (PPVId, PPVIs). Fuente: Smith et al., 2016.

La frecuencia cardiaca (FC) está determinada por la despolarización espontánea del nódulo SA, no obstante puede ser influenciada por estímulos externos. Dicho parámetro corresponde al número de contracciones por unidad de tiempo (un minuto), se puede obtener a partir del corte mencionado anteriormente en modo M, tomando como referencia tres ciclos cardiacos (Fox et al., 1998).

A partir de estas mediciones se realizan cálculos para determinar los índices estimativos con el fin de valorar el funcionamiento miocárdico como el volumen de eyección sistólica (VES), el volumen diastólico final del VI (VDF), el volumen sistólico final del VI (VSF), la fracción de acortamiento del VI (FA), la fracción de eyección del VI (FE) y el gasto cardiaco (GC) (Boon, 2011).

El VES se define como la cantidad de sangre que expulsa el VI en cada sístole y se expresa en ml de sangre por latido cardiaco. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{VES} = \text{VDF} - \text{VSF}$$

El VDF también conocido como volumen telediastólico, hace referencia al volumen sanguíneo que llena el ventrículo izquierdo del corazón al final de la diástole y justo antes de que comience la sístole.

El VSF o volumen telesistólico equivale a la cantidad de sangre que queda en el ventrículo del corazón al finalizar la sístole (García-Sacristán et al., 1995).

La FE corresponde al porcentaje de sangre expulsada a través del VI en cada sístole. Su valor se expresa en porcentaje.

$$\text{FE} = \frac{\text{VDF} - \text{VSF}}{\text{VDF}} \times 100$$

La FA es el índice más importante para evaluar la función del VI. Es el cambio de la dimensión ventricular izquierda desde la diástole hasta la sístole, por lo que evalúa la capacidad de contracción de ese ventrículo y se expresa en porcentaje (Fox et al., 1998).

$$\text{FA} = \frac{\text{DVI}_d - \text{DVI}_s}{\text{DVI}_d} \times 100$$

El GC corresponde a la cantidad de sangre expulsada del ventrículo izquierdo en un minuto (Hall, 2016).

$$\text{GC} = \text{VES} \times \text{FC}$$

Se puede realizar otro corte colocando el transductor en la zona paraesternal derecha para obtener una sección transversal a nivel de la base del atrio izquierdo (AI) y raíz de la aorta (Ao). A través de estas medidas, se evaluará la relación entre el AI y Ao (AI/Ao), la cual en perros y gatos, usualmente, es menor a 1,6. Por lo tanto, valores mayores a 1,6 indicarían dilatación del AI (Smith et al., 2016). Según Vastenburg et al. (2004) la relación AI/Ao para los hurones puede ir de 1,0 a 1,8. Esta técnica es de gran importancia ya que nos sirve para confirmar si amerita un tratamiento en pacientes asintomáticos.

## **2.2. Presentación clínica de las cardiopatías**

La presentación clínica de una patología cardíaca dependerá del tipo de cardiopatía y de la etapa de la enfermedad en que se encuentre el animal. Muchos de los signos clínicos observados serán inespecíficos, tales como: anorexia, pérdida de peso, letargia, intolerancia al ejercicio y debilidad de miembros posteriores (Heatley, 2007).

Puede observarse taquipnea y/o disnea, más aún, frente a la presencia de efusión torácica y edema de pulmón. La presencia de tos es rara (Raftery, 2010; Pollock, 2007). Otros síntomas son mucosas pálidas o cianóticas, tiempo de llenado capilar aumentado, pulso débil o irregular, soplo cardíaco, bradicardia, taquicardia, arritmia, ruidos cardíacos apagados y síncope (Wagner, 2009).

La hepatomegalia y esplenomegalia aparecen como consecuencia de una insuficiencia cardíaca congestiva (ICC). La ascitis no es muy común (Raftery, 2010).

## **2.3. Breve descripción de las principales enfermedades**

Las patologías cardíacas se agrupan en desórdenes congénitos, enfermedades cardíacas adquiridas, arritmias y disturbios de la conducción (Schoemaker, 2012). La cardiomiopatía dilatada (CMD), es la afección cardíaca más frecuente en esta especie, sin embargo también han sido diagnosticadas la cardiomiopatía hipertrófica (CMH) y la enfermedad valvular (Wagner, 2009; Heatley, 2006; Hofer, 2006; Lipman et al., 1987). Aunque la dirofilaria no está diagnosticada en nuestro país, diferentes autores coinciden en que los hurones son muy susceptibles a esta parasitosis (Pollock, 2007; Hofer, 2006; Parrot et al., 1984).

### **2.3.1. Cardiomiopatía dilatada (CMD)**

La CMD es una enfermedad insidiosa en esta especie, el mayor daño cardíaco ocurre mucho antes que el propietario note que su mascota está enferma (Riera et al., 2012). Se caracteriza por una reducción de la contractilidad miocárdica, con arritmias o sin ellas, ya que esta enfermedad provoca la muerte de las fibras musculares cardíacas y su reemplazo por tejido de cicatrización. Este tejido no posee la habilidad de conducir los impulsos eléctricos o de contraerse como los cardiomiocitos normales. A medida que se pierden más miofibrillas, el corazón se vuelve más débil y no puede bombear la sangre eficientemente (Fox et al., 1999). Esto resulta en los hallazgos clínicos característicos, corazón de tamaño aumentado y falla cardíaca congestiva (Heatley, 2006; Williams, 1998).

La mayoría de los casos se consideran primarios o idiopáticos, aunque su desarrollo puede estar relacionado con factores genéticos y nutricionales (Wagner, 2009). Generalmente, los especímenes que se ven afectados sobrepasan los tres años de vida (Hofer, 2006). Los síntomas más frecuentes son anorexia, disnea, tos y ascitis (Wagner, 2009). La radiografía revela cardiomegalia, edema pulmonar y efusión pleural, sin embargo el método diagnóstico por excelencia es la ecocardiografía, la cual muestra agrandamiento atrial y ventricular, con las paredes más finas y una pobre funcionalidad ventricular. En casos de gravedad avanzada, se puede apreciar regurgitación de las válvulas mitral y tricúspide secundaria a la dilatación del anillo valvular (Malakoff et al., 2012; Riera et al., 2012; Hildebrandt & Schneider, 2009). Se ha constatado una sobrevida de tres a nueve meses luego de instaurado el tratamiento (Hildebrandt & Schneider, 2009).

Si bien la bibliografía suele describir a la CMD como la patología cardíaca más frecuente en el hurón, en uno de los últimos trabajos publicados en hurones, donde se evaluaron 95 ejemplares, encontraron una disminución de la prevalencia de esta afección con un incremento de las alteraciones valvulares. Dichos autores, atribuyeron esto a un posible cambio en la genética de las razas utilizadas en los criaderos o modificaciones en el manejo del animal como ser la nutrición (Malakoff et al., 2012).

### **2.3.2. Valvulopatía mitral adquirida (VMA)**

La VMA es la segunda enfermedad cardíaca más común en hurones. Su etiología es desconocida y consiste en una degeneración de las valvas y cuerdas tendíneas en animales de mediana edad (Wagner, 2009). El hallazgo más consistente es un soplo holosistólico, encontrado usualmente a la auscultación del lado izquierdo en la zona apical. Los signos clínicos son muy variables, los pacientes suelen manifestar signos de disnea por colecta pleural o edema (Stamoulis, 1995).

La ecocardiografía constituye el colateral más importante para su diagnóstico (Johnson-Delaney, 2017). Para el tratamiento se deberá intentar disminuir el acúmulo de líquido y disminuir la insuficiencia valvular (Barrios, 2015).

En la investigación publicada por Malakoff et al. (2012), de 95 casos evaluados, más de la mitad de los animales presentaron defectos en el aparato valvular. La gran mayoría de los casos se dividieron entre alteraciones en la válvula aórtica y mitral.

### **2.3.3. Cardiomiopatía hipertrófica (CMH)**

La CMH consiste en un engrosamiento de la masa miocárdica del ventrículo izquierdo que impide el correcto llenado del mismo en la fase diastólica (Stamoulis, 1995). La etiología de la CMH en hurones es desconocida, pero se sabe que no está relacionada al hipertiroidismo o a la hipertensión como en el gato (Hoefler, 2006).

Los signos clínicos pueden ser tan ambiguos como letargia o llegar a la muerte súbita. La auscultación puede detectar taquicardia, arritmias o soplos. Radiográficamente puede no haber cardiomegalia, por tal motivo el diagnóstico definitivo se realiza mediante ecocardiografía (Wagner, 2009; Hoefler, 2006).

