

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TITULO:

“Parámetros ecocardiográficos en modo b/m, electrocardiográficos, presión arterial, saturación de oxígeno, valores hematológicos evaluados en 2 pisos altitudinales en perros sanos”

**“Tesis previa a la obtención del título
de Magíster en Medicina Canina y Felina”**

Autor: Diana Elizabeth Romero Labanda. M.V.Z., Esp. C.I: 1718946765

Director: Dr. Fredi Marco Carpio Alemán. Mg Sc. C.I: 1900298660

CUENCA – ECUADOR

2018



RESUMEN

El objetivo de la presente investigación, fue establecer parámetros referenciales ecocardiográficos, electrocardiográficos, presión arterial, saturación de oxígeno y valores hematológicos (Hematocrito, Hemoglobina, Eritrocitos) en perros sanos en dos pisos altitudinales. Se utilizaron un total de 24 perros mestizos clínicamente sanos, en cada piso altitudinal con diferente sexo, edad, peso, se realizó a cada paciente los estudios antes propuestos. Se utilizó una estadística descriptiva para los datos de parámetros eco-cardiográficos, electrocardiográficos, valores de presión arterial, saturación de oxígeno y valores hematológicos, se aplicó la prueba T-Student para determinar diferencias estadísticas entre las categorías altitud, sexo, edad, peso, mediante el software SPSS. Analizados los resultados, se obtuvo una relación estadística significativa ($P < 0,05$) del volumen eyectivo en diferentes pisos altitudinales y peso (Kg), la variable sexo y edad no presentaron relación estadística significativa ($P > 0,05$), los parámetros electrocardiográficos y presión arterial, no presentaron diferencia estadística en ninguna de las variables planteadas, a diferencia de la relación significativa ($P < 0,05$) presentada en el porcentaje de saturación de oxígeno según el piso altitudinal y sexo, los valores hematológicos presentaron valores con relación estadística altamente significativa ($P < 0,05$) a nivel de los pisos altitudinales y sexo. En conclusión la diferencia altitudinal es un factor que puede llegar a modificar parámetros como: volumen de eyección, porcentaje de saturación de oxígeno, que disminuyen a medida que aumenta la altitud, aumento de los valores hematimétricos a mayor altitud, por efecto de una mayor eritropoyesis en presencia de hipoxemia, todo esto en animales clínicamente sanos.

PALABRAS CLAVE: VOLUMEN EYECTIVO, OXÍGENO, ALTITUD, HEMATOCRITO, HEMOGLOBINA, ERITROCITOS.



ABSTRACT

The objective of the present investigation was **to establish referential parameters echocardiographic, electrocardiographic, blood pressure, oxygen saturation and hematological values (Hct, Hb, Erythrocytes) in healthy dogs in two altitudinal levels**. A total of 24 clinically healthy mongrel dogs were used, at different altitudinal floor with different sex, age, weight, each study was carried out for each patient. A descriptive statistic was used for the data of echocardiographic, electrocardiographic parameters, systolic blood pressure values, oxygen saturation and hematological values, the "T-Student" test was applied to determine statistical differences between the categories altitude, sex, age, weight, using the SPSS software. After analyzing the results, we obtained a significant statistical relationship ($P < 0.05$) of the stroke volume in different altitudinal floors and weight (Kg), the sex and age variable did not present a significant statistical relationship ($P > 0.05$), the parameters Electrocardiographic and blood pressure, did not present statistical difference in any of the proposed variables, unlike the significant relationship ($P < 0.05$) presented in the percentage of oxygen saturation according to the altitudinal floor and sex, the hematological values presented values with highly significant statistical relationship ($P < 0.05$) at the level of altitudinal floors and sex. In conclusion, the altitudinal difference is a factor that can modify parameters such as: stroke volume, percentage of oxygen saturation, which decrease as altitude increases, increased hematimetric values at higher altitude, due to a greater erythropoiesis in presence of hypoxemia, all this in clinically healthy animals.

KEYWORDS: EYEACTIVE VOLUME, OXYGEN, ALTITUDE, HEMATOCRIT, HEMOGLOBIN, ERYTHROCYTES.



INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	8
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Fisiología cardiovascular	13
2.2 Ecocardiografía.....	14
2.2.1 Principales Ventanas Ecocardiográficas	15
2.2.1.1 Incidencias para-esternales derecha en eje largo.....	15
2.2.1.2 Incidencias para-esternales derecha en eje corto.....	16
2.2.2 Fracción de Eyección.	17
2.2.3 Fracción de Acortamiento.....	17
2.2.4 Volumen de Eyección.	18
2.2.5 Relación atrio izquierdo / aorta.	19
2.3 Electrocardiografía.....	20
2.3.1 Parámetros analizados del electrocardiograma.	21
2.4 Presión arterial	23
2.4.1 Conceptualización.....	23
2.4.2 Valoración Clínica de la Presión Arterial	24
2.4.3 Diagnóstico clínico de la alteración de la presión arterial	25
2.5 Saturación de oxígeno.....	26
2.5.1 Transporte de oxígeno a los tejidos.....	26
2.5.2 Alteraciones de la saturación de oxígeno.....	27
2.5.3 Medición de la saturación de oxígeno.....	27
2.6 Hematología.....	28
2.6.1 Hematocrito.....	28
2.6.2 Hemoglobina (Hb)	29
2.6.3 Eritrocitos (Ert)	29
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Materiales.....	30



3.1.1 Recursos Biológicos.....	30
3.1.2 Materiales de Campo	30
3.2 Localización	30
3.3 Caracterización de la Unidad de Análisis	30
3.4 Metodología	31
3.4.1 Muestra y selección de pacientes	31
3.4.2 Valoración de las variables propuestas	31
3.4.3 Medición de valores hematimétricos (eritrocitos, hemoglobina, hematocrito).....	31
3.4.4 Determinación de presión arterial sistólica	31
3.4.5 Medición del nivel de saturación de oxígeno.....	32
3.4.6 Determinación de parámetros electrocardiográficos.....	32
3.4.7 Determinación de parámetros ecocardiográficos	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	33
4.1 Parámetros ecocardiográficos en Modo B/M según el piso altitudinal, sexo, edad, peso.....	33
4.2 Parámetros Electrocardiográficos según el piso altitudinal, sexo, edad, peso	34
4.3 Valores de saturación de oxígeno y presión arterial según el piso altitudinal, sexo, edad, peso.	35
4.4 Valores Hematológicos según el piso altitudinal, sexo, edad, peso	36
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	38
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
6.1 Conclusiones	44
6.2 Recomendaciones	44
CAPÍTULO VII: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	45
CAPÍTULO VIII: ANEXOS.....	53



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Media y error estándar de Parámetros ECG en perros sanos según el piso altitudinal, edad, peso.	33
Tabla 2. Media y error estándar de Parámetros ECG en perros sanos según el piso altitudinal, sexo.	34
Tabla 3. Media y Error estándar de Parámetros Electrocardiográficos en perros sanos según el piso altitudinal, edad, peso.	34
Tabla 4. Media y Error estándar de Parámetros Electrocardiográficos en perros sanos según el piso altitudinal, sexo.	35
Tabla 5. Media y Error Estándar de Valores de Saturación de Oxígeno y Presión arterial según el piso altitudinal, edad, peso.	35
Tabla 6. Media y Error Estándar de Valores de Saturación de Oxígeno y Presión arterial según el piso altitudinal, sexo.....	36
Tabla 7. Media y Error estándar de Valores Hematológicos según el piso altitudinal, edad, peso.....	36
Tabla 8. Media y Error estándar de Valores Hematológicos según el piso altitudinal, sexo.	37



LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ecocardiografía en Modo B ventana para esternal derecha. (A) Corte transversal a nivel de los músculos papilares. (B) Corte sagital de 4 cámaras. (C) Corte Transversal o eje corto a nivel de la válvula aórtica (Fuentes, 2016). 14
- Figura 2.** Ecocardiografía en Modo-M a través de una ventana para-esternal derecha. Corte transversal A. Nivel de los músculos papilares. (B) A nivel de la válvula mitral. (C) A nivel de la aorta y atrio izquierdo (Fuentes, 2016). 15
- Figura 3.** Principales cortes para-esternal derecho en eje largo. A. Vista normal de 4 cámaras, B. Vista normal de 5 cámaras (DeFrancesco, 2016). 16
- Figura 4.** Principales cortes para-esternal derecho en eje corto. A. Vista configuración de hongo, B. Vista relación atrio izquierdo/ aorta (La/ Ao) (DeFrancesco, 2016). 16
- Figura 5.** Ecocardiografía en Modo-M de la Aorta (Ao) y atrio izquierdo (LA), eje corto a través de vista para esternal derecha (autor). 19
- Figura 6.** Diagrama de las 6 derivaciones: bipolares y unipolares aumentadas, las flechas azules indican la dirección de la onda de despolarización que viaja a través del corazón (Martin, 2015). 21



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

FE: Fracción de Eyección

FA: Fracción de Acortamiento

DVID: Diámetro del Ventrículo Izquierdo en Fin de Diástole

DVIS: Diámetro del Ventrículo Izquierdo en Fin de Sístole

VFD: Volumen en fin de Diástole

VFS: Volumen en fin de Sístole

VS: Volumen Sistólico o Eyectivo

Hct: Hematocrito

Hb: Hemoglobina

Erit: Eritrocitos

Ao/Ai: Relación aorta /atrio izquierdo



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Diana Elizabeth Romero Labanda, autora del trabajo de titulación “**Parámetros Ecocardiográficos en modo B/M, Electrocardiográficos, Presión Arterial, Saturación de Oxígeno, Valores Hematológicos evaluados en 2 pisos Altitudinales en perros sanos**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 15 de noviembre de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'D' followed by several loops and a horizontal line.

Diana Elizabeth Romero Labanda

C.I: 1718946765



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, Diana Elizabeth Romero Labanda en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Parámetros Ecocardiográficos en modo B/M, Electrocardiográficos, Presión Arterial, Saturación de Oxígeno, Valores Hematológicos evaluados en 2 pisos Altitudinales en perros sanos”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de noviembre de 2018

Diana Elizabeth Romero Labanda

C.I: 1718946765



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La enfermedad cardiaca izquierda o derecha se asocian a diversos procesos de remodelación cardiaca, dilatación auricular, que conllevan finalmente a la insuficiencia cardiaca, además la hipertensión pulmonar ocasionada por la presión aumentada del atrio izquierdo genera vasoconstricción arterial pulmonar (Baron et al., 2016).

Actualmente existen varias herramientas diagnósticas no invasivas empleadas en la especialidad de cardiología, una de ellas la ecocardiografía que permite evaluar parámetros de funcionalidad cardiaca como: la fracción de acortamiento, fracción de eyección, diámetros ventriculares tanto en sístole y diástole (Moise & Fox, 1988). Menciona Boon (2012) que estos parámetros pueden obtenerse mediante estudios sencillos de ecocardiografía en modo M y Bidimensional, con aportes significativos en el pronóstico de enfermedades cardiovasculares, y monitoreo de salud en pacientes clínicamente sanos.

Un estudio ecocardiografico con 61 perros sanos, realizado por Álvarez, Ortiz, & Cruz (2010), en Bogota-Colombia a 2600 msnm, sugiere la importancia de valorar la función cardiaca a diferentes alturas, debido a que el corazón debe adaptarse a los niveles altitudinales en los que se encuentre el animal, en donde la hipoxia hipobárica puede afectar el funcionamiento cardiovascular con alcances clínicos que no siempre son detectadas en un examen clínico básico por ser pacientes inicialmente asintomáticos pero con posible desarrollo de cardiopatías.

Estudios como los de Sánchez Klinge & Venegas Cortés (2008), también evaluaron la función cardiaca mediante electrocardiografía en tres pisos altitudinales diferentes 2600, 1700, y 326 msnm, obteniendo diferencias significativas con relación a los pisos altitudinales y peso de los animales, demostrándose la importancia que esta información adquiere cuando se busca estudiar anomalías cardiacas en animales que viven a diferentes alturas sobre el nivel del mar. Razón por la cual se propone en esta investigación los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo General

- Establecer parámetros referenciales ecocardiográficos, electrocardiográficos, valores de la presión arterial, saturación de oxígeno y valores hematológicos (Hct, Hb, Eritrocitos) en perros sanos en las Ciudades de Machala y Cuenca.



1.2 Objetivos Específicos.

- Determinar los principales parámetros ecocardiográficos en modo B/M según el sexo, peso, edad, raza.
- Establecer las medidas del electrocardiograma por el sexo, peso, edad, raza.
- Determinar los valores de hematocrito, hemoglobina, eritrocitos, presión arterial y saturación de oxígeno por el sexo, peso, edad, raza.
- Comparar los parámetros y valores obtenidos del electrocardiograma, ecocardiografía, saturación de oxígeno, presión arterial y valores hematológicos en 2 pisos altitudinales.



CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fisiología cardiovascular

El sistema cardiovascular cumple funciones de suministro de oxígeno y nutrientes a los tejidos corporales, remoción de dióxido de carbono, mediante la circulación de sangre que es bombeada por el corazón, está compuesto por 4 cámaras; el atrio izquierdo, que recibe sangre del sistema pulmonar mediante la venas pulmonares, posteriormente pasa al ventrículo izquierdo mediante la apertura de la válvula mitral para luego ser eyectada sangre libre de dióxido de carbono a la circulación sistémica mediante la aorta, el atrio derecho recibe sangre venosa por medio de la vena cava superior, luego pasa a través de la válvula pulmonar hacia el ventrículo derecho para ser eyectada a través de la válvula pulmonar hacia el sistema pulmonar, mediante la arteria pulmonar derecha e izquierda (Hamlin , 1988).

El corazón manejan dos tipos de presiones de perfusión, una alta correspondiente al circuito sistémico 95 mm Hg que genera mayor presión para bombear la sangre a través de la válvula aortica hacia la circulación sistémica y a su vez mantener el impulso necesario para que retorne a la aurícula derecha (Desmarás & Mucha, 2001) y un sistema de baja presión 8 mm Hg, que se genera al recibir la sangre venosa en la aurícula derecha y bombearla a la válvula pulmonar hacia los capilares pulmonares que tienen baja resistencia (Álvarez & Cruz, 2011).

En el sistema cardiovascular el gasto cardiaco o volumen minuto (GC), representa la cantidad o volumen total de sangre que es eyectada hacia la aorta en 1 minuto, es una determinante fundamental cuya fórmula de cálculo es: $GC = VS \times FC$, es igual al volumen sistólico o Eyectivo (VS) multiplicado por la frecuencia cardiaca (Stephenson, 2009), la cantidad de este volumen eyectado puede modificarse o verse influenciado por factores como; la precarga, poscarga, contractibilidad, la distensibilidad, tiempo de llenado, la frecuencia cardiaca también puede modificar los valores, si está aumenta se incrementa el gasto cardiaco (Boon, 2012).

