

Diferencias en los sonidos cardíacos según la anatomía de los
caninos (*Canis lupus familiaris*).

Presentado por:

Valentina García Mejía

Melissa Alexandra Ramírez Rozo

Director:

Adriana María Pedraza Toscano

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Medicina Veterinaria
Bogotá
2019

Tabla de contenidos

Capítulo I. Planteamiento del problema.....	5
Justificación.....	6
Capítulo II. Marco teórico.....	8
Fisiología del oído humano.....	7
Sonidos cardíacos.....	8
Primer sonido cardíaco (S ₁).....	8
Segundo sonido cardíaco (S ₂).....	10
Tercer sonido cardíaco (S ₃).....	11
Cuarto sonido cardíaco (S ₄).....	12
Soplos cardíacos.....	13
Clasificación de soplos.....	14
Soplos inocentes.....	14
Soplos patológicos.....	14
Auscultación del corazón.....	15
Estetoscopio.....	17
Estetoscopio esofágico.....	18
Estetoscopio electrónico.....	19
Fonocardiografía.....	19
Capítulo III. Metodología.....	21
Objetivos.....	21
General.....	21

Específicos.....	21
Metodología.....	21
Materiales y métodos.....	21
Criterios de inclusión.....	21
Criterios de exclusión.....	21
Metodología.....	22
Análisis de resultados.....	23
Capítulo IV. Resultados y discusión.....	24
Resultados.....	24
Discusión.....	30
Limitaciones del estudio.....	33
Conclusiones.....	34
Revisión bibliográfica.....	35

Lista de tablas

Tabla 1. Análisis descriptivo de la población total utilizada.....	24
Tabla 2. Análisis descriptivo de las razas utilizadas.....	25
Tabla 3. Estadística predictiva de S1.....	26

Lista de imágenes

Imagen 1. Rango de frecuencias de los sonidos y soplos cardíacos.....	8
Imagen 2. Fonocardiograma donde se evidencia los sonidos cardíacos.....	12
Imagen 3. Áreas de auscultación del corazón y los espacios intercostales para ubicar las válvulas cardíacas.....	16
Imagen 4. Estetoscopio y sus partes.....	18
Imagen 5. Estetoscopio esofágico.....	18
Imagen 6. Estetoscopio electrónico.....	19
Imagen 7. Fonocardiograma de un corazón normal vs fonocardiogramas de corazones con diferentes patologías.....	20
Imagen 8. Electrocardiograma (azul), y fonocardiograma (rojo) en el programa Acqknowledge® de un paciente elegido al azar.....	23
Imagen 9. Duración medida en segundos del primer sonido cardíaco S1.....	27
Imagen 10. Frecuencia medida en Hertz (Hz) del primer sonido cardíaco S1.....	28
Imagen 11. Amplitud medida en mili voltios (mV) del primer sonido cardíaco S1.....	29

Capítulo I

Planteamiento del problema

La auscultación es una parte fundamental del examen clínico de un paciente. Desde el punto de vista cardiovascular, la auscultación es una herramienta determinante a la hora de emitir un diagnóstico, ya que un buen conocimiento de los sonidos cardíacos permite identificar de manera temprana la enfermedad cardiovascular.

Es bien sabido que los sonidos cardíacos son indicadores tempranos de enfermedad cardíaca, pero que son influenciadas por muchas otras variables diferentes a la enfermedad cardiovascular. Un ejemplo de esto es que en humanos se ha demostrado que el tamaño del cuerpo, la conformación torácica, el grosor del tórax y factores externos al corazón pueden influir en intensidad de los sonidos cardíacos, jugando un papel importante al momento de la auscultación (Chizner, 2008), también se ha demostrado que en patologías que producen isquemia los sonidos disminuyen su amplitud, y en edema pulmonar aumentan su amplitud significativamente y estos cambios pueden estar asociados a la rigidez de los ventrículos, un llenado temprano restrictivo y desaceleraciones de la sangre (Thakur et al, 2017), por eso hay que tener en cuenta que en medicina veterinaria, nuestros pacientes poseen diferentes tamaños tanto entre especies como entre individuos de la misma especie pero de diferentes razas. A nuestro saber no existen estudios, en medicina veterinaria, que determinen si el tamaño (Kg) de los perros tenga alguna

influencia en las características físicas (duración y frecuencia) de los sonidos cardíacos que pudieran afectar el resultado final del examen clínico.

Por consiguiente, nuestra pregunta de investigación es: **¿El tamaño de los caninos tiene alguna influencia en las duraciones y frecuencias de los sonidos cardíacos?**

Justificación

Con este estudio se logrará identificar la influencia del tamaño del paciente en los cambios que se presentan en los sonidos cardíacos sin tener una razón patológica y así lograr un diagnóstico mucho más acertado.

También nos vemos influenciados por la capacidad del oído humano, ya que solo somos capaces de auscultar dos de los cuatro sonidos cardíacos (S_1 y S_2), y es por eso que utilizamos ciertas técnicas como la fonocardiografía para lograr ver gráficamente los dos sonidos que auscultamos y lograr observar los dos sonidos que nos son audibles (S_3 y S_4).

Aunque los estudios en fonocardiografía disminuyeron en una época debido a la implementación de herramientas diagnósticas como la ecocardiografía, nuevamente se observa un incremento en el estudio de sonidos cardíacos debido al desarrollo de las técnicas de procesamiento de señales (Randhawa et al, 2015).

Se debe tener en cuenta la importancia de la fonocardiografía en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares (Randhawa et al, 2015), ya que es una técnica que se usa para ver gráficamente lo que se ausculta con el fonendoscopio para tener mayor precisión sobre los sonidos cardíacos y la detección de soplos. Esta técnica ha estado disponible y se ha utilizado

como una herramienta cualitativa, ya que la interpretación cuantitativa de la fonocardiografía, involucra una evaluación de la información de amplitud, frecuencia y la secuencia del tiempo, es por eso que se ha implementado el uso de señales digitales para lograr obtener dicha información cuantitativa (Fazzalari, 1984).