### **2.3.4. Dirofilariasis**

Aunque la *Dirofilaria immitis* no se ha diagnosticado en Uruguay, los hurones son susceptibles a padecer filariasis (Hoefler, 2006; Parrot et al., 1984). El pequeño tamaño del corazón en esta especie hace que un bajo número de parásitos (dos o tres), sea suficiente para producir una insuficiencia cardíaca. La evaluación ecocardiográfica puede revelar la presencia de los nematodos en la cavidad derecha o vena cava (Hoefler, 2006; Sasai et al., 2000).

### **2.3.5. Arritmias y trastornos de la conducción**

Las arritmias y los trastornos de la conducción ocurren debido a alteraciones en la conducción eléctrica del corazón. Estos derivan en anomalías de la FC (bradicardia, taquicardia), del ritmo (arritmias atriales y ventriculares) o de la transmisión del impulso (bloqueo AV de primer, segundo y tercer grado) (Johnson-Delaney, 2017).

La arritmia sinusal respiratoria es un acontecimiento fisiológico tanto en el hurón como en el perro (Zandvliet, 2005). Las anormalidades más frecuentes en el ECG de los hurones son los bloqueos AV de segundo y tercer grado (Zeeland & Schoemaker, 2015; Hofer, 2006). No obstante, el bloqueo AV de segundo grado ha sido reportado como un hallazgo normal en hurones saludables (Zeeland & Schoemaker, 2015; Quesenberry & Carpenter, 2012).

El método colateral ideal para el diagnóstico de estos disturbios es el ECG, se recomienda realizarlo sobre todo en aquellos animales cuya auscultación haya evidenciado ritmos irregulares (Filippi & Filippi, 2018).

### **3. HIPÓTESIS**

Las hipótesis que nos planteamos para el presente trabajo son:

- I. En el caso de los hurones, la diferencia de tamaño corporal entre hembras y machos determina que los parámetros cardiológicos radiográficos, electrocardiográficos y ecocardiográficos sean diferentes, ya que los mismos son dependientes del tamaño del animal.
- II. Tal como ocurre en el perro y el gato, el hurón puede presentar alteraciones cardiológicas subclínicas, sin manifestaciones clínicas, que son detectadas con los colaterales específicos.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Establecer los parámetros cardiacos radiológicos, electrocardiográficos y ecocardiográficos en hurones conscientes y clínicamente sanos.

### **4.2. Objetivos específicos**

- I. Determinar si existen diferencias en el peso entre hembras y machos.
- II. Evaluar si existen diferencias de género en los parámetros cardiacos mencionados.
- III. Determinar la existencia de cardiopatías subclínicas.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Animales y manejo**

El protocolo experimental fue realizado en el Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria, UdelaR, entre los años 2016 y 2019. Para llevar a cabo la investigación, se obtuvo la aprobación del protocolo número 136 en la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA).

En total, se analizaron veinticinco hurones (once hembras y catorce machos), clínicamente sanos, de  $2,62 \pm 1,93$  años de edad, con un peso de  $1,23 \pm 0,42$  kg (media  $\pm$  desviación estándar). Los animales provenían de casas particulares y criaderos locales de la especie.

En primera instancia, se le realizó una anamnesis al propietario o criador de cada ejemplar. Luego, se efectuó un examen clínico exhaustivo priorizando el sistema cardiovascular. Aquellos individuos que presentaron algún signo clínico indicativo de patología cardíaca (tos, disnea, soplo cardíaco, arritmia, entre otros) fueron separados del resto para ser registrados de manera individual, corroborando dicha condición mediante los estudios colaterales.

Sin la utilización de sedantes ni anestésicos previos, se efectuaron los siguientes estudios: radiografía, electrocardiograma y ecocardiografía. Además, se tomaron tres veces las medidas de la radiografía y del trazado electrocardiográfico. Posteriormente, se hizo un promedio para estas mediciones.

### **5.2. Auscultación**

Luego de realizado el examen objetivo general (EOG), se procedió a auscultar los campos pulmonares en toda su extensión con un estetoscopio (Littmann Classic Pediátrico). El corazón se auscultó entre el sexto y octavo EIC en el hemitórax izquierdo, mientras que del lado derecho se realizó la maniobra donde se percibió el choque de punta (Pollock, 2007). Al mismo tiempo en que se auscultaban los latidos, se tomó el pulso en la arteria femoral para corroborar la sincronidad entre ambos (Raftery, 2010).

### **5.3. Radiografía**

Para hacer el estudio radiográfico digital, se utilizó un equipo Vetter-Rems 100, con distancia de foco de 1 m, 150 mA, 105 kV, con colimador y cono localizador.

Se realizaron dos incidencias: LL y VD. A partir de la vista lateral se midió el ángulo que se forma entre la tráquea y vértebras torácicas a la altura donde la tráquea se empieza a separar de la columna (entre la T4 y T5). Por otra parte, de ambas proyecciones se tomaron las medidas para determinar el ICV siguiendo la técnica modificada de Buchanan descripta por Stepien.

Se implementó la técnica modificada del ICV trazando el eje cardíaco mayor desde el borde ventral de la carina hasta el punto más distante del ápex cardíaco, y el eje cardíaco menor perpendicularmente a este, en la zona de máxima amplitud cardíaca. Luego, ambos ejes se transpusieron a la columna vertebral, comenzando en el límite craneal de la T5 hasta el límite caudal de la T8. Finalmente, se determinó el número

de vértebras torácicas que correspondieron para cada eje y se sumaron ambos (Stepien et al., 1999).

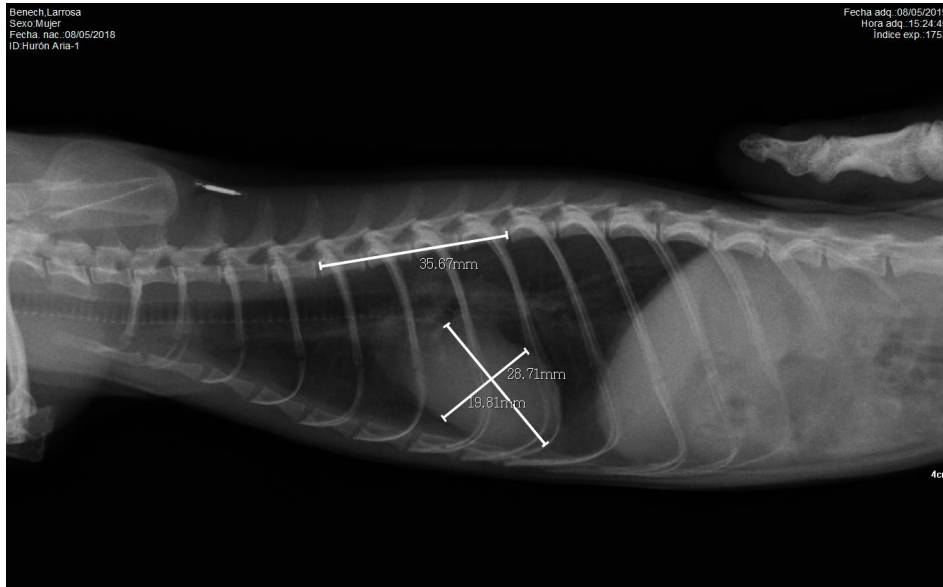


Figura 6. Incidencia radiográfica de perfil de una hembra de 800 g y 1,6 años. Muestra el trazado de los ejes cardíacos mayor y menor, así como la distancia entre las vértebras T5-T8. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

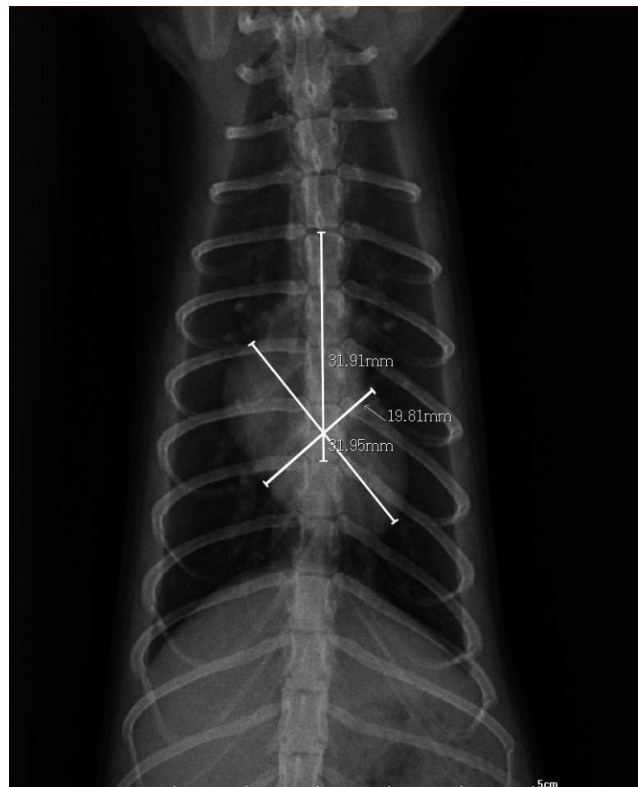


Figura 7. Incidencia radiográfica de frente de una hembra de 550 g y nueve meses. Muestra el trazado de los ejes cardíacos mayor y menor, así como la distancia entre las vértebras T5-T8. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

Por último, fue utilizado un método subjetivo, el cual consiste en contar el número de EIC que ocupa la silueta cardiaca.