La precarga es la presión que se genera dentro ventrículo durante llenado diastólico, en donde la longitud de las subunidades funcionales los cardiomiocitos se estiran para recibir la sangre y a su vez se prepara para la siguiente contracción, esta cantidad presión ventricular al final de la diástole se considera como una medida de precarga (Knight & Sleeper, 2000). La presión que el ventrículo tiene vencer para eyectar la sangre hacia la circulación a través de las arterias, se considera poscarga cardiaca, si la poscarga esta aumentada, se dificulta al ventrículo la expulsión de la sangre, limitando de forma significativa el volumen de eyección (Cunningham, 2009).

La fuerza intrínseca de contracción que ocurre a una precarga y una poscarga determinadas se conoce como contractibilidad, este proceso requiere de calcio intracelular libre disponible durante la sístole, el trifosfato de adenosina (ATP) y otros agentes inotrópicos positivos que aumenta la fuerza del pico de la

contracción y a su vez reducen el volumen sistólico final ventricular (Ware, 2007).

La frecuencia cardíaca es otro determinante del gasto cardíaco que normalmente se encuentra influenciado bajo la acción del sistema nervioso autónomo simpático, causando un aumento de la frecuencia cardíaca, generando un mayor consumo de oxígeno por el miocardio, además se reduce el tiempo diastólico y acorta la fase de llenado ventricular, cuando hay acción del sistema nervioso parasimpático el tiempo de llenado ventricular se prolonga, aumenta el gasto cardíaco y disminuye la contracción por depresión del miocardio (Álvarez & Cruz, 2011).

2.2 Ecocardiografía

La ecocardiografía es una herramienta de diagnóstico no invasivo empleada en la valoración funcional del corazón, evaluación de la función sistólica y diastólica, medición de diámetros de las cámaras cardíacas, grosor de las paredes, morfología de las válvulas (John & Durham, 2017).

Recomienda Boon (2012) que la interpretación de un estudio ecocardiográfico se debe realizar en forma cualitativa y cuantitativa empleando 3 modalidades: modo B o bidimensional (figura 1), presenta imágenes del corazón y las estructuras circundantes en el monitor en tiempo real, mejora la apreciación de la anatomía, fisiología y patología, modo M o modo de movimiento (figura 2) es una imagen en movimiento, en donde solo las estructuras asociadas al cursor se ven en profundidad en el eje Y y en el tiempo en el eje X, mientras que Fuentes (2016) recomienda el estudio Doppler para estimar la velocidad y la dirección de flujo sanguíneo o movimiento del miocardio.

La evaluación de la función cardíaca, puede encontrarse afectada por determinantes del rendimiento cardíaco como: frecuencia cardíaca, precarga, poscarga, contractibilidad, además la influencia de la edad, raza, tamaño, nivel de ejercicio, y factores externos operador-dependiente, que deben tomarse en cuenta al momento de realizar un análisis global junto con los signos clínicos del paciente (Hall, Cornell, Crawford, & Brown, 2008).

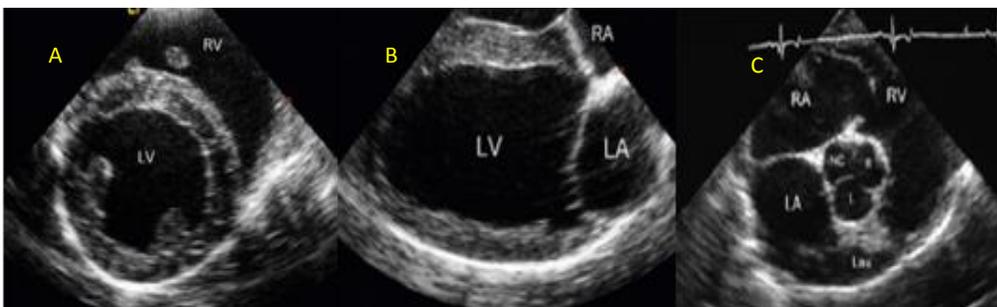


Figura 1. Ecocardiografía en Modo B ventana para esternal derecha. (A) Corte transversal a nivel de los músculos papilares. (B) Corte sagital de 4 cámaras. (C) Corte Transversal o eje corto a nivel de la válvula aórtica (Fuentes, 2016).

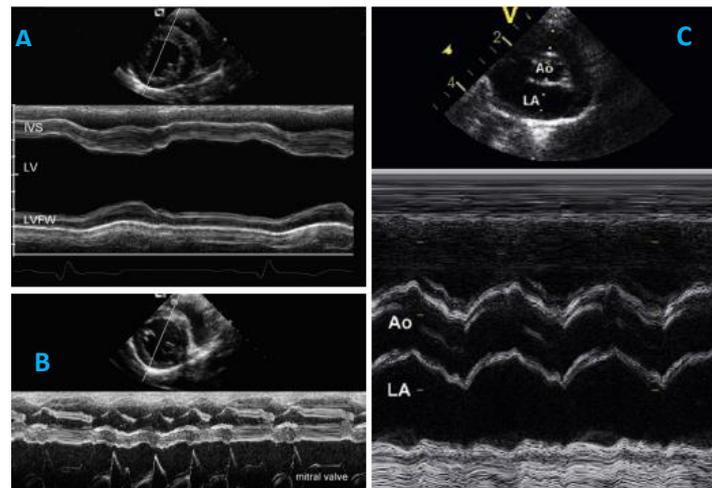


Figura 2. Ecocardiografía en Modo-M a través de una ventana para-esternal derecha. Corte transversal A. Nivel de los músculos papilares. (B) A nivel de la válvula mitral. (C) A nivel de la aorta y atrio izquierdo (Fuentes, 2016).

La técnica y preparación para realizar un estudio ecocardiográfico, no es complejo, se debe rasurar las zonas precordial derecha e izquierda, que constituirán las ventanas de abordaje, mismas que pueden identificarse a la palpación de los impulsos apicales en los espacios intercostales, él paciente debe familiarizarse con la posición decúbito lateral en estación o sentado para realizar el estudio (Bonagura & Fuentes, 2015).

2.2.1 Principales Ventanas Ecocardiográficas

2.2.1.1 Incidencias para-esternales derecha en eje largo

Para realizar los abordajes para esternales, el paciente debe colocarse en decúbito lateral derecho y el transductor se ubicara entre el 4 o 5 espacio intercostal cerca de la unión costochondral, el marcador del cabezal del transductor debe estar en dirección hacia la cabeza del paciente, en esta posición no se mueve el transductor solo se realiza el movimiento de rotación y barrido en el mismo lugar para ir evaluando las cámaras cardíacas como se indica en la figura 3 (DeFrancesco, 2016).

Generalmente se obtiene una primera imagen que corresponde a las cuatro cámaras, el ápex cardiaco (ventrículo) se visualizará en el lado izquierdo de la pantalla y los atrios en la zona derecha, para visualizar la salida del ventrículo izquierdo, la válvula aórtica y su raíz junto con la aorta ascendente proximal se debe rotar ligeramente el transductor en sentido de las agujas de reloj (Kienle & Thomas, 2004).

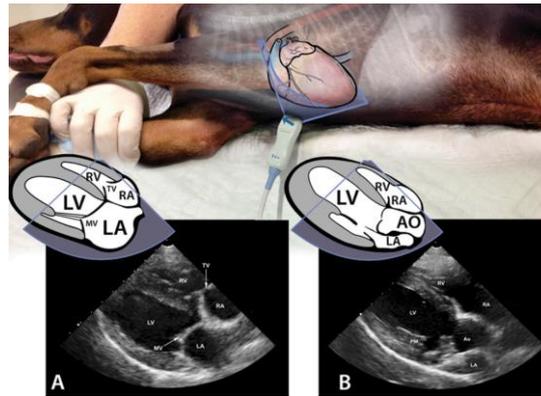


Figura 3. Principales cortes para-esternal derecho en eje largo. A. Vista normal de 4 cámaras, B. Vista normal de 5 cámaras (DeFrancesco, 2016).

2.2.1.2 Incidencias para-esternales derecha en eje corto

La incidencia para-esternal se obtiene con el paciente en decúbito lateral, con el transductor entre tercer y sexto espacio intercostal se debe girar 90° transversalmente el transductor del plano del eje largo, la marca de referencia debe apuntar hacia los codos y esternón (John & Durham, 2017), se obtienen cinco imágenes: la primera se evidencia el ventrículo izquierdo con los músculos papilares, luego el ventrículo izquierdo y cuerdas tendinosas, ventrículo izquierdo y válvula mitral, base del corazón y la aorta, y finalmente la base del corazón-arteria pulmonar (Boon, 2012), una simetría circular del ventrículo izquierdo o de la raíz aórtica es un buen indicador de la correcta realización del corte transversal del corazón (Kienle & Thomas, 2004).

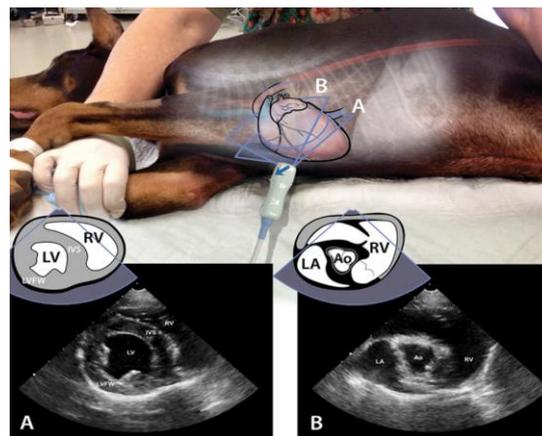


Figura 4. Principales cortes para-esternal derecho en eje corto. A. Vista configuración de hongo, B. Vista relación atrio izquierdo/ aorta (La/ Ao) (DeFrancesco, 2016).



2.2.2 Fracción de Eyección.

John & Durham (2017), considera al corazón como una estructura tridimensional con un movimiento en 3 direcciones de forma simultánea, por lo que la valoración del parámetro de fracción de eyección (FE) se considera el mejor método de predicción clínica de la función sistólica. En medicina humana la FE es considerado una variable de importancia clínica y de utilidad pronóstica en pacientes que tienen afecciones cardíacas de distinta índole, estadificando tres estratos como: función normal, leve y deterioro mayor (Rodríguez et al., 2004).

Este índice valora de forma global el acortamiento de las fibras del ventrículo izquierdo valorando la función sistólica y al igual que en humanos en perros con insuficiencia cardíaca permite clasificarlos en normal, leve, a grave según Moise & Fox (1988), para John & Durham (2017) el valor normal es de al menos 42%, mientras que Smith & Tilley (2016) consideran porcentajes de eyección alrededor del 50 % a 65 % normales.

Moise & Fox (1988), recomiendan para calcular este valor primeramente obtener el volumen de eyección, que resulta de restar el volumen de fin de sístole (VFS), del volumen de fin de diástole (VFD) y a su vez dividir este resultado para el VFD y multiplicarlo 100 (constante) para obtener el resultado en valores porcentuales según la siguiente fórmula $FE = \frac{VFD - VFS}{VFD} \times 100$.

2.2.3 Fracción de Acortamiento.

Para algunos autores la fracción de acortamiento (FA) es considerada como la medida ecocardiográfica más habitual para evaluar la función ventricular, es muy sencilla de realizar y se emplea modo ecográfico B/M, en donde para su cálculo basta restar el diámetro ventricular izquierdo en sístole (DVIs) del diámetro ventricular izquierdo en diástole (DVId), y a su vez este resultado dividido para el diámetro ventricular izquierdo en diástole el resultado final debe multiplicarse por 100, para obtener el valor porcentual de tamaño ventricular como se evidencia en la siguiente fórmula (Boon, 2012):

$$FS = \frac{DVIs - DVId}{DVId} \times 100 (\%)$$

Este cálculo básicamente mide la presión sistólica del corazón (John & Durham, 2017), el valor de la FA en perros sanos oscilan entre 25 - 45 % en animales que están en reposo, cuando estos valores disminuyen son indicadores de déficit de contractibilidad, cuando este valor fluctúa entre 20-25 % es indicativo de una leve insuficiencia cardíaca (IC), 15-20% IC moderada, y finalmente valores menores a 15% son pacientes con casos de IC grave (Dussán & Buriticá, 2010). Mientras que Ware (2007), menciona que en perros atléticos sanos puede llegar a presentar FA de 20-25 % debido a que poseen un mayor acortamiento apical-basilar por el ejercicio físico sometido.



Costa, Costa, Teixeira, & Matiko (2014), en un estudio de 40 caninos clínicamente sanos mostraron que parámetros como la fracción de acortamiento pueden estar sobre o subestimados dependiendo del modo M o B, la media hallada en modo M fue 30,97 %, y en modo B el valor obtenido es 28,10 %, para Boon (2012) estos parámetros pueden ser modificados por factores como la precarga y poscarga.

Para Moise & Fox (1988), parámetros como la fracción de acortamiento son valores que tiene sus limitaciones y tiene que ser valorado junto a la clínica del paciente, ya que en ocasiones pueden presentarse fracciones de acortamiento aparentemente altas o normales, en pacientes con afección en el cierre de sus válvulas, que en lugar de expulsar la sangre hacia la aorta esta se regresa en forma retrograda hacia el atrio izquierdo que maneja menor presión que el ventrículo.

2.2.4 Volumen de Eyección.

El volumen de eyección se conoce también como volumen latido o volumen sistólico, este índice resulta de la diferencia entre el volumen a fin de diástole (VFD) y el volumen a fin de sístole (VFS) (Álvarez & Cruz, 2011). La evaluación del volumen y del rendimiento es más precisa mediante el modo bidimensional y está recomendada debido a la visión limitada que se puede obtener en proyecciones en modo M (Boon, 2012).

La ecuación de Teicholz es una fórmula de cubo corregida, que busca explicar el hecho de que el ventrículo izquierdo, en el eje corto se ensancha más que en el eje largo cuando la cámara ventricular se agranda (Kienle, 2000). En su estudio Kienle & Thomas (2004), recomienda las fórmulas para calcular el volumen del ventrículo izquierdo basándose en las mediciones en modo M en donde; DVId corresponde al diámetro ventricular izquierdo en diástole, DVIs es el diámetro ventricular izquierdo en sístole, los valores 7 y 2,4 son constantes de la fórmula, 3 es el valor exponencial al que toca elevar cada diámetro ventricular según la fórmula lo indica.