Los fenómenos que se presentan en el corazón son de muy baja frecuencia, por esta razón no son percibidos por el oído humano, ya que cuando un sonido cardíaco es seguido por un soplo que va aumentando su intensidad, nuestro oído no es capaz de separar estos sonidos y diferenciarlos. Su utilidad principal es determinar en qué momento del ciclo cardíaco se produce esta anomalía y clasificar los distintos sonidos. (Navarro et al, 2003, *Pg. 567*)

Capítulo II

Marco teórico

Fisiología del oído humano

La auscultación del corazón se ve influenciada por la sensibilidad del umbral del oído humano, ya que un adulto detecta frecuencias de sonidos alrededor de 20 a 14.000 Hz, pero el oído es de mayor eficiencia en un rango de 1000 a 5000 Hz. Es decir, por debajo de 1000 Hz, la sensibilidad auditiva disminuye progresivamente, lo que significa que un intenso sonido cardíaco debajo de este rango será percibido como un sonido muy suave lo cual es imperceptible para el oído humano. (Smith, 2006)

Por esta razón es que el oído humano solo puede identificar dos sonidos cardíacos que están separados por 0,02 y 0,03 segundos y gracias a estos se pueden identificar como dos sonidos distintos. (Smith, 2006)

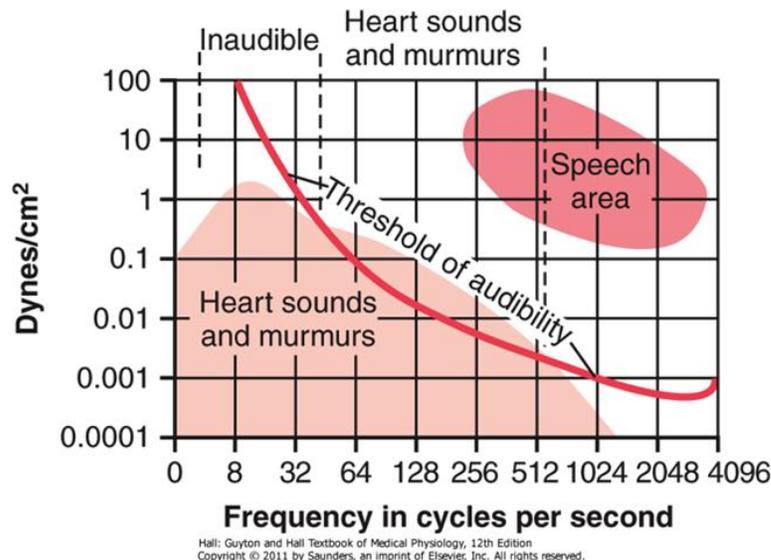


Imagen 1. Rango de frecuencias de los sonidos y soplos cardiacos.

Recuperado de: Guyton and hall textbook of medical physiology, 12th edition.

Sonidos cardíacos

Los sonidos cardíacos son la expresión sonora del cierre de las válvulas cardíacas, su funcionamiento es unidireccional, esto permite que haya una correcta circulación de la sangre a través del organismo (Ortega et al, 2016), y se define como el sonido normal del corazón durante un ciclo cardíaco. En caninos, se escuchan solo dos de los cuatro sonidos cardíacos, esto debido a que el sonido 3 y 4, tienen una muy baja frecuencia para el oído humano (Kirby et al, 2006).

La sincronización de los sonidos cardíacos puede ser ayudada con la palpación del pulso carotídeo (en humanos) (Kirby et al, 2006) y femoral (en caninos) con la mano izquierda mientras se ausculta con el estetoscopio con la mano derecha.

Primer sonido cardíaco (S_1). Este sonido se produce por el cierre de las válvulas auriculo-ventriculares (mitral y tricúspide) al principio de la contracción ventricular isovolumétrica, sucede cuando la presión de los ventrículos aumenta por encima de las aurículas generando así el cierre de las válvulas. Se ha demostrado que el cierre de la válvula mitral es más precoz que el de la válvula tricúspide, pero se logra percibir como un sonido único (Moreno, 2016).

Este sonido es característico por el “Lub” que se escucha al momento de la auscultación. Se oye ruidosamente cerca del ápice del corazón además coincide exactamente con el punto en que la presión ventricular izquierda excede la presión atrial izquierda. (Park et al, 2012)

La intensidad de S_1 puede variar con la posición de la válvula tricúspide, ya que su posición está determinada por el volumen y la presión sanguínea en ambos lados de la válvula; por consiguiente, cualquier cambio en la posición de la válvula al comienzo de la sístole puede cambiar el sonido. Esto puede variar con:

- El intervalo P-R
- La tasa de cierre de la válvula
- Movilidad de la válvula
- La fuerza de la sístole ventricular (Kirby, 2006)

Brian Kirby y Kenneth MacLeod en 2006 publicaron estudios en los que demostraron que S_1 puede llegar a ser anormalmente alto debido a contracciones ventriculares más fuertes. Sin embargo, un sonido alto de S_1 puede ser útil en el diagnóstico temprano de prolapso de la válvula mitral, estenosis mitral, mixoma auricular izquierdo. etc.

Se puede identificar un sonido débil de S_1 siendo útil también para diagnóstico del cierre precoz de la válvula mitral debido a un intervalo PR largo o regurgitación aórtica aguda. (McGee, 2012)

Segundo sonido cardíaco (S_2). Este sonido se produce por el cierre de las válvulas semilunares (aórtica y pulmonar), al final de la eyección ventricular, que es cuando la presión de los ventrículos desciende por debajo de la presión arterial (Moreno, 2016).

Las válvulas semilunares se cierran de forma asincrónica: la válvula aórtica se cierra primero y luego la válvula pulmonar.

Por lo tanto, este sonido está compuesto por dos componentes:

- Componente aórtico: Este componente es de mayor intensidad. Además, es el primero que se ausculta en este sonido (Moreno, 2016).

Se puede acentuar por hipertensión arterial sistémica y reducir su intensidad en pacientes con poca movilidad en la válvula bicúspide (Kirby et al, 2006).

- Componente pulmonar: Este componente es de menor intensidad (Moreno, 2016).

Se puede acentuar en casos de hipertensión pulmonar “la división fisiológica aumenta con la inspiración, porque se reduce la impedancia vascular pulmonar durante la inspiración en relación a la impedancia sistémica” (Kirby et al, 2006).

“En la inspiración, debido a que aumenta el retorno venoso al corazón derecho, la eyección del ventrículo derecho se alarga y el cierre pulmonar se retrasa y, paralelamente y en sentido inverso, disminuye el retorno venoso al corazón izquierdo, se acorta la eyección del ventrículo izquierdo, adelantándose el cierre aórtico. Como consecuencia el segundo ruido se desdobra en forma máxima al final de la inspiración.” (Cortés, 2003).

Las anomalías más comunes se deben a la división de sus dos componentes relacionados con la inspiración y espiración, siendo útil para el diagnóstico de enfermedades como estenosis pulmonar, hipertensión pulmonar, embolismo pulmonar etc. (McGee, 2012).

Tercer sonido (S₃). Este sonido es de baja frecuencia, es inmediatamente después de S₂, y se presenta durante el llenado ventricular. Se produce cuando la sangre choca contra la pared del ventrículo, la cual posee poca distensibilidad lo que provoca el sonido (Moreno, 2016).

Cuando S₃ es audible puede estar asociado a una fracción de eyección reducida y aumento del volumen del ventrículo (Kirby et al, 2006).

También podemos encontrar sonidos patológicos conocidos como el sonido de “galope” y sus anomalías pueden ser útiles en el diagnóstico de insuficiencia cardíaca congestiva y regurgitaciones y sus derivaciones.