#### **5.4. Electrocardiograma**

El registro electrocardiográfico fue obtenido por un aparato Fukuda, modelo HG 320, digital, en las derivadas bipolares y monopares estándares colocando los electrodos en posición del triángulo de Einthoven. Previamente, se mojaron los pliegues cutáneos con alcohol para conectar los electrodos. El electrodo rojo fue situado en el MAD, el amarillo en el MAI, el verde en el MPI y el negro en el MPD para ser utilizado como tierra. Para realizar la maniobra, los hurones fueron sujetados de la piel del cuello por un ayudante y distraídos con un snack.



Figura 8. Foto de hurón macho de 1450 g y un año de edad durante la impresión del registro electrocardiográfico. Se aprecia al propietario sosteniéndolo del pliegue del cuello mientras le ofrece un snack. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

Una vez impreso el registro, se procedió a analizarlo detalladamente, determinando el ritmo cardiaco, FC, onda P, complejo QRS, onda T, intervalo PQ-PR, intervalo QT, segmento ST e intervalo RR.

#### **5.5. Ecocardiografía**

El estudio ecocardiográfico fue realizado con un aparato Toshiba Nemio, con una sonda micro-convexa de 7,5 MHz siguiendo las directivas de la American Society for Echocardiography (Thomas et al., 1993). Los animales fueron sujetados por un ayudante posicionándolos en decúbito esternal, en suspensión.

Colocando el transductor en la zona paraesternal derecha, se obtuvo un corte transversal del VI. A raíz de este corte, se tomaron las siguientes medidas en modo M: SPTd, SPTs, DVId, DVIs, PPVId y PPVIs. La FC se registró a partir de este corte, tomando tres ciclos cardiacos consecutivos. Posteriormente, se determinaron los índices ecocardiográficos: VDF, VSF, VES, FA, FE y GC. Estos índices fueron calculados automáticamente por el ultrasonido.

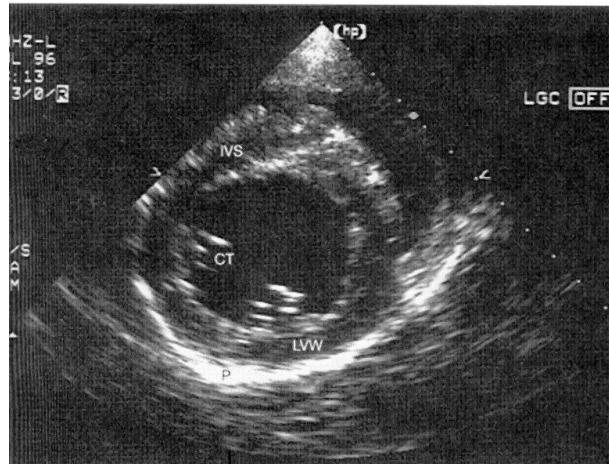


Figura 9. Corte transversal de ventrículo izquierdo en modo bidimensional obtenido a partir de la región paraesternal derecha, a nivel de los músculos papilares. Fuente: Kittleson & Kienle, 1998.

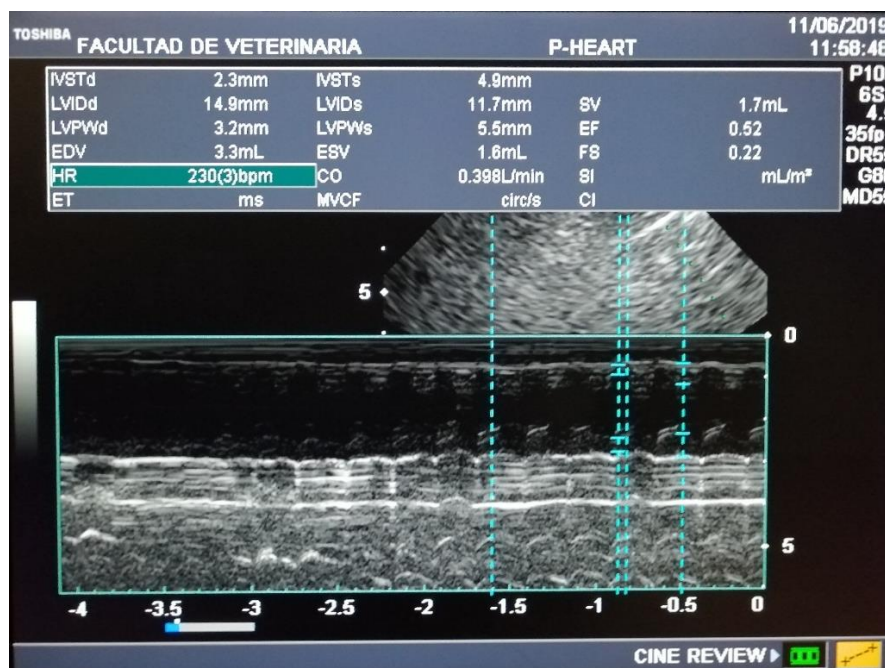


Figura 10. Ecocardiografía de hurón hembra de 1100 g y ocho meses de edad. Parámetros obtenidos en modo M a partir de un corte transversal de ventrículo izquierdo en ventana paraesternal derecha. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

Para finalizar, se realizó un segundo corte transversal, en la región paraesternal derecha, en modo B, a nivel de la base del AI y Ao con el fin de calcular el ratio AI/Ao.



Figura 11. Ecocardiografía de hurón macho de 2100 g y ocho meses de edad. Se visualizan las medidas de aorta (A) y atrio izquierdo (B) tomadas a partir de un corte transversal en modo bidimensional de la zona paraesternal derecha. Imagen obtenida durante la realización del presente trabajo.

## 5.6. Análisis estadístico

Los datos fueron ordenados y tabulados en el programa Excel 2013, de Microsoft (Microsoft Co.).

Para el manejo estadístico se utilizó el programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc.). Se realizó el test de Shapiro–Wilk para determinar la distribución normal, por lo que, se calculó la media y desvío estándar (DE) de cada parámetro.

Para comparar si existieron diferencias entre machos y hembras, se realizó un test de t para muestras independientes. Además, las medidas obtenidas fueron comparadas con el peso corporal. En todos los casos se consideró que la diferencia era significativa para valores de  $p < 0,05$ .

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Peso

En relación a la variable peso, las hembras presentaron un peso significativamente menor ( $p < 0,01$ ) que los machos ( $850 \pm 224$  g;  $1488 \pm 282$  g, hembras y machos respectivamente).

### 6.2. Auscultación

De los veinticinco animales examinados (once hembras y catorce machos), uno presentó ritmo de galope y arritmia. Debido a que esto constituye un hallazgo patológico, se tomó la resolución de apartar al paciente para ser estudiado individualmente. En cuatro hurones se presentó arritmia respiratoria, mientras que en los restantes la misma no fue detectada.

### 6.3. Radiografía

Con respecto al ángulo tráqueo-vertebral se obtuvo una media de  $11,22 \pm 1,40^\circ$  (media  $\pm$  DE) para todos los ejemplares analizados.

En la tabla 1 se muestran los parámetros radiológicos obtenidos en hembras y machos (media  $\pm$  DE). Se observa que existen diferencias significativas entre sexos ( $p < 0,01$ ) para las medidas de T5-T8 de perfil ( $3,53 \pm 0,21$  cm en hembras;  $4,17 \pm 0,20$  cm en machos) y frente ( $3,47 \pm 0,22$  cm en hembras;  $4,12 \pm 0,18$  cm en machos).

Tabla 1. Se observan los parámetros radiográficos y peso vivo (media  $\pm$  DE) obtenidos en 24 hurones (11 hembras y 13 machos) sanos y sin sedación.