- Volumen fin de diástole:

$$VFD = \frac{7 (DVId^3)}{2,4 + DVId}$$

- Volumen fin de sístole:

$$VFS = \frac{7 (DVIs^3)}{2,4 + DVIs}$$

- Volumen de eyección:

$$VE = VFD - VFS$$

Sugiere Boon (2012), que los índices de volumen sistólico y diastólico, se puede dividir para la superficie corporal, los rangos de índices de volumen sistólico del modo M son $< 30 \text{ ml/m}^2$ y en diástole un valor inferior a $< 100 \text{ ml/m}^2$, esto son valores considerados normales en todas las razas y tamaños de perros. Dice Stephenson (2009) que la diferencia entre el volumen en fin de diástole y volumen en fin de sístole es considerado como volumen de eyección y puede ser hasta 30 ml en perros sanos.

Expresan Álvarez & Cruz (2011), que cualquier factor que altere el volumen en fin de diástole y volumen en fin de sístole, van directamente a modificar el volumen latido o volumen de eyección, por ello es importante tener en cuenta factores como la precarga, poscarga que modifican el valor final del volumen eyectado, e incluso durante la fase de inspiración normalmente se puede obtener valores inferiores (Moise & Fox, 1988).

2.2.5 Relación atrio izquierdo / aorta.

Para obtener este tipo de relación se emplea el modo M en el plano para-esternal derecho, mediante un eje corto en donde el cursor debe caer en medio de la aorta en el punto de encuentro de las 3 cúspides aórticas y el atrio izquierdo en la parte más ancha del mismo, se estima que en perros normales, la relación atrio izquierdo/aorta (La/Ao) debe ser 0.83-1.13: 1 mm (John & Durham, 2017).

Ware (2007), sugiere la evaluación del atrio izquierdo y diámetro de la aorta mediante el modo B, en lugar del modo M, para evitar tomar datos incorrectos cuando el cursor no cae en la parte más ancha del atrio izquierdo, los diámetros reportados de esta relación atrio izquierdo/ aorta (La/Ao) oscila entre 1,6 -1,9 mm.

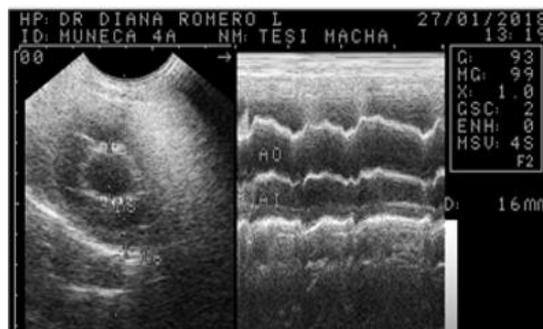


Figura 5. Ecocardiografía en Modo-M de la Aorta (Ao) y atrio izquierdo (LA), eje corto a través de vista para esternal derecha (Autor, 2018).



La importancia de la determinación de la relación atrio izquierdo/ aorta (La/Ao), radica en aquellos pacientes con riesgo de desarrollar insuficiencia cardiaca en donde por el proceso congestivo incrementa el tamaño del atrio izquierdo, por la sobrecarga de volumen (Meder, Adagio, Romero, Lattanzi, & Wheeler, 2011).

2.3 Electrocardiografía

La electrocardiografía es el método seleccionado para analizar la funcionalidad eléctrica del corazón, esta consiste en realizar un registro e impresión de las ondas eléctricas que se forman en etapas de despolarización y repolarización del miocardio, esta prueba es de elección inicial en el diagnóstico de arritmias cardiacas, además que puede proporcionarnos información adicional sobre cambios en la conformación anatómica del corazón en casos de cardiomiopatías dilatadas o hipertrofias, en casos de derrame pericárdico en donde se presentaran QRS de baja amplitud (Smith & Tilley, 2016).

Manifiesta Mucha (2001), que la efectividad diagnóstica en casos de cardiomegalia con electrocardiografía es cerca del 60-70 %, se debe considerar además otras pruebas diagnósticas como radiología, angiografía, ecocardiografía para llegar a obtener un diagnóstico con mayor precisión (Tamayo, Cerquera, & Salamanca, 2006). La realización de un electrocardiograma requiere de algunas pautas básicas, como el posicionamiento del paciente en decúbito lateral derecho, la colocación de electrodos o pinzas en cada extremidad previa tricotomía de la zona, junto al empleo de alcohol o gel de electrocardiografía en la región de contacto de la piel con los electrodos (Hemsley, 2017).

Mientras que Ynaraja (2007), sugiere la colocación de los electrodos en la cara posterior a la altura de la axila en la extremidad anterior, y en la posterior en la cara anterior a la altura del pliegue de la babilla, o en su defecto también válidas en la cara lateral del codo, la ubicación de cada electrodo o pinzas ya vienen estandarizados según cada equipo.

En medicina veterinaria se emplean derivaciones bipolares (I, II, III) estas registran la actividad eléctrica entre dos electrodos de extremidades, y las derivaciones unipolares aumentadas (aVL, aVR, aVF) registran la actividad entre dos terminales, en donde la terminal positiva constituye un electrodo positivo, y el terminal negativo está compuesto por la suma de dos electrodos unidos al brazo derecho, brazo izquierdo y pierna izquierda (Oyama, Kraus, & Gelzer, 2014).

El análisis del electrocardiograma debe ser interpretado mediante su evaluación en forma global midiendo la duración (segundos) y amplitud (milivoltios) de las ondas, complejos, segmentos del ciclo cardiaco, si hay ritmo o no, la morfología de las ondas y complejos, cada modificación en duración, amplitud, morfología son indicadores de posibles patologías cardiacas como; cardiomiopatía

hipertrófica o dilatadas, derrames pericárdicos, o sistémicas como desbalances electrolíticos frecuentes en pacientes con cuadros gastroentéricos, deshidratación, obesidad, etc (Tamayo et al., 2006).

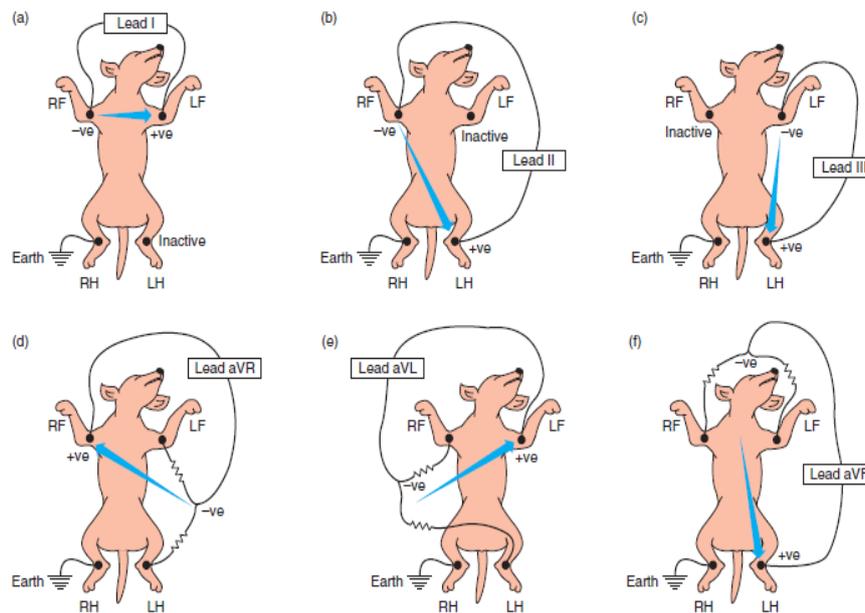


Figura 6. Diagrama de las 6 derivaciones: bipolares y unipolares aumentadas, las flechas azules indican la dirección de la onda de despolarización que viaja a través del corazón (Martin, 2015).

2.3.1 Parámetros analizados del electrocardiograma.

2.3.1.1 Onda P.

Describe Bernal (2008) que la primera onda del ciclo cardiaco, se caracteriza por ser pequeña, redondeada, positiva con un valor aproximado de 0,04 seg y 0,4 mv en el perro, mientras que Ynajara & Montoya (2012), manifiesta que la formación de esta onda está dada por dos componentes; onda P1 y onda P2, cada una correspondiente a la activación del atrio derecho e izquierdo respectivamente, mismas que debido a su cercanía se superponen y forman una sola onda.

Smith & Tilley (2016) mencionan algunos cambios que se pueden observar en la onda P, como una onda P pulmonar cuya amplitud es mayor cuando hay aumentos del atrio derecho, una onda P mitral se presenta si la duración es superior a valores estándar, mientras que Soto-Bustos, Caro-Vadillo, Martínez-de-Merlo, & Alonso-Alegre (2017), consideran a la formación de la onda P como la activación del músculo auricular, y su morfología dependiera de la masa de tejido excitada.



2.3.1.2 Intervalo P-R.

El intervalo P-R está comprendido desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS, este intervalo marca el tiempo que transcurre desde la despolarización de los atrios hasta el momento en que inicia la despolarización ventricular, se han establecido rangos promedios de 0,06 – 0,13 segundos en los perros (Ynajara & Montoya, 2012).

Los cambios respecto a la duración de este intervalo, cuando es significativamente corto está dado por alteraciones, al presentarse una vía accesoria que permite la conducción eléctrica eludiendo al nodo AV, si la duración de este intervalo es muy prolongada, esto es un indicativo de generación de bloqueos AV de primer grado, el sistema vagal también puede influir en intervalos P-R con variaciones debido a latidos ectópicos por disociaciones atriales/ ventriculares (Smith & Tilley, 2016).

2.3.1.3 Complejo QRS.

Se encuentra formado por 3 ondas: onda Q, R, S, cada una tiene su importancia clínica, la onda Q como la S son negativas, y la onda R positiva y de mayor tamaño, la medición del complejo se lo hace en forma grupal tanto en amplitud y duración, los valores establecidos en perros son 0,05-0,06 seg (razas pequeñas - grandes) y 2,5 – 3 mv (razas pequeñas - grandes) (Bernal, 2008). La formación de complejos QRS pequeños de pequeño voltaje, se generan secundarios a trastornos de obesidad, derrame pericárdico, pleural, ascitis, hipotiroideos, neumotórax (Martin, 2015). La formación de la ondas R, se debe a la despolarización de la mayor parte del ventrículo izquierdo, cuando se presentan ondas anchas o altas son indicadores de agrandamiento ventricular izquierdo, mientras que la ondas S se formas al despolarizar las partes más basales del ventrículo, cuando se forman ondas S profundas indican agrandamiento ventricular derecho (Hemsley, 2017).

2.3.1.4 Segmento S-T.

El segmento S-T se mide desde la finalización del QRS hasta el inicio de la onda T, debe ser una línea horizontal isoelectrica, puede estar elevado o deprimido del nivel de la línea basal (Miller, Tilley, Smith, & Fox, 1999), los cambios presentados en el segmento S-T generalmente ocurre en alteraciones electrolíticas, hipoxias miocárdicas, insuficiencias cardiacas congestivas, los valores establecidos en perros en caso de elevación es de $< 0,15$ mv , en caso de depresión $< 0,2$ mv (Bernal, 2008). Una elevación del segmento S-T está más asociado a pacientes con pericarditis, isquemias/ infartos graves, una depresión del segmento se asocia con desequilibrios electrolíticos principalmente potasio, intoxicaciones con digitálicos o isquemias endomiocárdicas (Martin, 2015).



2.3.1.5 Intervalo Q-T.

Constituye la despolarización y la repolarización ventricular, es decir la duración de la sístole ventricular, tiene una duración aproximada en perros de 0,15-0,25 seg., en perros y 0,12-0,18 en gatos (Ynajara & Montoya, 2012). Las alteraciones en los valores de este intervalo cuando es muy prolongado pueden generarse por hipocalcemia, hipocalemias, intoxicaciones por etilenglicol, el uso de antiarrítmicos, cuando se presentan casos de hipercalcemia, hipercalemias, intoxicación por digitálicos generan intervalos Q-T muy cortos (Bernal, 2008).

2.3.1.6 Eje eléctrico Medio (EEM).

Este parámetro estudia la dirección de la despolarización ventricular, analizando la posición del corazón en el tórax, un cambio de volumen por hipertrofia o dilatación a nivel del ventrículo izquierdo el eje se desvía hacia la izquierda, si la modificación es a nivel ventricular derecho el eje eléctrico medio estará direccionada a la derecha (Ghita, Cotor, Braslasu, & Botezatu, 2007).

Para calcular el eje eléctrico medio se puede emplear varios métodos: Sistema hexaxial Bailey (Smith & Tilley, 2016) o las tablas matemáticas propuestas por Tilley que utiliza las derivaciones I y III, el valor normal en perros va desde + 40 ° hasta +100° (Ynajara & Montoya, 2012).

2.4 Presión arterial

2.4.1 Conceptualización

La presión arterial (PA) es un indicador sistémico de la perfusión sanguínea, influenciado por variables fisiológicas que pueden modificar su valor, tales como frecuencia cardíaca, eyección sistólica, la resistencia arterial periférica al momento de realizar la toma de presión en los perros o felinos, el nivel de stress durante la toma (Meder et al., 2012).

Como concepto se considera que la presión arterial representa a la energía o fuerza potencial que ejerce la sangre sobre la pared vascular al momento de recorrer el aparato circulatorio, se representa según la siguiente fórmula: $PA \text{ (presión arterial)} = \text{Volumen} \times \text{Resistencia}$ (Mucha, 2007).

La aorta y venas pulmonares maneja presiones que no son constantes sino pulsátiles, cuando a nivel de la aorta la presión sube a un valor máximo durante la sístole se denomina presión arterial sistólica (PAS), y cuando disminuye a un valor mínimo al final de la diástole se denomina presión arterial diastólica (PAD) (Guyton & Hall, 2006), la presión diastólica más 1/3 presión de pulso corresponde presión arterial media (Stephenson, 2009).



Bodey & Michell (1996), establecen valores promedios de: PA sistólica; 133 mm Hg, PA diastólica; 75,5 mmHg, PA media; 98,6 mm Hg en un estudio epidemiológico de presión arterial en 1782 caninos.

2.4.2 Valoración Clínica de la Presión Arterial

La evaluación de la presión arterial debe ser un procedimiento rutinario durante el examen clínico del paciente, ya que existen dos alteraciones que se pueden presentar: la hipertensión o la hipotensión arterial.

2.4.2.1 Hipertensión arterial (HTA)

Existen 2 factores principales que incrementan el pulso arterial: el aumento del gasto cardíaco y la disminución de la capacitancia (adaptabilidad) arterial que está relacionada la distensibilidad y el volumen sanguíneo en los vasos (Guyton & Hall, 2006), la hipertensión arterial es considerada como uno de los factores con mayor riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, en medicina humana se estima una prevalencia del 20-40 % (Santamaria & Gorostidi, 2015).