Cuarto sonido (S₄). Aparece en la diástole ventricular, antes de S₁ y se conoce como el “galope auricular” y ocurre en la pre-sístole durante el llenado activo del ventrículo después de la sístole auricular y se produce antes de S₁. Es de muy baja frecuencia, es producido por la sangre que golpea el ventrículo (Moreno, 2016).

En S₄ se han identificado variaciones asociadas a la respiración en el intervalo entre S₁ y S₄ y sus alteraciones se han presentado comúnmente en pacientes con miocardiopatía isquémica e hipertrófica y estenosis aórtica. (McGee, 2012)

S₃ y S₄ pueden llegar a ser audibles si la sangre se desacelera bruscamente, lo suficiente para hacer vibrar las paredes ventriculares. Existen dos variables relacionadas con esta desaceleración que son el caudal durante la entrada de sangre y la rigidez del ventrículo. (McGee, 2012).



Imagen 2. Fono cardiograma donde se evidencia los sonidos cardíacos.

Recuperado de: http://www.centrodemedicinaintegrativa.org/?_escaped_fragment_=centro-de-medicina-integrativa-08/zoom/mainPage/imagejtk

Soplos cardíacos

Los soplos resultan de la turbulencia en la corriente de sangre que circula a gran velocidad que se desarrollan en una parte del ciclo cardíaco. Dicha turbulencia da origen a vibraciones que pueden ser audibles y se conocen con el nombre de soplos. (Villalba, 2012).

Fórmula de Reynolds (NR). Determina la probabilidad de que un paciente desarrolle un flujo turbulento (soplo) (Smith, 2006).

$$NR: (D * v * p) / n$$

Siendo **D** el diámetro del vaso sanguíneo, **v** la velocidad del flujo, **p** la densidad de la sangre y **n** la viscosidad de la sangre.

- Si el resultado es menor a 2000, será un flujo laminar es decir será lo normal.
- Si el resultado está entre los 2000 y los 3000 será un flujo inestable.
- Si el resultado supera los 3000 será un flujo turbulento (soplo) (Smith, 2006).

Los soplos se pueden deber a (Fernández, 2005):

1. Aumento de la corriente a través de las válvulas.
2. Corriente a través de una válvula que presenta estenosis, irregular o hacia un vaso dilatado.
3. Corriente a través de una válvula insuficiente.

Además, cuando hay presencia de soplos se deben tener en cuenta aspectos como (Fernández, 2005):

1. Localización del soplo en el ciclo cardíaco esto con el fin de distinguir qué tipo de soplo es.
2. Intensidad del soplo.

3. “Localización del soplo, se identifica el lugar de intensidad máxima del soplo ya que esto puede llegar a orientar el diagnóstico” (Fernández, 2005)
4. “Duración del soplo, según su extensión en la sístole o diástole, se hablaría de soplos cortos o largos”. (Fernández, 2005)

Clasificación de soplos

Soplos Inocentes. Los soplos inocentes pueden considerarse soplos normales, ya que no obedecen a ninguna enfermedad estos pueden ser sistólicos o continuos, son soplos cortos, de eyección, y no se presentan en estados hiperdinámicos ni acompañados por ruidos cardíacos patológicos (Smith, 2006).

Los tres tipos de soplos inocentes son el soplo carotideo, el soplo sistólico y el soplo de eyección pulmonar (Smith, 2006).

Soplos patológicos. Los soplos patológicos se dividen en funcionales y orgánicos, los funcionales se deben a:

1. Estados hiperdinámicos (Fiebre, anemia) (Fueron, 2005).
2. Estados de sobrecarga volumétrica (Estenosis relativa de válvulas tricúspide, pulmonar o mitral) (Fueron, 2005).

Los soplos orgánicos pueden ser:

1. Obstructivos (Estenosis) (Fueron, 2005).
2. Regurgitan tés (Insuficiencias vasculares) (Faerron, 2005).
3. Comunicantes (Faerron, 2005).

Auscultación del corazón

El campo de la auscultación cardiaca abrió hace mucho tiempo un camino para realizar un mejor diagnóstico de las enfermedades del corazón y la comprensión de esta misma; todo comenzó hace aproximadamente doscientos años (1755) cuando Jean Nicolás Corvisart, colocó su mano sobre el pecho en la zona precordial de uno de sus pacientes y noto un particular “crujido” que lo asocio al flujo de la sangre; poco después de esto en 1817 Delabera Blaine logró identificar este mismo “crujido” en perros sanos cuando colocaba su mano en el tórax de dichos animales (Rishniw, 2017), desde ahí la auscultación de los sonidos cardíacos es uno de los procedimientos clínicos de mayor relevancia para conocer el estado de salud de nuestros pacientes (Arévalo, 2005). Se realiza con el fin de evaluar la frecuencia, intensidad, duración, cantidad y calidad de los sonidos cardíacos. La escucha de los ruidos cardíacos también se usa para controlar la arritmia y diagnosticar enfermedades cardíacas (Duck et al, 2014).

“Los sonidos cardíacos se deben escuchar a nivel de cada una de las válvulas cardíacas, las cuales tienen la siguiente ubicación:

- **Pulmonar:** en el tercer o cuarto espacio intercostal, del lado izquierdo del tórax.
- **Aórtica:** en el cuarto o quinto espacio intercostal, del lado izquierdo del tórax.
- **Mitral:** en el quinto o sexto espacio intercostal, del lado izquierdo del tórax.
- **Tricúspide:** en el cuarto o quinto espacio intercostal, del lado derecho del tórax.”

(Rodríguez, 2013, p.24).

La auscultación requiere de experiencia que se logra con repetidas prácticas y paciencia y se deben tener en cuenta ciertos parámetros para realizar una óptima auscultación: el consultorio debe ser lo más silencioso posible (Chizner, 2008) y el cardiólogo deberá tener en cuenta que su paciente, la mayoría de veces, va estar en estado de estrés presentando ciertos factores que

alterarán los resultados ya que en un estudio realizado en el Reino Unido se demostró que hay una tendencia de interpretar los sonidos del corazón como anomalías y soplos cardíacos, y esto se debe al poco entrenamiento que tienen los estudiantes con respecto a la auscultación lo que conlleva a un mal diagnóstico de sus pacientes. (Owen et al, 2015). Por esta razón se hace necesario tener un muy buen entrenamiento y lograr diferenciar un sonido cardíaco de un soplo.