Parámetros	Media $\pm$ DE	
	Hembras (n=11)	Machos (n=13)
T5-T8 (cm)		
Perfil	$3,53 \pm 0,21^a$	$4,17 \pm 0,20^a$
Frente	$3,47 \pm 0,22^a$	$4,12 \pm 0,18^a$
ICV (cv)		
Perfil	$5,10 \pm 0,55$	$5,41 \pm 0,37$
Frente	$6,21 \pm 0,43$	$6,48 \pm 0,51$
EIC (n°)	$2,25 \pm 0,22$	$2,29 \pm 0,18$

T5: vértebra torácica 5; T8: vértebra torácica 8; ICV: índice cardiaco vertebral; cv: cuerpos vertebrales; EIC: espacio intercostal.

(<sup>a</sup>)  $p < 0,01$  entre las columnas.

En el estudio radiográfico, un hurón presentó el corazón separado del esternón (Figura 12).

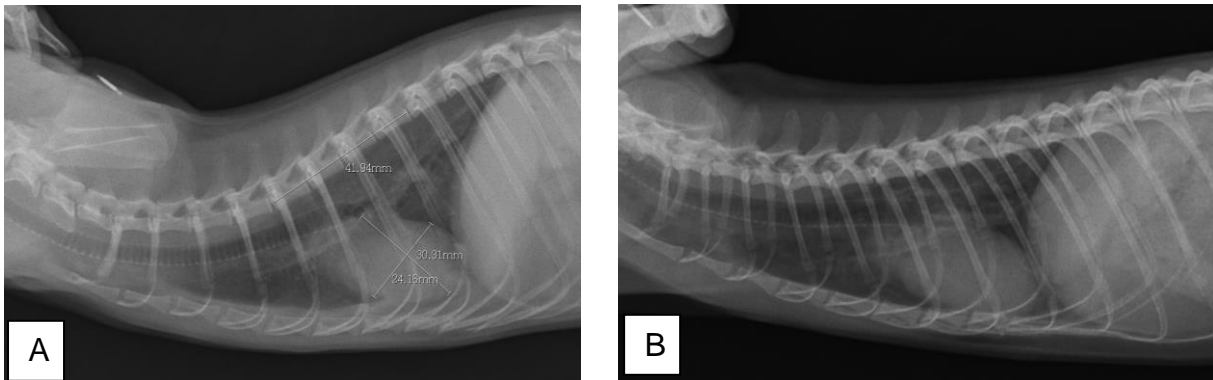


Figura 12. Radiografías de tórax en incidencia latero lateral izquierda de dos hurones del ensayo. Uno de ellos (A) presentó la silueta cardíaca separada del esternón, mientras que en el otro (B) el borde que corresponde a ventrículo derecho se apoya sobre el esternón.



## 6.4. Electrocardiograma

De los veinticuatro hurones evaluados: diecinueve presentaron ritmo sinusal, cuatro arritmia sinusal respiratoria y uno bloqueo AV de segundo grado.

En la tabla 2 se muestran los valores electrocardiográficos obtenidos en machos y hembras (media  $\pm$  DE). En la misma, se observa que existen diferencias significativas entre machos y hembras en la FC ( $310 \pm 41$  lpm en hembras;  $258 \pm 62$  lpm en machos;  $p < 0,05$ ) y en la amplitud de la onda P ( $0,11 \pm 0,02$  en hembras y  $0,17 \pm 0,03$  en machos;  $p < 0,01$ ).

Tabla 2. Valores electrocardiográficos (media  $\pm$  DE) obtenidos en la DII, en 24 hurones (11 hembras y 13 machos) sanos y sin sedación.

Parámetros	Media $\pm$ DE	
	Hembras (n=11)	Machos (n=13)
FC (lpm)	$310 \pm 41^a$	$258 \pm 62^a$
Onda P		
Duración (seg)	$0,03 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
Amplitud (mV)	$0,11 \pm 0,02^b$	$0,17 \pm 0,03^b$
Intervalo PQ-PR (seg)	$0,05 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$
Complejo QRS		
Duración (seg)	$0,05 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$
Amplitud (mV)	$1,98 \pm 0,34$	$1,78 \pm 0,53$
Intervalo QT (seg)	$0,09 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$
Segmento ST	Normal	Normal
Onda T (%)	$<25^*$	$<25^*$
Intervalo RR (seg)	$0,21 \pm 0,04$	$0,26 \pm 0,06$

FC: frecuencia cardiaca.

(<sup>a</sup>)  $p < 0,05$  entre las columnas; (<sup>b</sup>)  $p < 0,01$  entre las columnas; (\*) Valor obtenido en comparación con la onda R.

## 6.5. Ecocardiografía

En la tabla 3 se muestran los parámetros ecocardiográficos (media  $\pm$  DE) obtenidos de los hurones hembras y machos sanos y conscientes. Se evidencia como los valores fueron significativamente menores en las hembras para la Ao y el SIVs ( $p < 0,01$ ) y en AI y SIVd ( $p < 0,05$ ). Por el contrario, la FC fue significativamente mayor en hembras ( $p < 0,05$ ).

Tabla 3. Parámetros ecocardiográficos (media  $\pm$  DE) obtenidos en 24 hurones (11 hembras y 13 machos) sanos y sin sedación.

Parámetros	Media $\pm$ DE	
	Hembras (n=11)	Machos (n=13)
Ao (mm)	4,71 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>	6,47 $\pm$ 1,23 <sup>a</sup>
AI (mm)	6,34 $\pm$ 1,05 <sup>b</sup>	8,30 $\pm$ 1,62 <sup>b</sup>
AI/Ao	1,36 $\pm$ 0,24	1,29 $\pm$ 0,15
SIVd (mm)	2,36 $\pm$ 0,51 <sup>b</sup>	2,89 $\pm$ 0,69 <sup>b</sup>
SIVs (mm)	3,60 $\pm$ 0,80 <sup>a</sup>	4,92 $\pm$ 0,97 <sup>a</sup>
DVIId (mm)	9,19 $\pm$ 2,74	11,28 $\pm$ 2,98
DVIs (mm)	5,76 $\pm$ 2,60	6,78 $\pm$ 2,31
PPVId (mm)	2,50 $\pm$ 0,57	3,10 $\pm$ 0,92
PPVIs (mm)	4,21 $\pm$ 1,31	4,92 $\pm$ 0,68
FC (lpm)	313 $\pm$ 89 <sup>b</sup>	236 $\pm$ 48 <sup>b</sup>

Ao: raíz de la aorta; AI: atrio izquierdo; SIVd y SIVs: septum interventricular en diástole y en sístole; DVIId y DVIs: diámetro del ventrículo izquierdo en diástole y en sístole; PPVId y PPVIs: pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole y en sístole; FC: frecuencia cardiaca.

(<sup>a</sup>)  $p < 0,01$  entre las columnas; (<sup>b</sup>)  $p < 0,05$  entre las columnas.

Los índices ecocardiográficos de hembras y machos, obtenidos a partir de los parámetros registrados, se muestran en la tabla 4. En la misma, se observa que existe diferencia significativa entre machos y hembras ( $p < 0,05$ ), solamente en el VES ( $0,73 \pm 0,49$  ml en hembras vs  $1,67 \pm 1,37$  ml en machos).

Tabla 4. Índices ecocardiográficos obtenidos en 24 hurones (11 hembras y 13 machos) sanos y sin sedación.

Parámetros	Media $\pm$ DE	
	Hembras (n=11)	Machos (n=13)
VDF (ml)	$1,09 \pm 0,96$	$2,23 \pm 1,69$
VSF (ml)	$0,35 \pm 0,53$	$0,54 \pm 0,46$
VES (ml)	$0,73 \pm 0,49$ <sup>a</sup>	$1,67 \pm 1,37$ <sup>a</sup>
FA (%)	$37 \pm 11$	$41 \pm 10$
FE (%)	$76 \pm 13$	$77 \pm 12$
GC (ml/min)	$222,8 \pm 101,5$	$368,7 \pm 271,8$

VDF: volumen diastólico final del VI; VSF: volumen sistólico del VI; VES: volumen de eyección sistólica; FA: fracción de acortamiento del VI; FE: fracción de eyección del VI; GC: gasto cardíaco.

(<sup>a</sup>)  $p < 0,05$  entre las columnas.

## **7. DISCUSIÓN**

### **7.1. Auscultación**

La auscultación fue el procedimiento que menos dificultades presentó. En todos los casos se evidenciaron las altas frecuencias cardiacas que tienen los hurones en comparación con los perros y gatos (Smith et al., 2016). Con ciertas excepciones, las huronas se pusieron más nerviosas y debido a esto se percibió el incremento aún más de su FC. En la tabla 3, se observan los valores de FC obtenidos en ambos géneros.

Con respecto a la localización del corazón, no hubo inconveniente alguno para encontrarlo. El estetoscopio fue colocado más caudal (de tres a cuatro costillas por detrás del codo) en comparación con lo que se acostumbra a hacer en las especies convencionales (Pollock, 2007). Sí se encontró cierta dificultad para identificar cada sonido por separado (S1 y S2) debido a la rapidez con que se emitían.