Está vinculada con la enfermedad renal crónica (ERC) en perros y gatos considerándose como un factor desencadenante que complica la enfermedad renal con una incidencia de 11,29 % en perros nefrópatas (Molina et al., 2015), además ocasiona lesiones a nivel ocular, cerebral, las elevaciones de presión arterial en un paciente moderadamente hipertenso se encuentra en rangos de 160 -179 mm Hg para la presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) 100-119 mm Hg y severa hipertensión valores de PAS ≥ 180 mm Hg y PAD ≥ 120 mm Hg (Brown S. , 2016).

2.4.2.1.1 Fisiopatología de la hipertensión arterial.

La hipertensión arterial está dada por la disfunción de elementos endoteliales, la ruptura del equilibrio entre los factores que causan el relajamiento del vaso sanguíneo como el óxido nítrico, el factor hiperpolarizante derivado del endotelio, prostaciclina y factores vasoconstrictores como los tromboxanos y endotelinas (Wagner-Grau, 2010), patológicamente estas endotelinas ET-1 producen una remodelación hipertrófica de arterias grandes y pequeñas aumentando así la resistencia vascular, su acción no solo se rige a nivel vascular sino que sus acciones pro- inflamatorias, hipertróficas y pro - fibróticas, abarcan al corazón, y riñón (Schiffrin, 2005).

El sistema renina Angiotensina- Aldosterona (SRAA) es uno de los mecanismos que se activa cuando hay trastornos cardiovasculares, el SRAA por el proceso de estrés induce cambios a nivel tisular como



remodelamiento e inflamación vascular, y disfunción endotelial aumentando la resistencia periférica total y elevación de la presión arterial (Pagliaro & Penna, 2005).

Cuando se generan modificaciones en la presión arterial sistémica, el organismo inicialmente activa un proceso de autorregulación renal, alterando la resistencia pre-glomerular en los riñones sanos para mantener presiones relativamente estables, este proceso de autorregulación va disminuyendo si el paciente tiene un trastorno renal en donde hay pérdida de nefronas (Grauer, 2009).

2.4.2.1.2 Causas de la Hipertensión Arterial.

En medicina veterinaria las principales etiologías potenciales de la hipertensión sistémica se encuentra la enfermedad renal aguda y crónica, hiperadrenocortisismo, hiperaldosteronismo, feocromocitoma, obesidad, diabetes mellitus (Grauer, 2009), aumento en los componentes hemodinámicos ya sea en el volumen o la resistencia, en el hipotiroidismo por aumento resistencia periférica y la hipercolesterolemia que genera aterosclerosis y rigidez de los vasos sanguíneos (Mucha, 2007).

2.4.2.2 Hipotensión arterial

Los vasos arteriales posee en sus paredes receptores de distensibilidad o baro-receptores, responsables de mantener la homeostasis de la presión, un mal funcionamiento de estos receptores disminuye la de percepción de baja presión y la no activación del sistema nervioso simpático, ocasionando una disminución de la perfusión, menor oxigenación cerebral causando sincope, oliguria o disurias (Guyton & Hall, 2006).

En caso de pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas, sobre todo en animales gerontes o animales en estado crítico, es conveniente que la PAS se mantenga por arriba de los 60 mm Hg y la diastólica 40 mm Hg, esto con la finalidad de asegurar que el flujo sanguíneo hasta órganos como riñón, cerebro, hígado y vasos coronarios están siendo irrigados (Mucha, 2007).

2.4.3 Diagnóstico clínico de la alteración de la presión arterial

La presión arterial es un parámetros que se evalúa mediante métodos invasivos intra - arterial o de manera indirecta empleando dispositivos oxilométricos, pletismográficos, Doppler (Stephenson, 2009), este proceso de medición puede verse afectado por estrés asociado a la manipulación del paciente durante el proceso, el síndrome de bata blanca, cuadros de ansiedad, por lo que muchos autores recomienda un periodo de climatización a la habitación o consultorio por un lapso de 5-10 minutos, la posición adecuada para su medición será en decúbito lateral o ventral, el manguito a emplear deberá



corresponder al 40 % de la circunferencia de sitio, mismo que puede ser colocado en la extremidad o la cola (Brown et al., 2007).

El método oscilométrico detecta las fluctuaciones de presión que se generan por la oclusión que ejerce el manguito en la zona, el método Doppler detecta el flujo sanguíneo como una frecuencia de sonido, para ser leída, se emplea un nanómetro aneróide que debe estar conectado a un manguito que se coloca en la extremidad o cola (Brown & Henik, 2016).

Se recomienda realizar al menos cinco mediciones, de las cuales los valores más altos y más bajos de la presión arterial sistólica se deberían descartar, y con las tres mediciones restantes se calcula el valor promedio de la presión arterial, con los pacientes sospechosos de hipertensión antes de iniciar la terapéutica se debe realizar dos sesiones de medición separadas al menos por una semana (Brown S. , 2016).

2.5 Saturación de oxígeno

2.5.1 Transporte de oxígeno a los tejidos.

El oxígeno es transportado dentro del organismo con la ayuda de la hemoglobina (Hb) que se encuentra dentro de los glóbulos rojos, la capacidad de transporte son 4 moléculas de oxígeno, cuando se completa esta cantidad se considera que se encuentra saturada, es por ello que un individuo clínicamente sano a nivel de mar, tendrá una Saturación de oxígeno 95-100%, a diferencia de altitudes extremas en donde este valor disminuye (OMS, 2010).

La capacidad de saturación del oxígeno en la hemoglobina esta determinada por la presencia de dos clases de hemoglobinas; la dishemoglobina como la carboxihemoglobina, metahemoglobina, sulfahemoglobin que son incapaces de unirse al oxígeno (Kules et al., 2011), y la hemoglobina normal (oxihemoglobina y desoxihemoglobina) que posee la capacidad de unirse al oxígeno dependiendo de la presión parcial de oxígeno (PO_2), a presiones altas de 95mmHg la hemoglobina se satura un 97 %, presiones bajas 25 mmHg la saturación de la hemoglobina es del 50 % (Guyton & Hall, 2006).

Un 97 % del oxígeno se transporta en la sangre arterial unido a la hemoglobina, y un 3 % se lo encuentra libre o disuelto en la sangre, se estima que la hemoglobina tiene 1,34 ml de capacidad de transporte de oxígeno por cada gramo, valores de saturación menores al 93 % mediante un pulsioxímetro indica desaturación e hipoxemia, valores de 90% indica hipoxemia grave junto con una presión parcial de oxígeno a nivel arterial < 60 mm Hg (Rioja, Salazar, Martínez, & Martínez , 2013).

Existen dos métodos para conocer la saturación de oxígeno, el método no invasivo mediante el oxímetro de pulso que cuantifica solo la fracción de oxígeno disuelta en sangre que es mínima y el método



invasivo, mediante gases arteriales que determina la cantidad total de hemoglobina de la sangre arterial (Kules et al., 2011).

2.5.2 Alteraciones de la saturación de oxígeno

Los niveles de saturación de oxígeno pueden modificarse por patologías como: la hipertensión arterial pulmonar, ocasionada por efecto del aumento de la resistencia vascular, trombo embolismo pulmonar, dirofilarias (Talavera & Fernandez del Palacio, 2007), enfermedades respiratorias agudas o crónicas asociadas a la hipertensión pulmonar, que causan hipoxias crónicas o cor pulmonale (Poser & Guglielmini, 2016), el estrés hipóxico global que desarrollan los animales que viven a grandes alturas, conducen a un cor pulmonar e insuficiencia cardiaca derecha, generando mayor susceptibilidad a la formación de edema pulmonar a medida que aumenta los niveles altitudinales (Glaus, Hauser, Hassig, Lipp, & Reusch, 2003).

A nivel cardiovascular la frecuencia cardiaca y el volumen sistólico en forma conjunta representan el débito cardiaco, cuando el animal se expone a grandes altitudes hay una disminución de la presión inspirada de oxígeno y se genera un aumento del débito cardiaco como respuesta momentánea a la activación de otros factores compensadores como el incremento de la hemoglobina (Grollman, 1930).

En el organismo los eventos de hipoxia a grandes alturas, generan mecanismos de aclimatación respiratoria, produciéndose una mayor ventilación pulmonar junto a la alcalosis respiratoria, e hipoxemia, induce una mayor eritrocitosis mediada por la elevación de la eritropoyetina (Stephenson, 2009), cuando la presión arterial pulmonar se eleva por efecto de la altura, los eventos de adaptación cardiovascular se activan, ocasionando que el lado derecho del corazón se ensanche, generando insuficiencia cardiaca congestiva (Guyton & Hall, 2006).

2.5.3 Medición de la saturación de oxígeno

La valoración de la saturación de oxígeno se realiza mediante un pulsioxímetro, su función es medir el porcentaje de saturación de la hemoglobina en la sangre periférica, de una forma no invasiva (García, Marín, Mayugo, Serra, & Frisas, 1996), consta de un monitor que detecta el porcentaje de oxígeno, la frecuencia del pulso y la curva pletismográfica, el sensor del pulsioxímetro debe situarse en el labio previa humectación de la zona, puede colocarse en el prepucio, vulva, o membrana interdigital en animales despiertos (Rioja et al., 2013).

La oximetría de pulso resulta útil en caso de evaluaciones periódicas y monitoreo constante de pacientes para evitar el uso de métodos invasivos y dolorosos, sin embargo este método presenta sus limitantes, no refleja con exactitud y precisión los niveles de oxígeno a nivel arterial, ya que solo mide la fracción



libre de oxígeno en la circulación sanguínea (McGovern, Sasse, Stansburry, Causing, & Light, 1996), en pacientes clínicamente sanos el contenido de O₂ (oxígeno) en sangre depende mucho de los niveles de hemoglobina, presión parcial de oxígeno (PO₂) y afinidad que tenga la hemoglobina por el O₂ (Harvey, 2012).

El porcentaje de saturación de oxígeno unido a la hemoglobina a nivel de la sangre arterial se reconoce con las siglas SaO₂, y cuando este indicador es medido con un oxímetro de pulso las siglas empleadas son SpO₂ (Mejía & Mejía, 2012), la saturación de oxígeno está muy relacionada con la presión arterial de oxígeno (PaO₂) que corresponde a la presión que ejerce el oxígeno en el plasma sanguíneo, los rangos normales fluctúan entre 80-110 mmHg, si este valor disminuye la SpO₂ también desciende (Araos, Román, & Meneses, 2010).

2.6 Hematología

2.6.1 Hematocrito

La valoración del índice de hematocrito se encuentra representado en valores porcentuales y corresponde a la fracción de sangre ocupada por eritrocitos, en esta fracción no se incluyen leucocitos ni plaquetas, los valores referenciales establecidos de este índice son; 0,37-0,55 l/l (37-55 %), estados de excitación y nerviosismo puede causar mayor contracción esplénica y elevar estos valores (Bush, 1999).

Este parámetro disminuye en presencia de hemorragias, parasitismos, daño renal, neoplasias hematopoyéticas trastornos inflamatorios, en deficiencias en la dieta que con lleve a una baja de células sanguíneas conocida como anemia (Sodikoff, 2001), valores de hematocrito elevado se denomina como: policitemia relativa en casos de deshidratación o contracción esplénica y policitemia absoluta; que puede ser primaria o secundaria en casos de alteraciones renales, cardíacas, respiratorias, neoplásicas, alteraciones en la hemoglobina o patologías que cursen con el incremento en la eritropoyesis (Randolph, Peterson, & Stokol, 2010).

Glaus et al., (2003) menciona que la elevación del hematocrito y eritropoyetina son evidentes dentro de las 12 horas en perros expuestos a hipoxias severas a 5550 msnm, y es muy probable que la contracción esplénica intervenga junto a otros factores.



2.6.2 Hemoglobina (Hb)

La hemoglobina es considerada un pigmento con funciones transportadoras de la molécula de oxígeno, este parámetro constituye 1/3 del hematocrito, esta proporción puede variar por hemólisis, presencia de cuerpos de Heinz, lipemia o errores del laboratorio, se estiman valores 12-18 g/dl en perros (Sodikoff, 2001), la presencia de la hemoglobina tiene la capacidad de aumentar la carga de oxígeno en la sangre hasta 50 veces en el plasma sin eritrocitos (Harvey, 2012), la molécula de hemoglobina a su vez puede unirse a 4 moléculas de oxígeno, por lo que puede llegar a saturarse en un 95-98 % (Voigt & Swist, 2011).

Generalmente los valores bajos se presenta en casos de anemia, etapas finales de la gestación, hemólisis de la muestra, durante la utilización de tranquilizantes (Bush, 1999), valores elevados pueden presentarse en casos de deshidratación, sueros lipémicos, presencia de cuerpos de Heinz (Thrall, 2012), insuficiencia renal, neoplasia renales, cuadros de hipoxia por enfermedades pulmonares, cardíacas, niveles altitudinales elevados, el estrés mediante la liberación de adrenalina que produce contracción esplénica que ocasionan incrementos en la concentración de hemoglobina (Weiss & Tvedten, 2012).

2.6.3 Eritrocitos (Ert)

Los eritrocitos están conformados por una membrana deformada y permeable rica en compuesto lípidos, proteínas y carbohidratos, tienen la función de transportar hemoglobina, necesaria para los tejidos (Thrall, 2012), el transporte de oxígeno y dióxido de carbono, también se considera como almacenamiento en búfer de iones de Hidrógeno (Harvey, 2012).

La producción de eritrocitos está regulada por dos hormonas que tienen la capacidad de inducir en el organismo la producción de eritrocitos, la eritropoyetina es una glicoproteína generada en el riñón, estimula la proliferación y permite que los precursores eritroides se diferencien en la médula y la testosterona (González, 2011). Mientras que la testosterona estimula la producción de eritrocitos actuando a nivel de la médula ósea mejorando la síntesis de ARN ribosomal estimulando la ribonucleasa nuclear en los eritroblastos policromatofílicos (Zitzmann, 2008), además la testosterona durante la etapa de sueño disminuye la ventilación favoreciendo la eritropoyesis, al contrario del estradiol que estimula la ventilación e inhibe la eritropoyesis (González & Tapia, 2007).

La eliminación de los eritrocitos dañados o aquellos que ya cumplieron su ciclo de actividad, se realiza a nivel del bazo, macrófagos, vasculatura, tejidos y el hígado, además los componentes estructurales junto con el hierro de la hemoglobina es retenido y reutilizado a nivel de la médula del hueso (Voigt & Swist, 2011).



CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Recursos Biológicos

Perros mestizos clínicamente sanos, entendiéndose como perro mestizo aquel perro que no se encuentra dentro de la clasificación de perros de raza pura, sin pedigrí, cuya ascendencia es desconocida.

3.1.2 Materiales de Campo

Ecógrafo (SIUI CTS 3300 V), electrocardiógrafo de 3 canales (Biocare), pulsioxímetro veterinario (CMS-60D-VET), tensiómetro veterinario (MC-08A-VET), guantes, jeringuillas de 3 ml, micro-vancouver tapas lila, fonendoscopio, termómetro, gel de ultrasonido, alcohol, brazaletes (Riester®5-12 cm) para estadificar la presión arterial, hojas de registro clínico, programa Excel para la organización y tabulación de datos, cámara fotográfica.

3.2 Localización

El proyecto de investigación se realizó en la *Clínica Docente de Especialidades Veterinarias*, Parroquia el Cambio, Ciudad de Machala, Capital de la provincia del Oro situada en las tierras bajas próximas al golfo de Guayaquil en el Océano Pacífico su temperatura promedio es variable de 18° a 34°, altitud media 6 msnm, y en la Ciudad de Cuenca “*CLINICAN Clínica Veterinaria de Especialidades Canina y Felina*”, ubicada en la Avenida 10 de Agosto 1357 y Hortensia Mata, parroquia Sucre, Barrio La Cascada, Ciudad de Cuenca, Azuay, Ecuador, ubicada a 2.560 msnm con una temperatura media anual de 14,7 °C, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 2°39' a 3°00' de altitud sur y 78°54' a 79°26' de longitud.

3.3 Caracterización de la Unidad de Análisis

En esta investigación se estudiaron (n =24) perros considerados clínicamente sanos previo examen clínico, machos y hembras, con edades comprendidas entre 2 a 5 años, peso entre 10 a 23 kg (talla mediana), fueron excluidos del estudio pacientes: agresivos, con sobrepeso, caquéticos, hembras gestantes y pacientes con enfermedades sistémicas.



3.4 Metodología

3.4.1 Muestra y selección de pacientes

El Universo para este estudio fue un total de 24 perros, de los cuales 12 perros fueron de la ciudad de Machala y 12 perros de la ciudad de Cuenca, mismos que ingresaron a consulta por revisión periódica de salud, entre los meses Enero y Febrero del 2018; se tomaron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión planteados para los pacientes seleccionados.

3.4.2 Valoración de las variables propuestas

Para la *variable peso*, se trabajó con pacientes de talla mediana de 10-23 Kg, se procedió a organizarlos en dos grupos de peso, el primero denominado: Peso 1 correspondió a perros de 1-16 kg de peso vivo, el segundo grupo denominado Peso 2, perros de 17-23 kg de peso vivo. La *variable piso altitudinal* se dividió en dos grupos: Piso 1 correspondiente a perros de la ciudad de Machala 6 m.s.n.m, y Piso 2 a perros de ciudad de Cuenca a 2560 m.s.n.m.

Par la *variable edad*, se seleccionó en el estudio pacientes con edades comprendidas entre 2-5 años, de igual forma se formaron dos grupos de edades: Edad 1, perros de 2-3 años y Edad 2, perros de 4-5 años, ambos grupos pertenece a animales adultos. La *variable sexo*, se trabajó con machos y hembras, y en el caso de la *variable raza* únicamente se empleó perros mestizos.

3.4.3 Medición de valores hematimétricos (eritrocitos, hemoglobina, hematocrito)

Para su medición se tomaron muestras de sangre en ayunas, en un tubo vancoutainers con anticoagulante para ser procesados en los laboratorios DIAGNOVET para los pacientes de la ciudad de Machala, y en el laboratorio de CLINICAN para los pacientes de la ciudad de Cuenca

3.4.4 Determinación de presión arterial sistólica

Para su determinación se empleó un método no invasivo utilizando CONTEC08A VET NIBP, se utilizaron manguitos de neonatología de 6-11 cm, pediátrico de 10-19 cm, se tomó en cuenta que el ancho del manguito corresponda al 40 % de la circunferencia del antebrazo del paciente (proximal al carpo, arteria mediana), para disminuir errores de sobrestimación al usar un manguito muy pequeño o subestimar la presión arterial al emplear un manguito muy grande, ya colocado el manguito en el antebrazo se procedió a encender el equipo y este en forma automática determina los valores de la presión arterial sistólica, diastólica, media y frecuencia cardiaca.



Se realizaron 7 determinaciones de presión en un periodo de 10 minutos para permitir el acostumbramiento del paciente al equipo de estas mediciones se obtuvo el valor promedio por cada paciente (Mucha, 2007).

3.4.5 Medición del nivel de saturación de oxígeno.

Para ello se utilizó un pulsioxímetro veterinario (CMS-60D-VET), cuyo sensor fue colocado en la parte lateral del labio superior, previa a la colocación del sensor se humectó la zona con solución fisiológica para dar mayor contacto con la mucosa, se mantuvo la colocación del sensor hasta evidenciar que la curva pletismográfica tenga un trazo uniforme y se mantenga mínimo por 1 minuto sin modificarse, en ese momento se registró el porcentaje de marcación de saturación.

3.4.6 Determinación de parámetros electrocardiográficos

Se utilizó un electrocardiógrafo de 3 canales ECG-300G VET Biocare se colocó al paciente en decúbito lateral derecho sobre un manta para evitar el contacto de los electrodos con la parte metálica de la mesa de exploración, las extremidades se colocaron en forma paralela entre sí, previa tricotomía y colocación de alcohol (Torío, Suares, & Santamarina, 2014) se colocaron los electrodos de acuerdo al código de señalización del equipo, sobre el codo /rodilla en pacientes con extremidades largas y por debajo del codo /rodilla en pacientes de extremidades cortas. Se evaluaron las derivaciones bipolares (I, II, III) y monopares (aVr, aVf, aVI) a velocidades de 25 mm/seg y 50mm/seg y amplitud de 1mv= 1cm.

3.4.7 Determinación de parámetros ecocardiográficos

Para la evaluación ecocardiográfica se realizó tricotomía a nivel de los espacios intercostales 4° - 6° del lado derecho como lo sugieren Kienle & Thomas (2004), la colocación del paciente fue en decúbito lateral derecho sobre una mesa de escaneo propia para este tipo de estudios ecocardiográficos, se empleó un ecógrafo SIUI CTS 3300, transductor microconvex multifrecuencia de 5-7.5 Mega Hertz. Se evaluó inicialmente la conformación anatómica del corazón mediante modo B en corte transversal (eje corto) y sagital (eje largo), luego en modo M se realizaron las medidas de los diámetros de las cámaras cardiacas en corte transversal (Boon, 2012), la relación del diámetro del atrio izquierdo /y diámetro de la aorta, se midió en modo B.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los resultados obtenidos de cada uno de los estudios diagnósticos que se emplean en forma complementaria para analizar la funcionalidad cardíaca, han sido analizados tomando en cuenta 2 pisos altitudinales (Piso 1 = 6 m.s.n.m. Machala, Piso 2= 2560 m.s.n.m. Cuenca), sexo (Macho/Hembra), edad (Edad 1= 2-3 años y Edad 2 = 4-5 años), peso (Peso1=10-16 kg y Peso 2= 17-23 kg), en el caso de la variable raza, se estudiaron solo perros mestizos.

4.1 Parámetros ecocardiográficos en Modo B/M según el piso altitudinal, sexo, edad, peso

En los parámetros ecocardiográficos los valores de la relación atrio izquierdo/aorta, fracción de eyección y acortamiento no presentan cambios significativos ($P>0,05$) según el piso altitudinal, peso y edad de los pacientes, a diferencia del parámetro de volumen de eyección que presentó diferencias estadísticas significativas ($P<0,05$) a nivel del piso altitudinal en donde a menor altitud mayor volumen de eyección, con la variable peso se observó que a mayor peso mayor volumen (Tabla 1).

Tabla 1. Media y error estándar de Parámetros ECG en perros sanos según el piso altitudinal, edad, peso.

	General					
	Zona 1	Zona 2	Peso 1	Peso 2	Edad 1	Edad 2
Relación AI/Ao (cm)	0,9±0,03	0,9±0,01	0,9±0,02	0,9±0,03	1,0±0,04	0,9±0,01
Fracción de Eyección (%)	63,6±2,78	59,1±2,14	59,8±2,65	62,5±2,42	58,0±2,42	63,4±2,35
Fracción de Acortamiento (%)	53,1±4,86	44,3±3,22	45,6±4,17	50,9±4,21	42,9±3,20	52,2±4,22
Índice de Volumen Fin de Diástole VDVl(ml/ m2)	62,2±5,24	50,3±4,40	22,6±2,09	20,3±2,00	56,6±2,75	56,1±5,56
Índice de Volumen Fin de Sístole VSVI(ml/m2)	21,5±1,58	21,0±2,49	57,9±4,00	55,2±5,53	23,6±2,01	19,8±1,92
Volumen de Eyección (ml)	27,3±3,52 ^a	19,0±1,74 ^b	18,4±1,61 ^b	26,5±3,17 ^a	24,1±3,02	22,6±2,91

AI/AO: Relación de la dimensión Atrio Izquierdo /Aorta; Peso 1: 10-16 Kg.; Peso 2: 17-23 Kg; Edad 1: 2-3 años; Edad 2: 4-5 años; Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca); Cada superíndice: a b indica la diferencia estadística significativa mediante la prueba de T-Student.

Al analizar los valores ecocardiográficos en los pacientes de acuerdo al sexo machos y hembras en dos pisos altitudinales diferentes 6 msnm y 2560 msnm, en el presente estudio no existió variación estadística significativa ($P>0,05$) como se aprecia en la tabla 2

Tabla 2. Media y error estándar de Parámetros ECG en perros sanos según el piso altitudinal, sexo.

	Sexo (macho)		Sexo (hembra)	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
<i>Relación AI/Ao (cm)</i>	1,0±0,03	0,9±0,02	0,9±0,08	1,0±0,03
<i>Fracción de Eyección (%)</i>	61,3±4,08	57,3±2,88	67,0±3,35	60,9±3,27
<i>Fracción de Acortamiento (%)</i>	50,1±7,38	41,4±3,52	57,4±5,83	47,1±5,48
<i>Índice de Volumen Fin de Diástole (ml/ m²)</i>	68,1±6,48	47,8±7,21	54,2±8,05	52,8±5,55
<i>Índice de Volumen Fin de Sístole (ml/m²)</i>	24,0±0,89	21,5±4,55	18,2±3,15	20,5±2,56
<i>Volumen de Eyección (mm³)</i>	28,1±5,18	18,5±1,87	26,2±5,0	19,5±3,12

Siglas: AI/AO; Atrio Izquierdo /Aorta. Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca).

4.2 Parámetros Electrocardiográficos según el piso altitudinal, sexo, edad, peso

Al evaluar y analizar los electrocardiogramas de cada paciente no mostraron arritmias clínicamente significativas o arritmias patológicas, no existió diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre ninguna de las variables propuestas, los valores de los parámetros medidos electrocardiográficos se encontraron dentro de los rangos de referencia de electrocardiografía para perros sanos, como se evidencia en las tablas 3-4.

Tabla 3. Media y Error estándar de Parámetros Electrocardiográficos en perros sanos según el piso altitudinal, edad, peso.

	General					
	Zona 1	Zona 2	Peso 1	Peso 2	Edad 1	Edad 2
<i>Frecuencia Cardiaca (Lt/min)</i>	123,3±7,31	120,0±7,38	122,0±8,66	121,4±6,45	120,0±7,45	122,6±7,00
<i>Onda P duración (seg.)</i>	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00
<i>Onda P Amplitud (mv.)</i>	0,2±0,02	0,2±0,02	0,2±0,01	0,2±0,02	0,1±0,02	0,2±0,02
<i>Intervalo P-R (seg.)</i>	0,1±0,01	0,09±0,01	0,1±0,01	0,09±0,01	0,1±0,01	0,09±0,00
<i>Duración QRS (seg.)</i>	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,01	0,05±0,00
<i>Onda R amplitud (mv.)</i>	1,6±0,13	1,4±0,13	1,5±0,14	1,5±0,13	1,5±0,17	1,5±0,11
<i>Intervalo Q-T (seg.)</i>	0,1±0,00	0,1±0,01	0,1±0,00	0,1±0,00	0,1±0,01	0,1±0,00
<i>Eje Eléctrico Medio (grados)</i>	75,3±3,09	66,6±4,32	71,5±2,96	70,6±2,34	71,8±3,84	70,4±3,84

Siglas: Seg.=Segundos. mv= Milivoltios, Lt/min = Latidos por minuto. Peso 1: 10-16 Kg. Peso 2: 17-23 Kg. Edad 1: 2-3 años, Edad 2: 4-5 años. a b= diferencia entre columna de Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca) mediante la prueba T-Student.



Tabla 4. Media y Error estándar de Parámetros Electrocardiográficos en perros sanos según el piso altitudinal, sexo.

	Sexo (macho)		Sexo (hembra)	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
<i>Frecuencia Cardiaca (Lt/min)</i>	122,8±11,89	116,6±8,02	124,0±7,48	123,3±13,08
<i>Onda P duración (seg.)</i>	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00	0,03±0,00
<i>Onda P Amplitud (mv.)</i>	0,2±0,03	0,2±0,03	0,2±0,03	0,2±0,03
<i>Intervalo P-R (seg.)</i>	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,01	0,09±0,01
<i>Duración QRS (seg.)</i>	0,05±0,01	0,06±0,01	0,05±0,00	0,05±0,00
<i>Onda R amplitud (mv.)</i>	1,5±0,14	1,3±0,19	1,7±0,26	1,5±0,20
<i>Intervalo Q-T (seg.)</i>	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,00	0,1±0,00
<i>Eje Eléctrico Medio (grados)</i>	71,5±3,97	62,0±7,39	80,6±4,27	71,3±4,3

Siglas: Seg.=Segundos. mv= Milivoltios, Lt/min = Latidos por minuto. Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca) prueba T-Student.

4.3 Valores de saturación de oxígeno y presión arterial según el piso altitudinal, sexo, edad, peso.

Al analizar los valores de Saturación de Oxígeno (SpO₂) se evidenció que existe variación significativa entre los dos pisos altitudinales ($P < 0,05$) en donde a menor altitud y menor presión barométrica mayor saturación de oxígeno, sin embargo para las variables de peso, edad no se presentó variación estadística significativa ($P > 0,05$), la presión arterial no mostró variación estadística significativa ($P > 0,05$) para ninguna de las variables propuestas como se indica en las tablas 5.

Tabla 5. Media y Error Estándar de Valores de Saturación de Oxígeno y Presión arterial según el piso altitudinal, edad, peso.