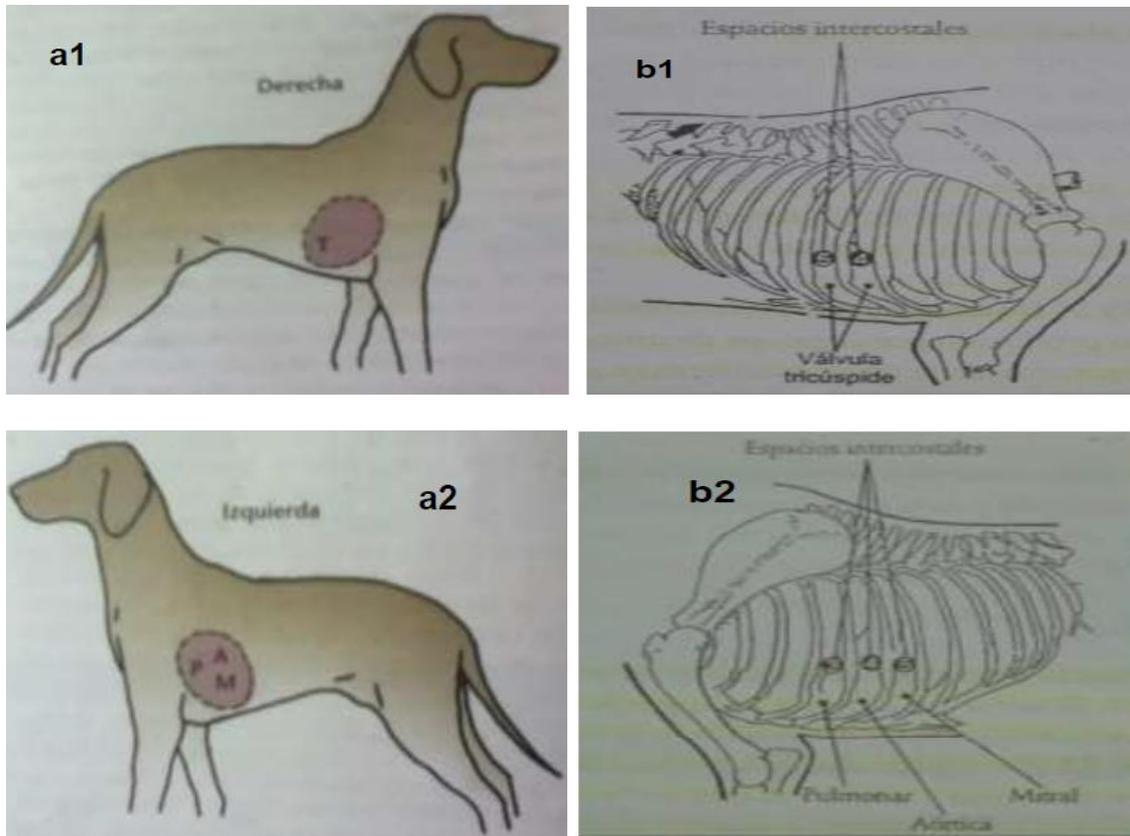


Imagen 3. “Se observa en imágenes (a1 y a2) el área de auscultación del corazón y en imágenes (b1 y b2) los espacios intercostales para ubicar las válvulas cardíacas” (Rodríguez A. K 2013, p.24 y 25).

Se han realizado avances importantes en la tecnología de auscultación cardíaca, siendo la cardiografía acústica una de ellos. Esta técnica se basa en la sincronización y grabación de la

electrocardiografía que va a proporcionar un examen más completo que incluye la evaluación mecánica y eléctrica de la función del corazón. Esta técnica se basa en tres partes fundamentales:

1. Una consola acústica con electrocardiograma que llevan son sensores conectados al pecho.
2. Equipo para el análisis de las señales.
3. Impresora para tener los resultados completos de los datos acústicos y los de la electrocardiografía.

La información que se graba con la acústica se procesa con la técnica de la transformada de wavelet que utiliza el tiempo de frecuencia para detectar el sonido del corazón y los intervalos entre cada sonido cardíaco.

La cardiografía acústica es una técnica que nos da la ventaja de tener un examen completo de la función del corazón. (Wen et al, 2013).

Existen varias características que se tienen en cuenta en el momento de la auscultación torácica para determinar la presencia de soplos: (1) El tiempo de ocurrencia y la duración del ciclo cardíaco, (2) la ubicación donde se ausculta la anormalidad, (3) el grosor de la pared torácica, (4) el perfil de la intensidad del sonido, (5) el tono y la calidad del sonido. Al considerar cada una de las características mencionadas se podrá determinar el soplo como patológico o no patológico (Sisson, 2003).

Estetoscopio. Se define como un dispositivo acústico, que logra amplificar los sonidos corporales para así lograr una mejor percepción especialmente de los sonidos cardíacos (Mondragón, 2008), transformándose en una herramienta de gran utilidad médica, especialmente en el diagnóstico clínico de enfermedades cardiacas (Ledezma, 2012). Tiene como objetivo transmitir los sonidos cardíacos con una menor distorsión y pérdida de amplitud.

La campana, ha sido diseñada para funcionar como un fonocaptor doble (Ledezma, 2012) y está relacionada con la presión aplicada a la pared torácica:

- Suave presión: Se transmiten mejor los sonidos de baja frecuencia como el tercer y cuarto tono y algunos soplos débiles (Zarco, 1973).
- Presión fuerte: Elimina las bajas frecuencias, se pueden escuchar con claridad el primer y segundo tono. (Zarco, 1973).



Imagen 4. Estetoscopio y sus partes.

Recuperado de: www.centraldecomprasanitaria.com/el-fonendoscopio-una-herramienta-indispensable/

Estetoscopio esofágico. Se usa durante un procedimiento operatorio, permite escuchar los sonidos de la respiración y del corazón más claro durante la cirugía, este estetoscopio puede percibir los cambios bruscos en la presión arterial. Su principal ventaja es que se evidencian los cambios en tiempo real y proporcionan más seguridad para el paciente al momento de la intervención (Park et al, 2012).



Imagen 5. Estetoscopio esofágico.

Recuperado de: www.doctorgimo.com/Estetoscopio-Esofagico-amplificador

Estetoscopio electrónico.



Imagen 6. Estetoscopio electrónico.

Recuperado de: www.dopedia.blogspot.com.co/2014/09/estetoscopio.htm

Fonocardiografía. Se define como una técnica que se utiliza para realizar un estudio no invasivo y que nos permite hacer un registro gráfico de los sonidos cardíacos (Ledezma, 2012).

La fonocardiografía tradicional brinda la posibilidad de grabar y analizar gráficamente los sonidos cardíacos. Esta técnica incluye una máquina de ECG convencional equipada con un micrófono mecánico para grabar los sonidos. (Voros K et al, 2015)

Es más útil para la identificación de los soplos y sus relaciones con los tonos cardíacos. Se usa para mejorar la exactitud de la auscultación.

Esta señal se debe a las vibraciones mecánicas que vienen del corazón, y que son transmitidas por los tejidos que están cerca a la pared torácica para determinar la frecuencia de los sonidos cardíacos. (Echeverry et al, 2007)

Los sonidos se convierten en señales electrónicas de forma análoga, y grabada en el papel de la máquina de ECG o en un monitor de ECG. (Voros K et al. 2015)

Al igual que con la cardiografía acústica se utiliza la técnica de la onda transformada para el procesamiento de las señales emitidas por la fonocardiografía esto permite tener la representación para medir la duración de los sonidos y ciclos cardíacos, teniendo una buena resolución en la frecuencia de cada sonido. (Castaño et al, 2007).