En cuatro casos, se auscultó una arritmia sinusal pronunciada asociada a la respiración. Tal como describieron Wagner (2009) y Heatley (2006) llamó la atención el repentino descenso de la FC que se registraba por momentos. Esto ha sido reportado por quienes estudian la especie como un fenómeno fisiológico, usual de hallar en hurones saludables (Johnson-Delaney, 2017; Schoemaker, 2012; Raftery, 2010; Heatley, 2007).

La arritmia sinusal respiratoria ha sido descrita en caninos (Fox et al., 1999) y aves (Nap & Lumeij, 1991), y al igual que en hurones también es fisiológica. Zandvliet (2005) explica que se debe a un cambio en el tono vagal durante el ciclo respiratorio. Frente a la inspiración existe una disminución del tono vagal que conlleva a un incremento de la FC, mientras que en la espiración hay un aumento del tono vagal, con descenso por lo tanto, de la FC.

### **7.2. Radiografía**

La radiografía de tórax fue el colateral que mayores dificultades causó, debido al temperamento de los animales. Para alcanzar una imagen de calidad adecuada, se requiere de quietud y una posición específica del paciente que fue muy difícil lograr. Aún más, en varios casos fue necesario repetir la secuencia para obtener la imagen deseada. Por estos motivos, si bien en este trabajo no se utilizaron fármacos para tranquilizar al paciente, convendría, dependiendo del comportamiento y estado clínico del individuo, hacer una leve sedación como se realizó en estudios anteriores (Onuma et al., 2009; Boonyapakorn, 2007; Stepien et al., 1999).

En comparación con las especies convencionales, se evidenció una cavidad torácica alargada y aplanada dorso-ventralmente que se asemeja más al tórax de un felino que al del canino. Tal como manifiestan Fox & Marini (2014) la tráquea presenta una ligera angulación con respecto de la columna vertebral, en este estudio el ángulo tráqueo-vertebral dio  $11,22 \pm 1,40^\circ$  (media  $\pm$  DE), a diferencia de los caninos cuyo ángulo es de  $30^\circ$  (Kittleson & Kienle, 1998).

El corazón del hurón tiene una apariencia globoide que es normal (Pollock, 2007). Esto podría llevar a confusiones, ya que frente a una cardiomegalia el corazón tiende a quedar más redondeado. Aquí radica la importancia de utilizar los diferentes métodos objetivos y subjetivos para evitar errores al interpretar una radiografía. En el

presente trabajo se encontró un hurón con el corazón separado del esternón. Es necesario considerar que este hecho, llamado “the floating heart” es normal, debido a la grasa alrededor del ligamento esterno-pericárdico, por lo que no debería ser confundido con un neumotórax (Fox & Marini, 2014; Wagner, 2009; Pollock, 2007).

El método objetivo para diagnosticar cardiomegalia fue el ICV. Como se mencionó anteriormente, se utilizó la técnica modificada por Stepien et al. (1999) quienes tomaron el método diseñado por Buchanan (1991) en perros para adaptarlo a los hurones. Si bien Onuma et al. (2009), realizaron una modificación a esta técnica, en este estudio se utilizó el método de Stepien et al. (1999).

Tabla 5. Comparación de los parámetros radiográficos entre los valores obtenidos (media) en el presente trabajo con otros autores utilizando animales sanos.

Parámetros	Trabajos de investigación		
	Stepien et al., 1999	Boonyapakorn, 2007	Amaro & Fonseca, 2020
ICV (cv)			
Perfil	5,33	5,57	5,31
Frente	6,00	6,82	6,39

ICV: índice cardiaco vertebral; cv: cuerpos vertebrales.

En la tabla 5 se aprecia que, para todas las investigaciones, los valores obtenidos en la incidencia de frente son mayores a los del perfil. Quesenberry & Carpenter (2012) y Stepien et al. (1999) atribuyen esto a la grasa pericárdica que oscurece los bordes de la silueta cardiaca en la vista VD. Por consiguiente, existe mayor precisión en las medidas obtenidas en la incidencia lateral.

Los dos parámetros que presentaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre hembras y machos fueron el peso ( $850 \pm 224$  g en hembras;  $1488 \pm 282$  g en machos) y las medidas de T5-T8 de perfil ( $3,53 \pm 0,21$  cm en hembras;  $4,17 \pm 0,20$  cm en machos) y frente ( $3,47 \pm 0,22$  cm en hembras;  $4,12 \pm 0,18$  cm en machos). Ambas reflejan la relación que existe entre el sexo y el tamaño corporal. Sin embargo, no se evidenció una diferencia entre géneros para el ICV.

El número de EIC es un método subjetivo pero de gran utilidad práctica debido a la rapidez con que se puede realizar. En este parámetro no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre géneros, por lo que es independiente al sexo del animal.

Para finalizar, la placa de tórax es una herramienta más en el camino de un examen cardiológico, debería ser utilizada como un método de diagnóstico de cardiomegalia y no de cardiopatía, para esto existen otros colaterales más acordes. Asimismo, es útil para monitorear la evolución del tamaño del corazón y los cambios en el parénquima pulmonar a medida que transcurre la enfermedad cardiaca.

### 7.3. Electrocardiograma

Con respecto al ECG, existieron complicaciones a la hora de interpretar los registros debido a los artefactos que se produjeron por los movimientos del paciente. Si bien, en muchos casos se logró la quietud del mismo mediante su sujeción del pliegue nucal, lo cual induce a un estado de relajación descrito por la bibliografía (Rosenthal, 2008), con el más mínimo movimiento o temblor ya se alteraba el trazado. Esto llevó a tomar registros más amplios, para luego seleccionar aquellos sectores del papel donde se visibilizaron mejor las ondas.

Schoemaker & Zandvliet (2005) afirman que en la mayoría de las especies, sólo es posible lograr la posición adecuada, el tiempo requerido y la prevención de artefactos con el animal bajo anestesia. Por otra parte, se sugiere realizar ECG solamente en los casos que existan anormalidades a la auscultación o episodios sincopales (Hoefler, 2001 citado por Boonyapakorn, 2007). En base a nuestra experiencia, si bien no fue imposible llevar a cabo la técnica, se podría mejorar la calidad del trazado haciendo sedaciones leves.

En esta investigación se vieron cuatro casos de arritmia sinusal respiratoria, lo que en el hurón resulta ser algo fisiológico y frecuente al igual que en la especie canina (Smith et al., 2016).

A pesar de las diferencias morfológicas del tórax y corazón del hurón, en este trabajo se encontró que las ondas del ECG se asemejan bastante a los ECG de las especies convencionales como también manifiesta Bublot et al. (2006). Se evidenciaron las similitudes entre la onda P pequeña del hurón como la de los felinos (0,2 mV), y la onda R alta como la de los caninos (2,5 a 3,0 mV como máximo, dependiendo de la raza), como es citado por Wagner (2009), Bublot et al. (2006) y Hoefler (2006).

A lo largo del tiempo han surgido trabajos en animales conscientes (Dudás-Györki et al., 2011; Boonyapakorn, 2007; Zandvliet, 2005) y otros bajo sedación (Bublot et al., 2006; Bone et al., 1988). Comparando estos estudios con el presente trabajo, se puede afirmar que la mayoría de los valores obtenidos se asemejan, sin importar el nivel de consciencia del animal. Como excepción a esto, se evidenció una FC notoriamente más baja en aquellos pacientes sedados, a diferencia de este estudio cuya media fue de 274 lpm.

En esta investigación, se encontraron diferencias significativas entre géneros solamente para la FC (que será discutida junto a los parámetros ecocardiográficos) y amplitud de la onda P. Mientras que para el resto de los parámetros electrocardiográficos no se hallaron diferencias al igual que en otras investigaciones (Bublot et al., 2006).

Dentro de los resultados a discutir, cabe mencionar el hallazgo de un bloqueo AV de segundo grado. El mismo se caracteriza por la aparición de una onda P bloqueada (Figura 13) es decir, no se continúa con un complejo QRS. Dicho fenómeno se debe a una alteración en la conducción del impulso en el nódulo AV (Filippi & Filippi, 2018). Está descrito que los disturbios en la conducción como el bloqueo AV de segundo y tercer grado son los más comunes de hallar (Malakoff et al., 2012; Wagner, 2009). Schoemaker (2012) califica este bloqueo como fisiológico, siempre y

cuando no exista sintomatología clínica, lo cual es coherente con las características de nuestro paciente.