	General					
	Zona 1	Zona 2	Peso 1	Peso 2	Edad 1	Edad 2
<i>Saturación de Oxígeno (%)</i>	95,5±0,65 ^a	91,1±1,02 ^b	93,7±1,07	93,1±1,06	92,0±1,25	94,2±0,90
<i>Presión Arterial Sistólica (mm/Hg)</i>	131,0±4,15	135,08±3,76	135,3±4,49	130,7±3,51	129,5±5,08	135,2±3,24

Siglas: Peso 1: 10-16 Kg. Peso 2: 17-23 Kg. Edad 1: 2-3 años, Edad 2: 4-5 años. mm/Hg =Milímetros de mercurio. a b= diferencia entre columna de Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca) mediante la prueba T-Student.



Al relacionar el factor sexo (machos/hembras) y piso altitudinal, se determinó que los valores de porcentaje de saturación de oxígeno, en el caso de machos presentó variación estadística significativa ($P < 0,05$), en el caso de hembras no se presentó diferencia estadística significativa ($P > 0,05$), sin embargo la presión arterial no indico variaciones significativas para ninguna de las variables (Tabla 6).

Tabla 6. Media y Error Estándar de Valores de Saturación de Oxígeno y Presión arterial según el piso altitudinal, sexo

	Sexo (macho)		Sexo (hembra)	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
Saturación de Oxígeno (%)	96,1±0,80 ^a	89,0±1,23 ^b	94,8±1,11	93,3±1,08
Presión Arterial Sistólica (mm/Hg)	126,8±5,08	128,3±4,29	137,0±6,68	141,8±5,06

Siglas. mm/Hg =Milímetros de mercurio. ab= diferencia entre columna de Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca) mediante la prueba T-Student.

4.4 Valores Hematológicos según el piso altitudinal, sexo, edad, peso

Los 3 valores hematológicos; hematocrito, hemoglobina y número de eritrocitos analizados, presentaron variación estadística significativa ($P < 0,05$) dependiendo el piso altitudinal, obteniéndose valores inferiores en la zona 1 frente a la zona 2, para la variable peso y edad los resultados fueron no significativos estadísticamente ($P > 0,05$), todos los valores se encuentran dentro de los rangos de normalidad, como se evalúa en la tabla 7.

Tabla 7. Media y Error estándar de Valores Hematológicos según el piso altitudinal, edad, peso.

	General					
	Zona 1	Zona 2	Peso 1	Peso 2	Edad 1	Edad 2
Hematocrito (%)	44,0±0,59 ^b	54,4±1,60 ^a	48,7±2,18	49,5±1,81	47,7±2,40	50,0±1,67
Hemoglobina (G/L)	148,7±2,04 ^b	170,2±4,43 ^a	156,7±6,23	161,4±3,52	155,0±3,68	162,1±4,6
Eritrocitos ($\times 10^{12}/L$)	6,8±0,18 ^b	8,8±0,23 ^a	7,8±0,39	7,7±0,35	7,3±0,39	8,05±0,33

Siglas: Peso 1: 10-16 Kg. Peso 2: 17-23 Kg. Edad 1: 2-3 años, Edad 2: 4-5 años. G/L = gramos/ litro. a b= diferencia entre columna de Zona 1 (Machala) y Zona 2 (Cuenca) mediante la prueba T-Student.



Al analizar la variable sexo (machos y hembras) y el piso altitudinal se determinó que los 3 valores hematimétricos (hematocrito, hemoglobina y eritrocitos) presentaron variación estadística significativa ($P < 0,05$) con valores superiores en pisos altitudinales elevados tanto en machos como en hembras.

Tabla 8. Media y Error estándar de Valores Hematológicos según el piso altitudinal, sexo.

	Sexo (macho)		Sexo (hembra)	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
Hematocrito (%)	44,6±0,89 ^b	54,0±3,14 ^a	43,2±0,48 ^b	54,8±1,16 ^a
Hemoglobina (G/L)	150,1±2,86 ^b	170,5±5,49 ^a	146,8±2,95 ^b	169,8±7,50 ^a
Eritrocitos ($\times 10^{12}/L$)	7,1±0,18 ^b	8,7±0,37 ^a	6,3±0,25 ^b	8,9±0,31 ^a

Siglas: a b = Diferencia entre columna de zona 1 (Machala) y zona 2 (Cuenca) prueba T-Student.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El sistema cardiovascular es uno de los sistemas que interacciona de manera constante con varios sistemas como el renal, respiratorio, nervioso, etc. Para evaluar el normal funcionamiento de este sistema se requiere de un correcto examen clínico, una valoración ecocardiográfica, electrocardiográfica, medición de la presión arterial, evaluación de los niveles de saturación de oxígeno y exámenes hematológicos, herramientas básicas al alcance de todo centro veterinario.

En este estudio se evaluaron un total de 24 perros clínicamente sanos, de los cuales 12 corresponden a la zona 1 ciudad de Machala a 6 msnm y 12 perros en la Zona 2 correspondiente a la ciudad de Cuenca a 2560 msnm, machos y hembras de raza mestiza, con edades comprendidas entre 2-5 años, con peso entre 10-23 kg, toda la población fueron perros clínicamente sanos, se excluyó a los pacientes con sobrepeso o estados de caquexia, y pacientes agresivos o nerviosos.

Al analizar los parámetros ecocardiográficos en esta investigación se encontraron variaciones estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para el volumen sistólico o de eyección, a 6 msnm valores de volumen eyectivo de $27,3 \pm 3,52$ ml (Machala), mientras que a 2560 msnm valores de $19,0 \pm 1,74$ ml (Cuenca), valores similares a estudios como los de Della, Kirby, Church, & Malik (2000) que mencionan volúmenes de $21,06 \pm 1,31$ ml en un estudio realizado con 60 perros sanos con diversos tamaños pero con conformación corporal idéntica, O'leary, Mackay, Atwell, & Taplin (2003), también reportan volúmenes eyectivos de $38,2,0 \pm 7,3$ ml, superiores a los encontrados en esta investigación, en 14 perros Bull Terrier Inglés a un nivel altitudinal medio de 744 msnm, en un estudio cuyo objetivo fue determinar rangos de parámetros ecocardiográficos para esta raza.

Estas variaciones están fisiológicamente justificadas, ya que a medida que aumenta la altura disminuye la cantidad de oxígeno, y el efecto vasodilatador por acción de la ventilación disminuye, por lo que el organismo tiene que incrementar progresivamente la ventilación y actividad simpática, disminuyendo el tiempo diastólico de llenado ventricular, esto afecta al tono vascular de las venas sistémicas, arterias pulmonares, aumentando la tensión arterial, en medicina veterinaria se estima un valor promedio de 30 ml volumen de eyección como un valor aceptable (Bärtsch & Gibbs, 2007).

Estudios en medicina humana reportaron valores muy similares a los reportados en veterinaria de $24,7$ ml/m² de Volumen Eyectado, sin diferencia estadística significativa en los valores de ecocardiografías en pacientes sin comorbilidades a 2900 msnm frente a valores normalmente reportados a nivel del mar (Ullauri, Castillo, Molano, & Naváez, 2015).

Los condicionantes del gasto cardíaco tales como la frecuencia cardíaca, adaptabilidad, precarga, poscarga, contractibilidad, tiempo de llenado ventricular, pueden modificar los valores del volumen eyectivo, por ejemplo cuando se genera un aumento progresivo de la frecuencia cardíaca el volumen



sistólico se reduce a medida que aumenta la altitud (Stenberg, Ekblom, & Messin, 1966), la frecuencia cardíaca es considerada como la principal determinante del tiempo de llenado diastólico, ya que si está aumenta el tiempo de relleno diastólico disminuye y por ende el gasto cardíaco se altera (Stephenson, 2009).

Álvarez & Cruz (2011), consideran que un mayor llenado ventricular durante la diástole, junto al estiramiento de las fibras musculares ventriculares, genera mayor fuerza al momento de la contracción sistólica, por lo tanto un aumento del volumen en fin de diástole (VFD) genera un incremento del volumen eyectado /sistólico (VS) y en sentido contrario una disminución del volumen en fin de sístole (VFS) disminuye el VS por efecto de la Ley de Frak-Starling.

La variable peso (kg) influyó en la modificación del volumen Eyectivo presentando diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre los dos grupos de peso, en perros de 10-16 kg volúmenes de $18,4 \pm 1,61^b$ ml y en perros de 17-23 kg valores $26,5 \pm 3,17^a$ ml, se evidenció que a medida que aumenta el peso corporal también se eleva dentro de los rangos normales el volumen eyectivo de sangre, estudios similares como los de Gugjoo, Hoque, Saxena, Shamsuz Zama, & Dey (2014), para establecer rangos de referencia ecocardiográficos en perros Labrador Retriever, encontraron una correlación moderada ($r = 0,3-0,5$) de los valores de volumen eyectivo frente a la variación de peso corporal, en 24 perros sanos con rangos de 18-30 kg, valores de volumen sistólico (VS): $40,61 \pm 2,79$ ml.

Al analizar la variación estadística que presentó el volumen eyectivo en diferentes rangos de peso, se evidenció que a mayor peso (Kg) los volúmenes eyectivos aumentan, este comportamiento se debe fisiologicamente a que el aumento del tamaño del corazón está relacionado con el aumento del peso corporal, aumento de la actividad física del animal, este análisis concuerdan con los intervalos de volúmenes eyectivos reportados por Lightowlers, Mercado, & Cattaneo (1999) en perros sanos, en donde encuentro valores de volumen a fin de sístole: 14,62-19,13 ml en perros de 10-15 kg, 21,77-28,85 ml en perros de 15-20kg, 28,75 - 43,3ml en perros de 20-25 kg, y volumen a fin de diástole de 44,57-54-22ml, 57,73-70,95 ml, 69,09-93,26 ml, la variación de estos volúmenes influyen en el resultado final del volumen de eyección.

En cuanto a la variación del volumen eyectivo respecto a la edad, se encontró en perros entre 2-3 años valores de $24,1 \pm 3,02$ ml y en perros 4-5 años valores $22,6 \pm 2,91$ ml, los datos obtenidos no presenta relación estadística significativa ($P > 0,05$), sin embargo están dentro del rango de pacientes adultos no gerontes, es posible que el grupo de perros de 2-3 años sean pacientes con mayor actividad física y por ende un factor que indirectamente pudo influir en los valores obtenidos.

Según Spasojević, Trailović, & Krstić (2017), en su investigación con 20 perros sanos, evaluaron los cambios estructurales y funcionales del corazón en animales jóvenes de 1-3 años y en mayores de 8-13 años, los diámetros del grosor ventricular en diástole y en sístole se presentaron significativamente mayores ($P = < 0,01$) en perros adultos versus jóvenes, esta modificación en los grosores de las paredes



ventriculares influye en la volúmenes de llenado y de eyección, debido a cambios en la función cardiovascular, disminución de la distensibilidad arterial, aumento de resistencia vascular, provocando un cambio en la función diastólica en animales gerontes.

La medición de los diámetros ventriculares que se emplea para calcular los volúmenes sistólico/diastólico tiene gran relevancia al asociar la edad del paciente con cambios de aumentos abruptos en el ventrículo izquierdo a medida que aumenta la edad, predisponiendo al desarrollo de hipertrofias, insuficiencia cardiaca, fibrilación atrial (Lakatta & Levy, 2003).

Al analizar la variable sexo y su relación con los parámetros ecocardiográficos se determinó que no existe diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) lo cual indica que estos valores son similares tanto en machos como en hembras, estos hallazgos concuerdan con lo demostrado por Gugjoo, Hoque, Saxena, Shamsuz Zama, & Dey (2014), quienes mencionan un relación no significativa del sexo en todos los parámetros ecocardiográficos. Sin embargo para Bavegems, Duchateau, Sys, & De Rick (2007), la variable sexo si altera los valores ecocardiográficos, ellos demostraron que las hembras presentan valores de diámetros ventriculares izquierdo significativamente mayores que los machos, en un estudio de 105 perros sanos de raza Whippet, esta variación en los diámetros afecta directamente los resultado finales de volumen sistólico y diastólico.

La valoración de la actividad eléctrica del corazón mediante el uso del electrocardiograma, en este estudio no reveló ninguna variación estadística significativa ($P > 0,05$) en el ritmo cardiaco, las ondas, complejos, segmentos e intervalos, eje eléctrico medio, contrario a lo reportado por Sánchez Klinge & Venegas Cortés (2008), quienes realizaron un estudio similar en Colombia, con 335 perros sanos en tres pisos altitudinales: 326 msnm, 1700 msnm y 2600 msnm, encontrando diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) a mayor nivel altitudinal mayor amplitud en milivoltios de la onda P, este aumento indica un mayor tamaño auricular derecho debido a la altura sobre el nivel del mar, el complejo QRS a 326 msnm presentó valores superiores al resto de lugares, este posible aumento según el autor puede estar dado por el hecho de que a este grupo pertenecen perros callejeros de zonas donde existe la presencia de hemoparásitos que pueden alterar la hemodinámica cardiovascular.

Otros estudios como los de Spasojević, Trailović, & Krstić (2017), también encontraron hallazgos significativos ($P < 0,05$) en relación a la edad del paciente, en perros jóvenes menores 3 años los valores de amplitud de onda R 2.228 ± 0.674 milivoltios, la duración QRS 0.060 ± 0.0 segundos y perros mayores de 8 años 1.650 ± 0.501 milivoltios, y duración QRS 0.055 ± 0.007 segundos.

La evaluación del porcentaje de saturación de oxígeno (SpO_2) en este estudio presentó porcentajes estadísticamente significativos ($P < 0,05$) para la variable altitud, a 6 msnm se mostraron saturaciones mayores de $95,5 \pm 0,65$ %, mientras que a 2560 msnm el porcentaje de saturación fue menor $91,1 \pm 1,02$ %, estas variaciones en la disponibilidad de oxígeno sobre todo a niveles altitudinales elevados pueden generar ciertos grados de hipoxemia, en donde el organismo inicialmente los compensa mediante el



sistema cardio-respiratorio pero a medida que se mantienen esta hipoxemia se puede dar un acondicionamiento o caso contrario una alteración patológica de otros sistemas del organismo (Samaja, 2017).

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Glaus, Hauser, Hassig, Lipp, & Reusch (2003), quienes evaluaron el efecto de la hipoxia hipobarica crónica sobre la presión arterial pulmonar en 19 perros sanos a 2300 msnm y 10 perros a 700 msnm, encontraron que existe una diferencia estadística significativa ($p < 0,0001$) de la influencia de la altitud en el porcentaje saturación de oxígeno, reportando en perros a 2300 msnm valores de saturación de 90,7 %, frente a perros a 700 msnm con valores 96,7 %.