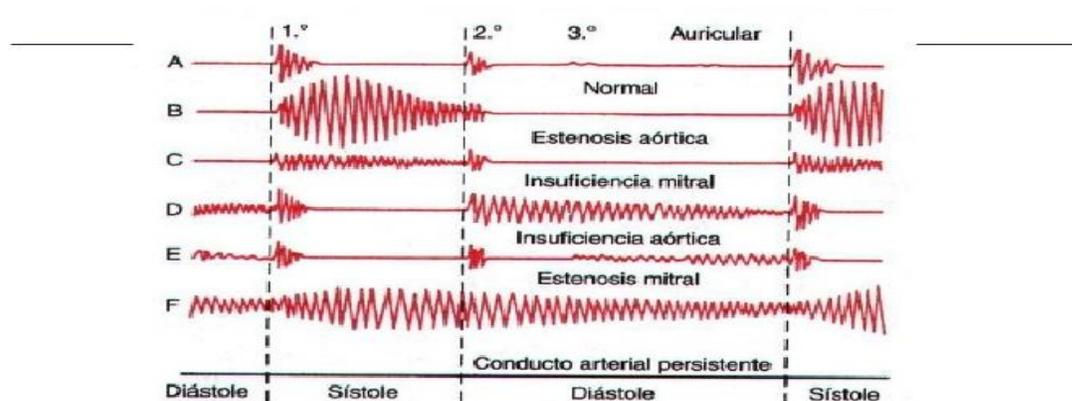


Imagen 7. Fonocardiograma de un corazón normal vs fonocardiogramas de corazones con diferentes patologías.

Recuperado de: <http://es.slideshare.net/CardioCastillo2009A/soplos>

Capítulo III

Metodología

Objetivos

General. Describir las propiedades físicas (frecuencia, duración y amplitudes) del sonido cardíaco (S_1) en caninos de diferentes tamaños.

Específicos.

- Realizar fonocardiogramas en perros de diferentes tamaños.
- Medir y comparar la duración del sonido cardíaco (S_1) en caninos de diferentes tamaños
- Medir y comparar la frecuencia del sonido cardíaco (S_1) en caninos de diferentes tamaños
- Medir y comparar la amplitud del sonido cardíaco (S_1) en caninos de diferentes tamaños

Tipo de estudio. El estudio es analítico, transversal y prospectivo.

Materiales y métodos.

Muestra. En el estudio se incluyeron 20 caninos clínicamente sanos, de cualquier sexo, raza y edad; quienes fueron agrupados de acuerdo al peso de la siguiente forma:

1. 1-10Kg.
2. 11-20Kg.

En cada grupo se incluyeron 10 perros.

Criterios de inclusión. Perros de cualquier sexo, raza, y edad clínicamente sanos y condición corporal ideal ($3/5$).

Criterios de exclusión. Perros que no estén clínicamente sanos, principalmente que tengan signos clínicos de enfermedad cardiovascular (soplos); o aquellos perros que tengan

condición corporal diferente a 3/5, esto es que se encuentren delgados o caquéticos ($<3/5$) o que se encuentren con sobrepeso u obesos ($>3/5$).

Metodología

Este estudio se realizó en la Clínica para pequeños animales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Antonio Nariño, ya que por la disponibilidad del equipo solo se pudo manejar en esta clínica. Los perros fueron sometidos a un examen clínico juicioso con el fin de reclutar aquellos caninos que presenten un examen clínico normal. Los propietarios de los caninos seleccionados firmaron un consentimiento informado autorizando a la universidad para utilizar los datos obtenidos. Una vez los caninos fueron reclutados, se dividieron en grupos de acuerdo al peso, fueron auscultados por el lado izquierdo durante un minuto y los sonidos cardíacos fueron grabados con un fonendoscopio electrónico y sifilógrafo (Biopac MP150®). Una vez grabados los sonidos, se exportaron a un computador con el fin de analizarlos por medio del software Acqknowledge® para Biopac®. Los sonidos que se analizaron fueron S_1 .

Las variables que se evaluaron en cada sonido incluyeron:

- **Frecuencia del sonido:** Amplitud máxima del sonido producido (Hz).
- **Duración del sonido:** Duración completa en ms del sonido producido.
- **Amplitud del sonido:** Intensidad del sonido producido (mV).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en cada grupo se compararon por medio de la prueba T Student no pareada a dos colas.

Análisis de resultados

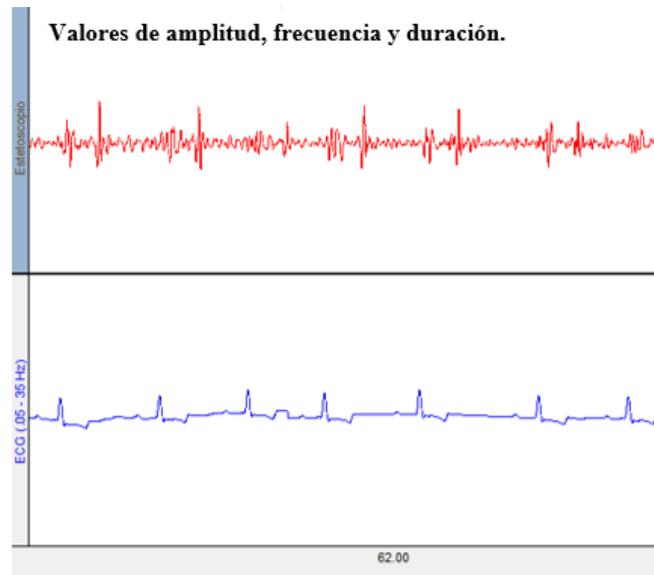


Imagen 8. Electrocardiograma (azul), y fonocardiograma (rojo) en el programa Acqknowledge® de un paciente elegido al azar.

Después de que los animales fueron auscultados por el lado izquierdo durante un minuto y los sonidos cardíacos fueron grabados; estos se exportaron a un computador para analizarlos por medio del software Acqknowledge® para Biopac®. Después se realizó la medición de S1 a partir del electrocardiograma, de los cuales se tomaron tres mediciones de amplitud, frecuencia y duración sacando el promedio, desviación estándar, valor máximo y valor mínimo de cada paciente en estas tres variables.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Resultados				
		Grupo 1	Grupo 2	Población total
Peso (kg)	Promedio	6,65	16,0	11,1
	Desviación estándar	1,9	3,8	5,5
	Mínimo	4,2	11	4,2
	Máximo	9,8	20,6	20,6
Edad	Promedio	5,3	5,0	5,0
	Desviación estándar	3,3	4,3	3,3
	Mínimo	1	0,16	0,16
	Máximo	8	10	10
Sexo	Macho	6	4	10
	Hembra	4	6	10

Tabla 1. Análisis descriptivo de la población total utilizada.

Raza	n	%
Poodle	6	30,00
Criollo	4	20,00
Schnauzer	2	10,00
Cocker Spaniel	1	5,00
Siberian Husky	2	10,00
Otros	5	25,00

Tabla 2. Análisis descriptivo de las razas utilizadas.