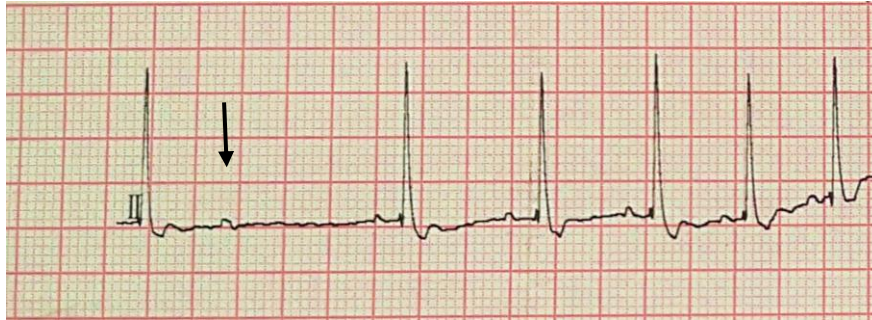


Figura 13. Registro electrocardiográfico en DII, con sensibilidad de 1 cc/1 mV y a una velocidad de 50 mm/seg., donde se observa la onda P bloqueada (flecha), lo que corresponde a un bloqueo atrioventricular de segundo grado.

#### 7.4. Ecocardiografía

La ecocardiografía fue realizada siguiendo las directivas de la American Society for Echocardiography para el perro (Thomas et al., 1993). Debido a la ubicación del corazón en el hurón, se cambió la ventana paraesternal derecha hacia caudal, donde se percibe el choque de punta (Vastenburg et al., 2004).

Algunos de los trabajos publicados sobre hurones, utilizaron agentes anestésicos (Vastenburg et al., 2004; Stepien et al., 2000), pero una de las desventajas del uso de estos fármacos es que producen riesgos en cardiópatas (De los Santos & Santesteban, 2016). Además, los anestésicos pueden influir sobre los resultados de los parámetros ecocardiográficos. Por ejemplo, se ha constatado un efecto depresor en la FC al administrar isoflurano, más aún, a medida que se aumentan las concentraciones de dicha droga, mayor es la depresión de este parámetro (Imai et al., 1999), por lo que las tablas confeccionadas a partir de animales conscientes van a brindar mayor confianza para establecer comparaciones cuando exista una sospecha de enfermedad cardíaca.

En los últimos años, han aparecido dos estudios en animales despiertos (Dudás-Györki et al., 2011; Boonyapakorn, 2007). En su publicación, Dudás-Györki et al. (2011) afirmaron que la ecocardiografía en hurones no sedados, no es posible realizarla entre el 4 y el 6% de los animales. En este caso, fue posible tomar las medidas en todos los hurones, calmando a aquellos animales nerviosos con snacks o simplemente con la presencia del propietario (maniobra que no está descrita en la bibliografía). Aunque, cabe destacar que para obtener un corte exitoso en casos puntuales, requirió mayor cantidad de tiempo y paciencia.

Con respecto al peso de los animales, en este proyecto se encontró un claro dimorfismo sexual, ya que los machos pesaron casi el doble que las hembras ( $850 \pm 224$  g en hembras y  $1488 \pm 282$  g en machos,  $p < 0,01$ ), lo cual coincide con la bibliografía consultada (Morrisey & Johnston, 2018; Johnson-Delaney, 2017; Stepien et al., 2000). Esta diferencia de tamaño corporal entre hembras y machos se vio

reflejada en los parámetros ecocardiográficos: Ao y SPTs ( $p < 0,01$ ) y AI y SPTd ( $p < 0,05$ ), cuyos valores fueron significativamente menores en las hembras.

Vastenburg et al. (2004) realizaron su estudio comparando dieciocho hembras con once machos anestesiados con isoflurano (una muestra de población similar a la de este proyecto -once hembras y trece machos-). A pesar de que la diferencia del peso corporal fue altamente significativa ( $p < 0,01$ ), no encontraron diferencias significativas en los parámetros ecocardiográficos entre hembras y machos, por lo tanto concluyeron que no existe una correlación entre el peso y los valores obtenidos en modo M. Su explicación a esto, se basa en la poca variabilidad de tamaño que tienen los hurones, al igual que otras especies como ser el gato y el caballo (Stadler et al., 1993; Fox et al., 1985 citados por Vastenburg et al., 2004), a diferencia de la especie canina que sí tiene una gran variabilidad en el tamaño corporal por la abundancia de razas y presenta, entonces, una correlación entre el peso y los parámetros ecocardiográficos (Boon et al., 1983 citado por Vastenburg et al., 2004).

A diferencia de Vastenburg et al. (2004), en el presente estudio varios de los parámetros medidos determinaron diferencias estadísticas entre sexos (Ao, AI, SIVd, SIVs y FC). Debido a que no sucedió esto con todos los valores planteados, se puede pensar que posiblemente el bajo número de animales utilizados por estos autores y por nosotros influya en los resultados obtenidos. Por el contrario, Dudás-Györki et al. (2011) con una muestra que duplica nuestro trabajo (46 hurones), establecieron que todos los parámetros tomados en modo M y 2D (excepto la FA) son significativamente diferentes entre hembras y machos ( $p < 0,02$ ). Esta diferencia entre autores, sugiere que sea necesario realizar un estudio con un número más importante de animales en cuanto a los parámetros ecocardiográficos.

En lo que refiere a la FC, ésta fue significativamente mayor en hembras ( $p < 0,05$ ), lo cual se podría asociar al grado de inquietud que presentaban al momento de realizar el estudio. En la tabla de los índices ecocardiográficos, se aprecia una diferencia significativa entre ambos géneros ( $p < 0,05$ ) solamente en el VES ( $0,73 \pm 0,49$  ml en hembras;  $1,67 \pm 1,37$  ml en machos). Esto puede deberse a la diferencia encontrada en las FC, ya que una FC muy elevada, disminuye el tiempo de llenado ventricular y aumenta el volumen residual (Hall, 2016; García-Sacristán et al., 1995). Dicha afirmación se explica en la observación de que el GC en los machos fue mayor que en las hembras ( $222,8 \pm 101,5$  ml/min en hembras y  $368,7 \pm 271,8$  ml/min en machos).

En una VMA, el riesgo a desarrollar la etapa clínica de la ICC, se incrementa a medida que aumenta de tamaño el AI, a causa de sobrecargas de volumen y/o presión (Haendchen et al., 1982). Por lo tanto, el tamaño del AI presenta interés para la evaluación clínica de la severidad de la enfermedad y su incremento estará relacionado con el grado de regurgitación valvar (Arias et al., 2004; Pipers et al., 1979).

Varios investigadores han utilizado la relación AI/Ao a partir de imágenes ecocardiográficas en modo B sobre el plano eje corto, ventana paraesternal derecha a nivel de la válvula aórtica como un método objetivo para evaluar el tamaño del AI independientemente del peso del animal (Hansson et al., 2002; O'Grady et al., 1986; Bonagura et al., 1985; Thomas, 1984). En el perro este índice se encuentra entre 1 y 1,5 y en el gato entre 1 y 1,7 (Boon, 2011).



El hurón es una especie susceptible de padecer VMA, por lo que conocer el rango normal de esta relación es de utilidad clínica. En el presente trabajo se determinó que la misma se encuentra entre  $1,36 \pm 0,24$  en hembras y  $1,29 \pm 0,15$  en machos, estos valores coinciden con los encontrados en la bibliografía, tanto para animales anestesiados (Vastenburg et al., 2004; Stepien et al., 2000), como para animales despiertos (Dudás-Györki et al., 2011; Boonyapakorn, 2007).

La FA es el índice más importante para evaluar la función del VI. Tanto Vastenburg et al. (2004) como Stepien et al. (2000), quienes estudiaron animales sanos bajo sedación, obtuvieron valores de FA más bajos (29,5 % y 33,0 % respectivamente) en comparación a nuestro trabajo (39 %). Por el contrario, el valor obtenido en el presente trabajo se asemeja más al publicado por Boonyapakorn, (2007) quien también utilizó hurones conscientes (41,4 %). Aquí queda en evidencia la importancia de realizar este colateral en animales despiertos para evitar el efecto depresivo en el sistema cardiológico de los diversos fármacos.

Los índices funcionales obtenidos a partir de estos parámetros son coincidentes con los mismos índices para el perro y el gato reportados por varios autores (Boon, 2011; Pisón et al., 2011; Hansson et al, 2002; Thomas et al., 1993; O'Grady et al., 1986; Bonagura et al., 1985).

Para finalizar, la ultrasonografía constituye el colateral más importante en el diagnóstico de cardiopatías, aportando datos de gran valor con respecto al funcionamiento del miocardio o la anatomía de las válvulas, entre otras funciones. Por lo tanto, es imprescindible su inclusión en nuestro examen cardiológico de rutina.