Al analizar la saturación de oxígeno y su relación con el sexo machos y hembras, cada uno en distinto piso altitudinal no mostró variación estadística significativa en hembras de la zona 1 (6 msnm) y zona 2 (2560 msnm), sin embargo los machos de la zona 1 y 2 si presentaron valores estadísticamente significativos ($P < 0,05$) con porcentajes superiores a menor altitud y porcentajes más bajos a mayor altitud.

García, Marín, Mayugo, Serra, & Frisas (1996), menciona la importancia de una correcta saturación de oxígeno con valores fisiológicos entre 95-100 %, que permiten una mejor oxigenación para los tejidos corporales, cuando los pacientes son sometidos a procesos anestésicos esta saturación inicialmente tiende a disminuir a un 93,78 % en perros pre anestesiados con acepromacina y un 96,1 % cuando se emplea diazepam. Otros autores como Riehl, Hetzel, Snyder, & Soukup (2016), evaluaron el flujo sanguíneo mediante pulxiometría en dos lugares; a nivel del diente vital y a nivel de labio superior, ellos concluyen en su estudio, la importancia de la correcta selección del lugar para la colocación del sensor de oximetría, encontrando valores de saturación de oxígeno 85,9 % con el sensor colocado en el diente vital y valores 97,7% a nivel del labio, en perros sanos estudiados en Wisconsin-Madison.

De manera similar al método no invasivo de la oximetría de pulso, existen estudios de métodos invasivos como los gases arteriales que determinan la cantidad de saturación de oxígeno arterial, en un estudio con 15 perros sanos pre ejercicio a una altitud de 2600 msnm, presentaron un comportamiento análogo entre ambos métodos de valoración de saturación de oxígeno, el porcentaje de saturación de oxígeno fue de $85,6 \pm 12,72$ (Forero, Lozano, & Camargo, 2006).

La determinación de los valores hematimétricos presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para el piso altitudinal, se encontraron valores superiores en la zona 2: Hct (%) $54,4 \pm 1,60^a$, Hb (g/l) $170,2 \pm 4,43^a$, eritrocitos ($\times 10^{12}/L$) $8,8 \pm 0,23^a$, e inferiores en la zona 1: Hct (%) $44,0 \pm 0,59^b$, Hb (g/l) $148,7 \pm 2,04^b$, eritrocitos ($\times 10^{12}/L$) $6,8 \pm 0,18^b$, estos hallazgos concuerdan con los enunciados por Pedrozo, Quintana, & Florentin (2010), quienes reportan valores de Hct 28,2 a 48,2 %; Hb 9,2 a 15,6 g/dl; eritrocitos 4.3-7,1 ($\times 10^{12}/L$) en perros mestizos sanos a 89 msnm, esta leve disminución asociada a la condición geográfica y nutricional de los perros de la zona.



Al analizar la variable altitudinal y su relación con el sexo machos y hembras, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) que muestran valores superiores de hematocrito, hemoglobina y eritrocitos tanto en machos y hembras en la zona 2, estos hallazgos concuerdan con los reportados por Cortés, Grandez, & Hung (2014), quienes evaluaron los valores hematológicos y bioquímica sérica en 91 perros sanos en la ciudad de Lima a 154 msnm, encontrando Hb (g/dl) $15,8 \pm 2,5$ (machos) y $14,8 \pm 2,2$ (hembras); Hct (%) $45,5 \pm 5,3$ (m) y $43,8 \pm 4,9$ (h); Erit (10^6) $6,6 \pm 0,9$ (m) y $6,2 \pm 0,8$ (h), otro estudio similar fue el de Galarza (2017), quien menciona valores de Ht $52,85 \pm 6,68$, Hb $17 \pm 1,92$, Erit $7,47 \pm 0,92$ en machos de diversas edades, sin variación estadística significativa entre machos y hembras realizado a 2560 msnm, de igual manera Alvarado & Patiño (2017), reportan no haber encontrado variaciones estadísticamente significativas que entre machos y hembras.

Sin embargo otros estudios como los de Pedrozo, Quintana, & Florentin (2010), muestran un comportamiento diferente a lo antes enunciado, en donde la serie roja del total de 100 perros adultos sanos en un estudio de determinación de rangos hematológicos de referencia, fue superior en hembras y no en machos. Bush, (1999) al igual que lo autores antes mencionados señala que los valores de eritrocitos si pueden estar influenciados por el sexo y presentarse relativamente mas elevados en machos que hembras, sobre todo en la raza Galgos en donde esta diferencia es mas marcada, en el proceso de gestación los valores eritrocitarios disminuyen sobre todo en los últimos estadios, la edad es otro factor influyente en el cachorro (2-3 semanas edad) el recuento eritrocitario se encuentra $3-4 \times 10^{12}/l$ y va aumentando hasta el año de edad $5,5-8,5 \times 10^{12}/l$, en la raza galgo este rango puede ir $6,5-9,5 \times 10^{12}/l$. Esta variación de valores hematimétricos de acuerdo al sexo se sustenta por la actividad eritropoyética que tiene la testosterona a diferencia del estradiol que tiene un efecto contrario, artículos como Gonzalez & Tapia (2007) mencionan este tipo de efecto hormonal de la testosterona al incrementar la eritropoyesis, a su vez que el estradiol y progesterona la reducen la eritrocitosis excesiva esto demostrado en ratas expuesta a la altura.

Finalmente en este estudio no se encontraron resultados estadísticos significativos en la relación de las variables peso y edad frente a los valores hematimétricos, pero cabe destacar que existen investigaciones como las de So-Young, Jae-Sik, Ill-Hwa, Dae-Yeon, & Hyun-Gu (2011), que estudiaron las variaciones hematológicas en 237 perros beagles en crecimiento, evidenciaron un aumento estadísticamente significativos ($P < 0,001$) de los valores hematocrito con la edad, e incluso significativamente mayor en hembras; a los 6 meses $44,4 \pm 3,50\%$, 7 meses: $44,7 \pm 4,20\%$, 9 meses: $47,2 \pm 4,40\%$ y menor en machos a los 6-7-9 meses: $42,8 \pm 3,4\%$, $44,7 \pm 4,2\%$, $46,7 \pm 6,40\%$.

Forero, Lozano, & Camargo (2006), también demuestran que el factor ejercicio modifica los valores de hemoglobina y hematocrito, en pacientes sanos se encontraron incrementos pos ejercicio estadísticamente significativos $P < 0,001$ dentro del rango de normalidad: Ht % pre-ejercicio $46,5 \pm 3,7$ y post-ejercicio $50,3 \pm 4,5$ y valores de Hemoglobina (g/dl) pre-ejercicio $6,07 \pm 1,16$ y post-ejercicio $17,12 \pm 1,58$, esto ocurre debido a que el ejercicio estimula la movilización de eritrocitos que son de



origen esplénico, con la finalidad de aumentar el transporte de oxígeno y cubrir los requerimientos de oxígeno para cada tejido, la pérdida de líquido durante el ejercicio también con lleva a este aumento.



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye el factor altitudinal tiene marcada influencia en parámetros de valoración de la funcionalidad cardiaca tales como: volumen eyección y porcentaje de saturación de oxígeno que tienden a disminuir a medida que el piso altitudinal aumenta, los valores de hematocrito, hemoglobina y eritrocitos también se alteran, estos se encuentran relativamente elevados a mayores altitudes por aumento de eritropoyetina para compensar la alcalosis respiratoria como un mecanismo de compensación para mantener la homeostasis.

Factores como el peso también mostraron una relación de dependencia directa en donde a medida que aumenta el peso aumenta el volumen Eyección, otras variables como edad y sexo no presentaron una influencia directa en la variación de los valores de parámetros de evaluación del sistema cardiovascular.

Además se puede llegar a concluir la importancia de establecer parámetros de referencia propios de cada región, sobre todo de aquellos parámetros de evaluación cardiaca que más se ven alterados por efecto del nivel altitudinal.

6.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar estudios similares involucrando otros pisos altitudinales para ampliar los rangos de referencias de los valores obtenidos para aquellos parámetros que más se ven alterados por el efecto altitudinal.
- ✓ Los pacientes que se tomen en cuenta para futuros estudios deben tener un periodo mínimo de aclimatación al sitio en donde se realizarán los estudios para evitar variación en los resultados sobre todo en parámetros muy dependientes del efecto simpático y parasimpático del organismo.
- ✓ Finalmente es importante recalcar que los parámetros obtenidos de los diferentes estudios diagnósticos que se emplea en cardiología deben ser analizados siempre en forma conjunta con la sintomatología que presente el paciente.



CAPÍTULO VII: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Alvarado, P., & Patiño, J., 2017. "Perfil Hematológico de referencia en perros en el Cantón Cuenca". *Universidad de Cuenca*, 1-61.
- Álvarez, I., & Cruz, L., 2011. Fisiología cardiovascular aplicada en caninos. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1-21.
- Álvarez, I., Ortiz, C., & Cruz, L. E., 2010. Determinación de los valores normales del Índice de Tei (Índice de performance miocárdico) y otros parámetros ecocardiográficos doppler de la función ventricular izquierda en caninos sanos. *Revista de Medicina Veterinaria*, 2-12.
- Araos, J., Román, M., & Meneses, F., 2010. Determinación y comparación de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) en caninos clínicamente sanos divididos en tres grupos etarios. *Hospitales Veterinarios*, 13-18.
- Baron, T., Poser, H., Menciotti, G., Battaia, G., Contiero, B., Cipone, M., . . . Guliellini, C., 2016. Utility of Tissue Doppler Imaging in the Echocardiographic Evaluation of Left and Right Ventricular Function in Dogs with Myxomatous Mitral Valve Disease with or without Pulmonary Hypertension. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 697-7.
- Bärtsch, P., & Gibbs, S., 2007. Effect of Altitude on the Heart and the Lungs. *Circulation*, 116: 2191-2202.
- Bavegems, V., Duchateau, L., Sys, S., & De Rick, A., 2007. Echocardiographic reference values in whippets. *Vet Radiol Ultrasound*, 230-8.
- Bernal, J., 2008. *Manual Práctico de interpretación electrocardiográfica*. España: SERVET, 70 pp.
- Bodey, A., & Michell, A., 1996. Epidemiological Study of Blood pressure in domestic dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 116-125.
- Bonagura, J., & Fuentes, V. L., 2015. Echocardiography. En J. S. Mattoon, & T. G. Nyland, *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. Canada: ELSEVIER, pp. 705
- Boon, J. A., 2012. *Ecocardiografía Veterinaria*. Barcelona, España: MultiméDica Ediciones Veterinarias, 452 pp.
- Brown, S. (05 de Junio de 2016). *International Renal Interest Society*. Obtenido de Systemic Hypertensión: <http://www.iris-kidney.com/education/hypertension.html>



- Brown, S., Atkins, C., Bagley, A., Carr, A., Davidson, M., Egner, B., . . . Stepien, R., 2007. Guidelines for the Identification, Evaluation, and Management of Systemic Hypertensión in Dogs and Cats. *J Vet Intern Med*, 21: 542-558.
- Brown, S., & Henik, R., 2016. Systemic Hypertensión. En L. Tilley, F. Smith, M. Oyama, & M. Sleeper, *Manual of Canine and Feline Cardiology*. Canada: SAUDERS ELSEVIER, pp. 277-286
- Bush, B. M., 1999. *Interpretación de los Análisis de Laboratorio para Clínicos de Pequeñas Especies*. Barcelona-España: Ediciones, 616 pp.
- Cortés, G., Grandez, R., & Hung, A., 2014. Valores Hematológicos y Bioquímicos séricos en la raza Perro sin Pelo del Perú. *Salud Tecnol.vet.*, 106-112.
- Costa, V. M., Costa, P. P., Teixeira, G., & Matiko, M. H., 2014. Comparative study of 4 echocardiographic methods of left ventricular measurement in German Shepherd dogs. *ELSEVIER*, 1-8.
- Cunningham, James G., 2009. *Fisiología Veterinaria*. España. Elsevier., 154-168.
- DeFrancesco, T., 2016. Evaluación Ecocardiografica enfocada. En G. Lisciandro, *Técnicas de ecografía enfocada para el veterinario de pequeñas especies*. Buenos Aires- Argentina: Intermédica, pp 176-192.
- Della, T. P., Kirby, A., Church, D., & Malik, R., 2000. Echocardiographic measurements in greyhounds, whippets and Italian greyhounds--dogs with a similar conformation but different size. *Aust Vet J.* , 78(1): 49-55.
- Desmarás, E., & Mucha, C., 2001. Fisiología Cardiovascular. En G. Belerenian, C. Mucha, & A. Camacho, *Afecciones Cardiovasculares en Pequeños Animales* . Buenos Aires, Argentina: InterMédica, pp. 3-17.
- Dussán , R., & Buriticá, E., 2010. Nota Técnica Interpretación práctica del reporte ecocardiográfico en caninos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 90-95.
- Forero, J., Lozano, P., & Camargo, B. 2006. Parámetros Fisiológicos en caninos pre y post competencia de Agility en Bogotá, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 12: 57-71 .
- Fuentes, V. L., 2016. Echocardiography and Doppler Ultrasound. En F. W. Smith, L. Tilley, M. A. Oyama, & M. M. Sleeper, *Manual of Canine and Feline Cardiology* . Missouri: ELSEVIER, pp. 1-473.



- Galarza, M. P., 2017. Trabajo Experimental: "Determinación de valores de referencia de hemograma y química sanguínea de caninos machos en condiciones de altitud". *Universidad Politecnica Salesiana, Sede Cuenca*, 1-85.
- García, F., Marín, L., Mayugo, S., Serra, M., & Frisas, E., 1996. La pulxiometría en el perro. Estudio Clínico. *Clinica Veterinaria de Pequeños Anmales*, 16 (4); 219-223.
- Ghita, M., Cotor, G., Braslasu, C., & Botezatu, R., 2007. Researches on the variation of the mean electrical axis in dogs depending on the ECG recording position. *LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE MEDICINĂ VETERINARĂ*, 389-392.
- Glaus, T., Hauser, K., Hassig, M., Lipp, B., & Reusch, C., 2003. Non-invasive measurement of the cardiovascular effects of chronic hypoxaemia on dogs living at moderately high altitude. *The Veterinary Record*, 152, 800-803.
- Gonzales, G., 2011. Hemoglobina y Testosterona: Importancia en la aclimatación y adaptación a la altura. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 28 (1): 92-100.
- Gonzalez, G., & Tapia, V., 2007. Hemoglobina, Hematocrito y Adaptación a la Altura: Su relación con los cambios hormonales y el periodo de residencia multigeneracional. *Revista Med*, 15 (1): 80-93.
- Grauer, G. (01 de 04 de 2009). *Diagnosis, management of hypertension, proteinuria in dogs with chronic kidney disease*. Obtenido de <http://veterinarynews.dvm360.com/diagnosis-management-hypertension-proteinuria-dogs-with-chronic-kidney-disease?id=&sk=&date=&pageID=2>
- Grollman, A., 1930. Physiological variations of the cardiac output of man. VII The effect of high altitude on the cardiac output and its related functions: an account of experiments conducted on the summit of Pikes Peak. *Am J Physiol*, 93: 19-40.
- Gugjoo, M., Hoque, M., Saxena, A., Shamsuz Zama, M., & Dey, S., 2014. Reference Values of M-mode echocardiographic parameters and indices in conscious Labrador Retriever Dogs. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 341-346.
- Guyton, A., & Hall, J., 2006. *Manual de Fisiología Médica*. Madrid: McGraw - Hill Interamericana, 746 pp.
- Hall, D., Cornell, C., Crawford, S., & Brown, D., 2008. Meta-analysis of normal canine echocardiographic dimensional data using ratio indices. *Elsevier*, 10,11-23.