El presente estudio incluyó una totalidad de 20 perros clínicamente sanos, de los cuales 10 fueron machos y 10 fueron hembras, con un peso promedio de 11.1 ± 5.5 Kg, y una edad promedio de $5. \pm 3.3$ años. El peso del Grupo 1 tuvo un promedio de $6,6 \pm 1,9$ kg, una edad promedio de $5,3 \pm 3,3$, mientras que el Grupo 2 tuvo un promedio de $16,0 \pm 3,8$ Kg, y una edad promedio de $5,0 \pm 3,3$ años (Tabla 1). En este estudio se incluyeron perros de las razas Poodle (6), criollo (4), Schanauzer (2), Cocker Spaniel (1), Siberian Husky (2) y otras razas (4) (Tabla 2).

S1			
		Grupo 1	Grupo 2
Duración (Sec)	Promedio	63	71,3
	Desviación estándar	17,67	19,87
	Mínimo	40	40
	Máximo	100	100
Frecuencia (Hz)	Promedio	16,04	14,04
	Desviación estándar	3,93	3,89
	Mínimo	11,88	9,24
	Máximo	23,4	20,84
Amplitud (mV)	Promedio	0,31	0,35
	Desviación estándar	0,27	0,31
	Mínimo	0,03	0,11
	Máximo	1,04	1,16

Tabla 3. Estadística predictiva de S1.

Delta (duración) S1

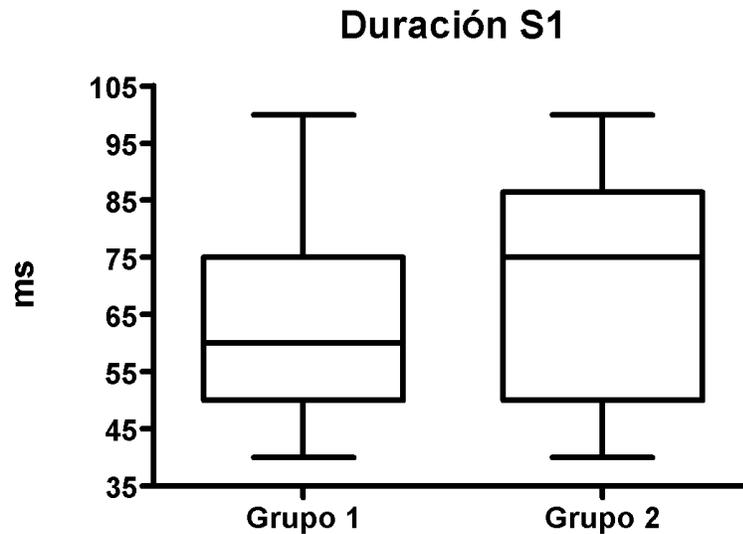


Imagen 9. Duración medida en segundos del primer sonido cardíaco S1.

En cuanto a la duración de S1, en la tabla 3, se evidencia que el grupo 1 tuvo un promedio de $63\text{ms} \pm 17,67$, mientras que el grupo 2 tuvo un promedio de $71,3\text{ms} \pm 19,87$. Al realizar la prueba de T-student se obtuvo un valor P de 0.33 por lo tanto no se evidencia diferencia estadística entre los dos grupos, aunque hay una tendencia del promedio del grupo dos a ser casi 20ms más largo que el del grupo 1 (Figura 1).

Frecuencia S1

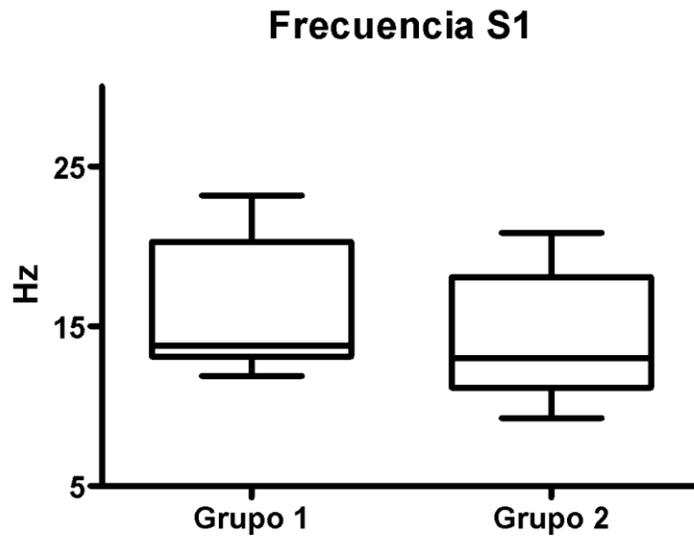


Imagen 10. Frecuencia medida en Hertz (Hz) del primer sonido cardiaco S1.

En cuanto a la frecuencia del sonido S1, en la tabla 3, se evidencia que el grupo 1 tuvo un promedio de 16,04 Hz \pm 3,93, mientras que el grupo 2 tuvo un promedio de 14,04 Hz \pm 3,89, y se obtuvo un valor P de 0.26. Por lo tanto, la amplitud del sonido S1 no presenta diferencia estadística entre los dos grupos (Figura 2).

Amplitud S1

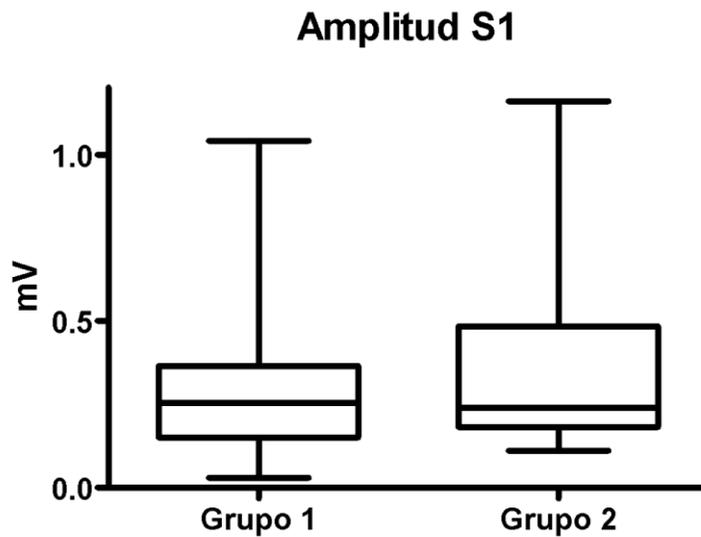


Imagen 11. Amplitud medida en mili voltios (mV) del primer sonido cardíaco S1.

Finalmente, la tabla 3 muestra que el sonido cardíaco S1, tuvo un promedio de $0,31 \text{ mV} \pm 0,27$ en el grupo 1, mientras que el grupo 2 tuvo un promedio de $0,35 \text{ mV} \pm 0,31$. Al realizar la prueba estadística se obtuvo un valor P de 0.75 por lo tanto tampoco hay diferencia estadística entre los dos grupos (Figura 2).