## 8. EJEMPLO DE UN CASO CLÍNICO

Haciendo referencia a los hallazgos subclínicos, un solo animal tuvo que ser apartado del estudio para ser evaluado individualmente por presentar un ritmo de galope a la auscultación. Se trató de un ejemplar macho de tres años, con un peso de 1700 g, castrado, vacunado y desparasitado. Vive en un apartamento, sin otros animales, come ración Equilibrio para gato cachorro. Nunca presentó ninguna patología. Al momento se encontraba bien, no había manifestado sintomatología alguna, seguía comiendo y tomando agua con regularidad así como orinaba y defecaba sin particularidades.

Primero se realizó el examen objetivo general, donde no se encontró ninguna patología. La auscultación cardiaca no reveló soplo, pero sí una alteración del ritmo cardiaco, conocido como ritmo de galope. Tanto los parámetros radiológicos como los ecocardiográficos no presentaron alteraciones. Sin embargo, el registro electrocardiográfico mostró complejos prematuros ventriculares (CPV), monofocales, bajo el formato de bigeminismo ventricular. Según el tiempo de registro de nuestro trazado que corresponde a seis segundos, este animal tendría una frecuencia de 70 extrasístoles por minuto (Figura 14), con una duración de los mismos de tres segundos.

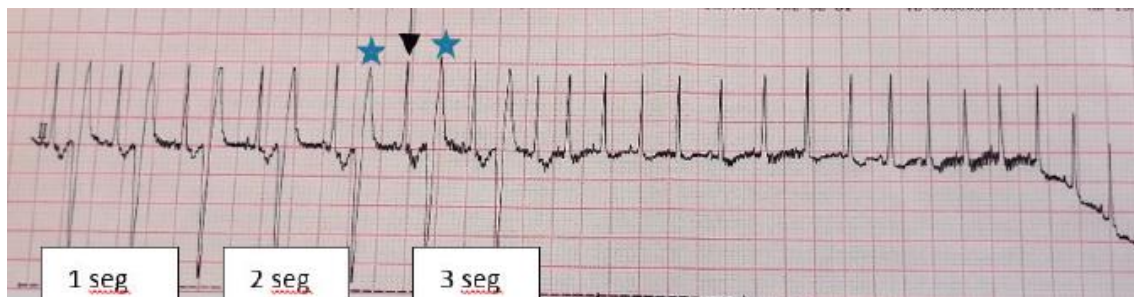


Figura 14. Registro electrocardiográfico en DII, con sensibilidad de 1 cc/1 mV y a una velocidad de 25 mm/seg., donde se observan CPV (estrella) alternadas con un ciclo cardiaco normal (flecha), lo que corresponde a bigeminismo ventricular. Luego de los 3 segundos, el bigeminismo desaparece.

Según la bibliografía (Fox et al., 1999), en las especies convencionales cuando presentan más de veinte CPV por minuto, estaría indicada la medicación. Pero en estos casos es habitual que además se presenten síntomas lo cual no sucedió con nuestro paciente. Lewington (2007) menciona que las patologías cardiacas se observan más comúnmente en hurones de mediana edad en adelante, teniendo como principales síntomas anorexia, pérdida de peso, tos, vómitos y hasta muerte súbita.

Otra explicación podría ser que haya presentado las extrasístoles solo en esos tres segundos. Para verificar esto sería ideal la colocación de un Holter para obtener registros más prolongados en el tiempo, lo cual es inviable debido al costo y al comportamiento de esta especie. Por estos motivos se recomendó al propietario

realizar chequeos cardiológicos y acudir al Hospital en caso de evidenciar cualquier tipo de sintomatología.

Dentro de las alteraciones del ritmo, las más observadas son los bloqueos AVs. La taquicardia sinusal, los complejos prematuros atriales, los CPV y la fibrilación atrial se asocian a cardiopatías. Cuando estas arritmias se encuentran, el síncope cardiaco es el síntoma más frecuente. Stamoulis (1995) encontró CPV en el 18 % de 65 hurones evaluados electrocardiográficamente, de los cuales uno presentó taquicardia ventricular, ocho CPV aislados y cuatro arritmia sin clasificar. No encontramos mención al bigeminismo ventricular como el de nuestro estudio. Creemos que este tipo de arritmia puede no producir síncope debido a que se alternan un CPV con un ciclo normal, lo que permitiría mantener el gasto cardiaco adecuado.

Aunque, según la bibliografía consultada las alteraciones del ritmo se asocian a cardiopatías de base, se concluye que es posible que se desarrollen arritmias ventriculares en animales asintomáticos y sin alteraciones en otros estudios como la ecocardiografía y la radiografía de tórax.

## 9. CONCLUSIONES

La población de hurones está creciendo debido al aumento en la popularidad de la tenencia de mascotas de especies no convencionales.

Las cardiopatías representan un porcentaje importante dentro de las enfermedades que afectan a la especie.

Las cardiopatías que afectan más comúnmente a los hurones son: CMD, VMA, arritmias y bloqueos, CMH y Dirofilariasis (en zonas endémicas).

La estandarización de parámetros cardiológicos (ecocardiográficos, radiográficos y electrocardiográficos) es una herramienta útil en el ejercicio de la clínica.

En base a nuestros resultados, si bien las imágenes radiográficas y los trazados electrocardiográficos pudieron ser obtenidos a partir de animales no sedados, la calidad de los resultados se vio afectada obligándonos a repetir la técnica. Por el contrario, los estudios ecocardiográficos fueron realizados sin ningún inconveniente, obteniendo imágenes de calidad adecuada.

Existen diferencias significativas para el peso entre hembras y machos.

La diferencia de tamaño corporal entre hembras y machos determina que los parámetros ecocardiográficos y la FC sean diferentes, ya que los mismos son dependientes del tamaño del animal.

Para la estandarización de datos sólo se debe tener en cuenta la diferencia entre géneros en los parámetros ecocardiográficos y la FC.

La evaluación cardiológica en animales clínicamente sanos, permite detectar cardiopatías subclínicas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrews PLR, Bower AJ, Illman, D (1979) Some aspects of the physiology and anatomy of the cardiovascular system of the ferret (*Mustela putorius furo*). *Laboratory Animal*, 13: 215-220.
2. Arias DO, Tórtora M, Cruz A, Klima L, Huzman M, Rodríguez R (2004) Ecocardiografía doppler color y evaluación del grado de insuficiencia mitral canina. *Analecta Veterinaria*, 24 (1): 21-24.
3. Barrios J (2015) Cardiología em hurones. 15º Congreso Nacional de Asociación de Veterinarios Especializados en Animales de Compañía de Argentina. Buenos Aires, Argentina, p 39-41.
4. Bonagura JD, O'Grady MR, Herring DS (1985) Echocardiography. Principles of interpretation. *The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 15 (6): 1177-1194.
5. Bone L, Battles AH, Goldfarb RD, Lombard CW, Moreland AF (1988) Electrocardiographic values from clinically normal, anesthetized ferrets (*Mustela putorius furo*). *American Journal of Veterinary Research*, 49: 1884-1887.
6. Boon JA (2011) *Veterinary Echocardiography*. 2ª ed. Oxford, Wiley-Blackwell, 589 p.
7. Boonyapakorn C (2007) *Cardiologic examinations in ferrets with and without heart disease*. Tesis Doctoral, Freie Universitaet Berlin. 128p.
8. Bublot I, Randolph RW, Chalvet-Monfray K, Edwards NJ (2006) The surface electrocardiogram in domestic ferrets. *Journal of Veterinary Cardiology*, 8: 87-93.
9. Buchanan JW (1991) Vertebral scale system to measure heart size. *Proceedings 9th American College Veterinary Internal Medicine Forum*, S. 689-690.
10. Buchanan JW, Bücheler J (1995) Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206 (2): 194-199.
11. Díaz E (2014) Diagnóstico precoz de insuficiencia cardíaca en hurón adulto. *Argos*, 158 (2): 46-53.
12. De los Santos MX, Santesteban AL (2016) Protocolo anestésico de un paciente con displasia mitral: presentación de un caso clínico. Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. 46p.

13. Dudás-Györki Z, Szabó Z, Manczur F, Vörös K (2011) Echocardiographic and electrocardiographic examination of clinically healthy, conscious ferrets. *Journal of Small Animal Practice*, 52: 18-25.
14. Filippi LH, Filippi MG (2018). *Arritmias cardíacas en perros y gatos*. San Pablo, Fontoura, p304.
15. Fox JG, Marini RP (2014) *Biology and diseases of the ferret*. 3<sup>a</sup> ed. Iowa, Wiley-Blackwell, 852 p.
16. Fox PR, Sisson D, Moïse NS (1999) *Textbook of canine and feline cardiology. Principles and clinical practice*. 2<sup>a</sup> ed. Philadelphia, Saunders, 955 p.
17. Gad SC (2016) *Animal models in toxicology*. 3<sup>a</sup> ed. London, Taylor & Francis Group, 1152 p.
18. García-Sacristán A, Castejón F, de la Cruz LF, González J, Murillo MD, Salido G (1995) *Fisiología veterinaria*. Madrid, McGraw-Hill Interamericana, 1074 p.
19. Haendchen RV, Povzhitkov M, Meerbaum S, Maurer G, Corday E (1982) Evaluation of changes in left ventricular end-diastolic pressure by left atrial two-dimensional echocardiography. *American Heart Journal*, 104 (4): 740-745.
20. Hall JE (2016) *Guyton y Hall: tratado de fisiología médica*. 13<sup>a</sup> ed. Barcelona, Elsevier, 1168 p.
21. Hansson K, Häggström J, Kwart C, Lord P (2002) Left atrial to aortic root indices using two-dimensional and M-mode echocardiography in cavalier King Charles spaniels with and without left atrial enlargement. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43 (6): 568-575.
22. Heatley JJ (2006) Ferret cardiomyopathy. *Standards of Care Emergency and Critical Care Medicine*, 8 (3): 7-11.
23. Heatley JJ (2007) Small exotic mammal cardiovascular disease. 28<sup>th</sup> Annual Association of Avian Veterinarians Conference and Expo with Association of Exotical Mammal Veterinarians, Rhode Island, Estados Unidos, p 69-78.
24. Hildebrandt N, Schneider M (2009) Dilative cardiomyopathy in the ferret (*Mustela putorius furo*), clinical signs, diagnostic steps and therapeutic options. *Tierärztliche Praxis*, 37 (K): 115-123.
25. Hoefler HL (2006) Cardiac disease in ferrets. *Proceedings the North American Veterinary Conference*, 20: 1732-1734.

26. Imai A, Steffey EP, Farver TB, Ilkiw JE (1999) Assessment of isoflurane-induced anesthesia in ferrets and rats. *American Journal of Veterinary Research*, 60 (12): 1577-1583.
27. Jiménez J, Domingo R, Crosta L, Silvestre AM (2009) Hurones. En: Jiménez J, Domingo R, Crosta L, Silvestre AM. *Manual clínico de animales exóticos*. Barcelona, Multimédica Ediciones Veterinarias, pp 53-70.
28. Johnson-Delaney CA (2017) *Ferret medicine and surgery*. London, CRC, 544 p.
29. Jurek RM (1998), A review of national and California population estimates of pet ferrets.  
Disponibile en <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=83826>  
Fecha de consulta: 29 de mayo de 2019.
30. Kiefer KM, Johnson D (2005) Ferret pet care. En: Jepson L. *Quick reference guide to unique pet species*. Florida, Zoological Education Network, p 11-18.
31. Kittleson MD, Kienle RD (1998) *Small animal cardiovascular medicine*. St. Louis, Mosby, 611 p.
32. Lewington JH (2007) *Ferret husbandry, medicine and surgery*. 2ª ed. Edinburgh, Saunders, 536 p.
33. Lipman NS, Murphy JC, Fox JG (1987) Clinical, functional and pathologic changes associated with a case of dilatative cardiomyopathy in a ferret. *Laboratory Animal Science*, 37 (2): 210-212.
34. Malakoff RL, Laste NJ, Orcutt CJ (2012) Echocardiographic and electrocardiographic findings in client-owned ferrets: 95 cases (1994–2009). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241 (11): 1484-1489.
35. Morrisey JK, Johnston MS (2018) Ferrets. En: Carpenter JW, Marion CJ. *Exotic animal formulary*. 5ª ed. St. Louis, Elsevier, pp 532-557.
36. Nap AM, Lumeij JT (1991) Cardiology in birds. *Tijdschr Diergeneeskd*, 116 (1): 83-84.
37. Nelson RW, Couto CG (2014) *Small animal internal medicine*. 5ª ed. St. Louis, Elsevier, 1504 p.
38. O'Grady MR, Bonagura JD, Powers JD, Herring DS (1986) Quantitative cross-sectional echocardiography in the normal dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 27: 34-49.

39. Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T (2009) Radiographic measurement of cardiac size in 64 ferrets. *The Journal of Veterinary Medical Science* 71 (3): 355-358.
40. Parrott TY, Greiner EC, Parrott JD (1984) *Dirofilaria immitis* infection in three ferrets. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 184 (5): 582-583.
41. Pedrosa FC (2015) Neoplasias en hurones -*Mustela putorius furo*- en Argentina. 15º Congreso Nacional de Asociación de Veterinarios Especializados en Animales de Compañía de Argentina. Buenos Aires, Argentina, p 35-38.
42. Pipers FS, Reef V, Hamlin RL (1979) Echocardiography in the domestic cat. *American Journal of Veterinary Research*, 40 (6): 882-886.
43. Pisón I, Benech A, Sehabiaga P, Jiménez G, Rossi S (2001) Caracterización ecocardiográfica de la raza canina Cimarrón uruguayo. *Veterinaria*, 47(183): 7-14.
44. Pollock C (2007) Emergency medicine of the ferret. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 10: 463-500.
45. Quesenberry KE, Carpenter JW (2012) *Ferrets, rabbits and rodents: clinical medicine and surgery*. 3ª ed. St. Louis, Elsevier, 608 p.
46. Raftery A (2010) *Ferret medicine and surgery*. British Veterinary Zoological Society Proceedings p 7-12.
47. Riera A, Cabrero M, Cortadellas B, Gaztañaga R, Manubens J, García L (2012) Manejo clínico de la cardiomiopatía dilatada en hurones. Disponible en: <https://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/23135/manejo-clinico-de-la-cardiomiopatia-dilatada-en-hurones.html> Fecha de consulta: 29 de mayo de 2019
48. Rosenthal KL (2008) Small mammals. En: Rosenthal KL, Forbes NA, Frye FL, Lewbart GA. *Rapid review of exotic animal medicine and husbandry. Pet mammals, birds, reptiles, amphibians and fish*. London, Manson, p 7-84.
49. Sasai H, Kato K, Sasaki T, Koyama S, Kotani T, Fukata T (2000) Echocardiographic diagnosis of dirofilariasis in a ferret. *Journal of Small Animal Practice*, 41: 172-174.
50. Schoemaker NJ (2012) How to do a cardiac workup in ferrets and rabbits. Association of Exotic Mammal Veterinarians 11º Annual Conference. Oakland, Estados Unidos, p 12-17.
51. Schoemaker NJ, Zandvliet MJM (2005) Electrocardiograms in selected species. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 14 (1): 26-33.



52. Sharman MH (2010) The senior ferret (*Mustela putorius furo*). *Veterinary Clinics Exotic Animal Practice*, 13: 107-122.
53. Smith FWK, Tilley LP, Oyama MA, Sleeper MM (2016) *Manual of canine and feline cardiology*. 5<sup>a</sup> ed. St. Louis, Elsevier, 472 p.
54. Stamoulis ME (1995) Cardiac disease in ferrets. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 4 (1): 43-48.
55. Stepien RL, Benson KG, Forrest LJ (1999) Radiographic measurement of cardiac size in normal ferrets. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40 (6): 606-610.
56. Stepien RL, Benson KG, Wenholz LJ (2000) M-mode and doppler echocardiographic findings in normal ferrets sedated with ketamine hydrochloride and midazolam. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41 (5): 452-456.
57. Thomas, WP. 1984. Two-dimensional, real time echocardiography in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 25 (2): 50-64.
58. Thomas WP, Gaber CE, Jacobs GJ, Kaplan PM, Lombard CW, Moise NS, Moses BL (1993) Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 7 (4): 247-252.
59. Thomson APD (1951) A history of the ferret. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 6 (4): 471-480.
60. Vastenburger M, Boroffka S, Schoemaker NJ (2004) Echocardiographic measurements in clinically healthy ferrets anesthetized with isoflurane. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45 (3): 228-232.
61. Wagner RA (2009) Ferret cardiology. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 12: 115-134.
62. Williams B (1998) Cardiomyopathy in the Ferret. Disponible en: <http://www.ferretcentral.org/faq/med/cardio.html> Fecha de Consulta: 22 de noviembre de 2019
63. Zandvliet MJM (2005) Electrocardiography in psittacine birds and ferrets. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 14 (1): 34-51.
64. Zeeland YRA, Schoemaker NJ (2015) Ferret cardiology masterclass. *British Veterinary Zoological Society Autumn Meeting* p 37-41.