Discusión

El estudio realizado por Fazzalari, N.L y colaboradores en el año 1984, sugirió que los cambios en la frecuencia y amplitud de los sonidos podrían estar más relacionados a cambios dinámicos que ocurren durante el latido cardíaco, estos cambios son: el llenado ventricular turbulento, el movimiento de la válvula auriculo-ventricular, la vibración del miocardio y el músculo papilar. Por consiguiente, el tamaño del paciente no sería una variable influyente ya que los sonidos no siempre serán tomados en el punto de su mayor intensidad, ya que está demostrado que el lugar de mayor intensidad no es necesariamente el lugar de origen del sonido. (Fazzalari, 1984)

También se demostró que el cierre de la válvula mitral y otros parámetros fisiológicos como la frecuencia respiratoria, distensibilidad ventricular y la precarga influyen en las frecuencias de los sonidos, el grosor de la pared torácica es un factor que puede tener influencia en los cambios al momento de comparar entre varios animales. En nuestro estudio se tuvo en cuenta el tamaño y peso de los animales seleccionados y no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos de estudio. En el estudio realizado por Fazzalari N.L no se tuvo en cuenta este parámetro, el autor ya mencionado tomó animales sanos y grabó sonidos cardíacos mediante fonocardiografía, después de esto sacrifica a los animales incluidos en el estudio y tomó medidas de los músculos, las costillas y el músculo cardíaco, el autor encontró que la pared torácica se comporta como un filtro que favorece la transmisión de frecuencias bajas a expensas de frecuencias altas, sin embargo su papel es pasivo al momento de la transmisión de los sonidos cardíacos. Al compararlo con nuestro estudio, podemos confirmar que el tamaño del tórax y el peso del animal no es un parámetro que influya al momento de interpretar los sonidos cardíacos, ya que se demostró que hay otros criterios que podrían tener una mayor influencia como lo son:

la distensibilidad ventricular, la precarga y las variaciones respiratorias, esto fue demostrado por Fazzalari, N.L y colaboradores en el estudio “A study of the first heart sound spectra in normal anesthetized cats: possible origins and chest wall influences”, sin embargo; en estudios realizados por humanos se confirma lo mencionado por el autor como el realizado por Chizner Michael en el 2008 llamado Cardiac Auscultation: Rediscovering the Lost Art.

Thakur H.P en el 2017 estudió los cambios de los sonidos cardíacos ligados a la presencia de patologías cardíacas, en este se demostró que en momentos de isquemia cardíaca la amplitud de los sonidos cardíacos disminuye significativamente, al igual que en situaciones donde el miocardio como sistema de compensación a la injuria disminuye su contractilidad. Mientras que; cuando hay presencia de edema pulmonar donde hay un aumento de la precarga y la post-carga la amplitud de los sonidos cardíacos muestra un aumento. El fin del estudio “Haemodynamic monitoring of cardiac status using heart sounds from an implanted cardiac device” realizado por Thakur H.P y colaboradores fue imitar situaciones que se presentan durante la insuficiencia cardíaca para así lograr un diagnóstico temprano de esta mediante el análisis de la medición de los sonidos cardíacos. Estos cambios en los sonidos cardíacos se generan por varias razones, entre ellas la rigidez de los ventrículos, un llenado temprano restrictivo y desaceleraciones de la sangre más cortas (Thakur, 2017).

Al igual que en el estudio realizado por Fazzalari, N.L, para este no se tuvieron en cuenta el tamaño ni el peso de los animales seleccionados, los cambios que tuvieron los sonidos cardíacos fueron directamente relacionados con otras variables, esto junto con los resultados evidenciados en nuestro estudio nos demuestra que los cambios en los sonidos cardíacos no están ligados al peso o al tamaño del tórax del animal en que son tomados, si no a la presencia o no de patologías cardíacas, lo que en el análisis demuestra que los cambios en los mismos podrían

tener utilidad en el diagnóstico de las mismas y los resultados obtenidos no estarían sesgados por el tamaño del animal.

En estudios realizados en humanos se demostró que factores como la estructura corporal, la conformación torácica y otros factores no asociados con el corazón como lo son: la obesidad, el aumento del grosor de la pared torácica o un derrame pericárdico; pueden influir en cambios al momento de la auscultación de los sonidos cardiacos, ya que hay una mala conducción del sonido (Chizner, 2008), esto sin estar relacionado a cambios patológicos cardiacos. En nuestro estudio y relacionando la bibliografía ya presentada no ocurre lo mismo en animales, ya que en base a la bibliografía recuperada los cambios en la auscultación están más relacionados con patologías cardiacas que con el peso o la conformación anatómica de los animales, además en nuestro estudio se usaron animales sanos y con una adecuada condición corporal ya que hay estudios que demuestran que los perros obesos presentan cambios en el sistema autónomo observando una disminución en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en comparación con los perros de peso ideal, lo que sugiere un menor control autónomo parasimpático en perros obesos (Dos Santos M. et al 2019)

Dos Santos en el año 2019 tomo 20 perros raza Beagle con problemas de obesidad, se realizó clasificación de la condición corporal, electrocardiografía y examen clínico completo, antes y después de iniciar planes de nutrición para mejorar la condición corporal. Al finalizar el estudio que tuvo una duración de seis meses, se evidenció que la frecuencia cardiaca tendió a reducirse conforme fue avanzando el tratamiento nutricional, no se demostró si esto fue por una supresión del sistema simpático o un aumento en el sistema parasimpático, sin embargo con base al intervalo RR de los electrocardiogramas realizados se supuso que se debía a una disminución en tono parasimpático asociado a la obesidad. Los hallazgos de las frecuencias cardiacas

comparadas con estudios realizados en humanos reforzaron el hecho de que en animales obesos hay una mayor influencia de la actividad parasimpática, esta influencia está dada por la acción directa de la liberación de acetilcolina en los receptores muscarínicos del nódulo sinusal. (Dos Santos M. et al 2019)

Limitaciones del estudio

Dentro de las limitaciones del presente estudio tenemos la dificultad al momento de encontrar información y estudios previos confiables sobre el tema, ya que no han habido investigaciones anteriores sobre el tema, lo cual nos limitó al momento de realizar el análisis.

Otra limitación fue la cantidad de animales usados en los grupos, el reclutamiento de pacientes genero dificultad, la misma razón por la que no se encontraron pacientes de más de 41 kilos, esto es una limitación ya que disminuye el tamaño de la muestra. Para mejorar esto, cada grupo debería poseer un número de animales mayor al que ya tiene y debería haber más grupos que abarquen pesos mayores. Además; se tomaron medidas de los tórax de los animales reclutados, sin embargo, estos tamaños no se tuvieron en cuenta al momento de realizar el estudio, solamente se tuvieron en cuenta las variables de los sonidos entre los diferentes pesos.

Conclusiones

De nuestro estudio podemos concluir que a pesar de que hay estudios que en humanos demuestran cambios al momento de la auscultación ligados con diferencias de tamaño entre los individuos, con nuestro trabajo demostramos que no hay diferencia en la frecuencia, amplitud y duración de los sonidos. A pesar de que la medición se realice en diferentes individuos con conformaciones anatómicas diferentes; además este es el primer estudio en el que se evalúan parámetros como los ya mencionados en los sonidos cardíacos en animales sanos.

Sin embargo, con base en la bibliografía presentada y el hecho de que los animales de este estudio eran sanos se puede concluir que los cambios tanto en la auscultación como en el análisis de parámetros como la frecuencia, duración y amplitud se pueden relacionar más con patologías cardíacas que con factores extra cardíacos lo cual podría ser útil para diagnosticar enfermedades cardíacas de manera temprana, en estos casos el uso de la fonocardiografía es de alto valor, ya que como fue mencionado anteriormente el oído humano no posee una alta sensibilidad para poder escuchar todos los cambios cardíacos posibles mediante la auscultación.

Revisión bibliográfica

- Wen Y, Lee A, Fang F, Jin C, Yu C. (2013). *Beyond auscultation: acoustic cardiography in clinical practice*. International Journal of Cardiology 172 (2014) 548–560.
- Owen Samantha Jayne y Wong Kenneth. (2015). *Cardiac auscultation via simulation: a survey of the approach of UK medical schools*. Biomed Central DOI 10.1186/s13104-015-1419-y.
- Rodriguez AK, 2013. *Abordaje del paciente canino cardíopata*. (trabajo de grado). Universidad de Veracruzana. Veracruz.
- Villalba Orero (2012), *Valoración clínica de soplos cardíacos*. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. ISSN-e 1988-2688.
- Sisson David. (2003). *The cardiovascular physical exam: cardiac auscultation*. The North American Veterinary Conference.
- Echeverry Julia, Lopez Andres, Lopez Juan (2007). *Reconocimiento de valvulopatías cardíaca en señales de fonocardiografía empleando la transformada GABOR*. Universidad tecnológica de pereira. ISSN 0122-1701
- Castaño Andrés, Delgado Edilson, Godino Juan (2007), *Análisis Acústico sobre Señales de Auscultación Digital para la Detección de Soplos Cardíacos*. Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol.4 No. 3, Diciembre de 2007, Medellín, ISSN 1657-7663.
- Faerron A (2005). *Abordaje clínico de soplos cardíacos en la población pediátrica*. Apdo. 1654-1000, San José, Costa Rica, San José, San José, CR, 10105-1000, (506) 2523-3600
- Fernandez Pineda L y López Zea M. (2005) *Exploración Cardiológica*. Madrid: Exlibris Ediciones; 2005. p. 177-185.
- Park SH, Shin YD, Bae JH, Kwon EJ, Lee TS, Shin JY, Kim YC, Min GD, y Kim Mh. (2013)

- Heart sounds analysis via esophageal stethoscope system in beagles.* J Clin Monit Comput. 2013 Oct;27(5):535-9. doi: 10.1007/s10877-013-9459-0. Epub 2013 Mar 26.
- Smith Francis, Tilley Larry (1995). *Interpretación rápida de los ruidos cardiacos, soplos y arritmias.*
- Zarco Pedro (1973). *Exploración clínica del corazón.*
- Tamariz Martel M (2016). *Auscultación cardíaca.* *Pediatr Integral* 2016; XX (8): 560.e1–560.e5
- Cortes G. (2003). *Semiología cardíaca normal en el niño. ¿Cuándo sospechar una cardiopatía? Soplo inocente versus orgánico, ¿Cuándo se trata realmente de una arritmia? ¿Cuándo referir al especialista?* Rev. chil. pediatr. v.74 n.3 Santiago jun. 2003
- Kirby Brian y MacLeod Kenneth. (2006). *Clinical examination of the heart.* DOI: <https://doi.org/10.1383/medc.2006.34.4.123>.
- Navarro R y Perdomo. (2003), *Propedéutica clínica y semiología médica.* Recuperado de:<https://clea.edu.mx/biblioteca/PROPEDEUTICA%20CLINICA%20Y%20SEMIOLOGIA%20MEDICA%20Tomo%20I.pdf>
- McGee Steven. (2012) *Evidence based physical diagnosis.*
- Randhawa A y Singh M. (2015). *Classification of heart sound signals using multi-modal features.* *Procedia Computer Science* 58 165-171
- Chizner M. (2008), *Cardiac Auscultation: Rediscovering the Lost Art.* *Curr Probl Cardiol.* 2008 Jul;33(7):326-408. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003.
- Fazzalari, N.L., Mazumdar, D.N, ET AL (1984). *A Study Of the First Heart Sound Spectra in Normal Anesthetized Cats: Possible Origins and Chest Wall Influences.*
- Thakur H, An Qi, Swanson L, Zhang Yi, Gardnet S (2017). *Haemodynamic monitoring of cardiac status using heart sounds from an implanted cardiac device.*

- Ortega HA, Calderon XF, 2016. *El corazon y sus ruidos cardiacos normales y aregados*. Revista de la facultad de medicina de la UNAM. Vol. 59, N.º 1. Marzo-Abril.
- Duck Y, Hoon K, Wook Y, Ho J, Soo T, Hwan M, Jin Y. 2014. *The correlation between the first heart sound and cardiac output as measured by using digital esophageal stethoscope under anaesthesia*. Pak J Med Sci. 2014 Mar-Apr; 30(2): 276–281.
- Arévalo A. 2005. *Diseño y construcción de una estetoscopio basado en un pc*. Universidad Manuela Beltran. Facultad de Ingeniería Biomédica.
- Ledezma UF. 2012. *Diseño y estudio de un fonocardiografo aplicado al análisis de sonidos cardiacos* (trabajo de grado). Centro de investigaciones en optica, A.C.
- Voros K, Nolte I, Hungerbuhler S, Reiczigel J, Ehlers J, Tater G, Mischke R, Zimmering T, Schneider M. 2010 *Sound recording and digital phonocardiography of cardiac murmurs in dogs by using a sensor - based electronic stethoscope* Acta. Veterinaria Hungarica 59 (1), pp. 23–35 (2011)
- Dos Santos Filho M, Hainfellner D, Lemos N, Mendes C, Malandrim P, Campos J., Ballot S, Oliveira P, Paiva J, (2019). *Influence of weight loss on heart rate variability in dogs*. Brazilian Journal of Veterinary Medicine, 40, e98119.
- Mondragon NA, Monroy de León B, Muñoz de la teja N. 2008. *Estetoscopio electrónico inalámbrico* (trabajo de grado). Tecnológico de Monterrey, Ciudad de México.
- Rishniw M. 2017. *Murmur grading in humans and animals past and present*. Veterinary Information Network, 777 W Covell Blvd, Davis, CA 95616, USA