- Hamlin , R. L., 1988. Normal Cardiovascular Physiology. En P. Fox, D. Sisson, & S. Moise, *Textbook of Canine and Feline Cardiology*. Philadelphia : W.B. SAUNDERS COMPANY, pp. 25-37.
- Harvey, J. W., 2012. *Veterinary Hematology a Diagnostic Guide and Color Atlas*. China: ELSEVIER, 368 pp.
- Hemsley, S., 2017. Electrocardiography. En E. Durham, *Cardiology for Veterinary Technicians and Nurses*. USA: Wiley-Blackwell, pp.63-110
- John, M. S., & Durham, E., 2017. Echocardiography and Doppler Study. En E. Durham, *Cardiology for Veterinary Technicians and Nurses*. Columbia, USA: Willey Blackwell, pp. 133-178
- Kienle, R. (2000). Echocardiography. En M. D. Kittleson, & R. D. Kienle, *Small Animal Cardiovascular Medicine Textbook*. Multimédica, pp. 391-488.
- Kienle, R., & Thomas, W., 2004. Ecocardiografía. En J. Mattoon, & T. Nyland, *Diagnóstico Ecográfico en pequeños animales*. Español: Multimedica Ed. Vet, pp. 371-448
- Knight, D., & Sleeper, M., 2000. Pathophysiology of Heart Failure. En J. A. Abbott, *Small Animal Cardiology Secrets*. Philadelphia: HANLEY & BELFUS, INC, pp. 7-22.
- Kules, J., Mayer, I., Rafaj, R., Matijatko, V., Kis, I., Kucer, N., . . . Mrljak, V., 2011. Co-oximetry in clinically healthy dogs and effects of time of post sampling on measurements. *J Small Anim Pract*, 52(12): 628-31.
- Lakatta, E., & Levy, D., 2003. Arterial and cardiac aging:. *Circulation*, 107: 346-352.
- Lightowlers, C., Mercado, M., & Cattaneo, M., 1999. Valores de Referencia en Ecocardiografía Canina: Diámetro Aortico, Diámetros y Volúmenes del Ventrículo Izquierdo. *AVANCES EN CIENCIAS VETERINARIAS*, 34 -41.
- Martin, M., 2015. *SMALL ANIMAL ECGs an introductory guide*. Uk: WILEY Blackwell, 103 pp.
- Martínez, A., 2010. Valores de hemoglobina y hematocrito en una altura mayor de 3500 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Oruro - Bolivia. *Revista Medicis (6)*, 50-62.
- McGovern, J., Sasse, S., Stansburry, D., Causing, L., & Light, R., 1996. Comparison of Oxygen Saturation by Pulse Oximetry and Co-Oximetry During Exercise testing inpatients with COPD. *Pulmonary and Critical Care Medicine*, 1151-1155.
- Meder, A., Adagio, L., Romero, J., Lattanzi, L., & Wheeler, J., 2011. Asociación entre la Relación Ao/AI - Ao/VID en caninos con valvulopatía mitral adquirida. *Ciencia Veterinaria*, Volumen 13-1.



- Meder, A., Lezcano, P., Poblete, G., Lapuyade, C., Olondriz, P., Montenegro, J., . . . Arauz, M., 2012. Valores de presión arterial sistólica, método Doppler Vascular Pulsado, en caninos. *Ciencia Veterinaria* , 14: 62-76.
- Mejía , H., & Mejía , M., 2012. Educación Continua. Oximetría de Pulso. *Rev Soc Bol Ped*, 51(2): 149-4.
- Miller, M. S., Tilley, L. P., Smith, F. W., & Fox, P. R., 1999. Electrocardiography. En P. R. Fox, D. Sisson, & S. Moise, *Textbook of CANINE AND FELINE Cardiology : Principles and Clinical Practice*. United States of America: W.B. SAUNDERS COMPANY, pp. 67-105.
- Moise, S., & Fox, P. 1988. Echocardiography and Doppler Imaging. En P. Fox, D. Sisson, & S. Moise, *Textbook of Canine and Feline Cardiology*. Philadelphia: W.B. SAUNDERS COMPANY, pp. 130-171.
- Molina, E., Ruidíaz, V., Chiabrando, L., Puyol, M., Gargiulo, N., & Regognat, M., 2015. Hipertensión Arterial Sistémica en Perros y Gatos con Enfermedad Renal Crónica. *AVEACA XV Congreso Nacional*, 138.
- Mucha, C., 2001. Insuficiencia Valvular Mitral: Endocardiosis Mitral. En: Belerenian, G., Mucha, C., & Camacho, A., *Afecciones Cardiovasculares en Pequeños Animales*. Argentina, Bueno Aires: Intermédica, pp. 155-162.
- Mucha, C., 2007. Hipertensión e Hipotensión arterial . *REDVET*, 695-754 .
- O'leary, C., Mackay, B., Atwell, R., & Taplin, R., 2003. Echocardiographic parameters in 14 healthy English Bull Terriers. *Aust Vet J*, 81;535-542.
- OMS., 2010. Seguridad del Paciente: Manual de oximetría de Pulso Global. *Organización Mundial de la Salud*, 1-24.
- Oyama, M. A., Kraus, M. S., & Gelzer, A. R., 2014. *ECG Interpretation in saml animal practice*. New York, USA: CRC Press.
- Pagliari, P., & Penna, C., 2005. Rethinking the Renin - Angiotensin System and Its Role in Cardiovascular Regulation. *Cardiovascular Drugs and Terapy*, 19: 77-87.
- Pedrozo, R., Quintana, G., & Florentin, M., 2010. Valores hematológicos de referencia en caninos adultos aparentemente sanos, que concurren a una clínica privada de Asunción. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud*, Vol. 8(2) 5-13 .



- Poser, H., & Guglielmini, C., 2016. Pulmonary Hipertensión in the Dog. *Acta Veterinaria-Beograd*, 66 (1), 1-25.
- Randolph, J., Peterson, M., & Stokol, T., 2010. Erythrocytosis and Polycythemia. En D. J. Weiss, & K. J. Wardrop, *Veterinary Hematology*. USA: Wiley-Blackwell, pp. 162-166.
- Riehl, J., Hetzel, S., Snyder, C. J., & Soukup, J. W., 2016. Detection of Pulpal Blood Flow in Vivo with Pulse Oximetry in Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 3:36.
- Rioja, E., Salazar, V., Martínez, M., & Martínez, F., 2013. *Manual de anestesia y analgesia de pequeños animales*. España: SERVET, 223 pp.
- Rodríguez, M., Sosa, J., Sciarretta, M., Dizeo, C., Nordaby, R., Campo, A., . . . Machado, R., 2004. Estimación ecocardiográfica visual de la función sistólica ventricular izquierda en la evaluación pronóstica de pacientes con un primer evento cardiovascular. *Revista Argentina de Cardiología*, 72: 433- 438.
- Samaja, M., 2017. Blood gas transport at high altitude. *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biomediche*, 1-14.
- Sánchez Klinge, M., & Venegas Cortés, C., 2008. Cambios en los valores del electrocardiograma de caninos en tres pisos térmicos de Cundinamarca, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 15: 67-78 .
- Santamaria, R., & Gorostidi, M., 2015. Hipertensión arterial secundaria: cuándo y cómo debe investigarse. *NefroPlus*, 7(1): 11-21.
- Schiffrin, E., 2005. Vascular endothelin in hipertensión. *ELSEVIER*, 19-29.
- Smith, F., Tilley, L. P., 2016. Electrocardiography. En: F. W. Smith, L. Tilley, M. A. Oyama, & M. Sleeper, *Manual of Canine and Feline Cardiology* . Missouri: ELSEVIER, pp.49- 77
- Sodikoff, C. H., 2001. *Pruebas Diagnosticas y de Laboratorio en pequeños animales*. España: ELSEVIER, 345 pp.
- Soto-Bustos, Á., Caro-Vadillo, A., Martínez-de-Merlo, E., & Alonso-Alegre, E., 2017. Diagnostic accuracy of electrocardiographic Pwave related parameters in the assessment of left atrial size in dogs with degenerative mitral valve disease. *J.Vet.Med.Sci.*, 79(10): 1682–1689.
- So-Young, C., Jae-Sik, H., Ill-Hwa, K., Dae-Yeon, H., & Hyun-Gu, K., 2011. Basic data on the hematology, serum biochemistry, urology, and organ weights of beagle dogs. *Lab Anim Res*, 27(4), 283-291.



- Spasojević, K. L., Trailović, D., & Krstić, N., 2017. Age-dependent electrocardiographic and echocardiographic. *Iranian Journal of Veterinary Research*, Vol. 18, No. 1, Ser. No. 58, Pages 43-48.
- Stenberg, J., Ekblom, B., & Messin, R., 1966. Hemodynamic response to work at simulated altitud, 4000m. *J Appl Physiol.* , 21(5):1589-94.
- Stephenson, R. B., 2009. Fisiología Cardiovascular. En J. G. Cunningham, & B. G. Klein, *Fisiología Veterinaria*. Madrid, España: ELSEVIER, pp 154-168.
- Talavera, J., & Fernandez del Palacio, J., 2007. Hipertensión pulmonar en perros y gatos. *Clin Vet Peq Anim*, 27(1): 37- 48.
- Tamayo, M. O., Cerquera, E. A., & Salamanca, R. G., 2006. Base de datos de medidas electrocardiograficas para caninos residentes en la ciudad de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria* , N° 12: 73-80.
- Thrall, M. A., 2012. Erythrocyte Morphology. En M. A. Thrall, G. Weiser, R. Allison, & T. Campbell, *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. USA: WILEY-BLACKWELL, pp. 61-74.
- Torío, R., Suares, M. L., & Santamarina, G., 2014. Principios Básicos de electrocardiografía veterinaria. *Consulta de Difusión Veterinaria*, 1-6.
- Ullauri, V., Castillo, D., Molano, A., & Naváez, I., 2015. Valores estándares de ecocardiografía en Quito (2900ms.n.m.) Pacientes sin comorbilidades. *REC - Online*, Volumen1.
- Voigt, G. L., & Swist, S. L., 2011. *Hematology Techniques and Concepts for Veterinary Technicians*. New Delhi,India: Wiley-Blackwell.
- Wagner-Grau, P., 2010. Fisiopatología de la hipertensión arterial. *An Fac Med.*, 71(4): 225-9.
- Ware, W. A., 2007. *Cardiovascular Disease in Small Animal Medicine*. Ames,Iowa, Usa: MANSON PUBLISHING, 396 pp.
- Weiss, D., & Tvedten, H., 2012. Erithrocyte Disorders. En M. Willard, & H. Tvedten, *Small Animal CLINICAL DIAGNOSIS by LABORATORY METHODS* (págs. 38-62). United States of America: ELSEVIER.
- Ynajara , E., & Montoya, J. A., 2012. *Manual de electrocardiografía clinica Canina*. España: SERVET, 200 pp.



Ynaraja, E., 2007. Aproximación a la técnica diagnóstica. Cómo Hacer un Electrocardiograma. Electrogénesis y Derivaciones. En J. A. Montoya Alonso, & E. Ynaraja Ramírez, *Manual práctico de Electrocardiografía en pequeños Animales*. Barcelona: ELSEVIER MASSON, pp. 1-19.

Zitzmann, M., 2008. Effects of testosterone replacement and its pharmacogenetics on physical performance and metabolism. *Asian Journal of Andrology*, 10 (3) 364-372.



CAPÍTULO VIII: ANEXOS

Anexo 1. Parámetros referenciales de Ecocardiografía, electrocardiografía, presión arterial sistólica, saturación de oxígeno y valores hematológicos en la Ciudad de Cuenca.

	N	Mínimo	Máximo	Media	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error
<i>Relación Atrio Izq/aorta (cm)</i>	12	0,90	1,10	0,99	±0,02
<i>Fracción de Eyección (%)</i>	12	46,90	74,90	59,18	±2,15
<i>Fracción de acortamiento (%)</i>	12	29,60	71,40	44,32	±3,22
<i>Volumen Eyección (mm³)</i>	12	10,00	27,00	19,00	±1,75
<i>Oximetría de pulso (%)</i>	12	85	96	91,17	±1,02
<i>Presión arterial sistólica (mm/Hg)</i>	12	116	163	135,08	±3,76
<i>Frecuencia Cardiaca (Lt/min)</i>	12	80	160	120,00	±7,39
<i>Onda P duración (Seg.)</i>	12	0,02	0,04	0,03	±0,00
<i>Onda P amplitud (mv.)</i>	12	0,10	0,30	0,21	±0,02
<i>Intervalo P_Q duración (seg.)</i>	12	0,06	0,14	0,10	±0,01
<i>Duración del QRS (seg.)</i>	12	0,04	0,08	0,06	±0,00
<i>Amplitud de la onda R (mv.)</i>	12	0,80	2,10	1,41	±0,14
<i>Duración del Intervalo Q_T (seg.)</i>	12	0,14	0,20	0,18	±0,01
<i>Eje Eléctrico Medio (Grados)</i>	12	41	86	66,67	±4,32
<i>Hematocrito (%)</i>	12	44,00	62,00	54,42	±1,60
<i>Hemoglobina (G/L)</i>	12	152,00	197,00	170,17	±4,43
<i>Eritrocitos (x10¹²/L)</i>	12	7,98	10,00	8,84	±0,23



Anexo 2. Parámetros referenciales de Ecocardiografía, electrocardiografía, presión arterial sistólica, saturación de oxígeno y valores hematológicos en la Ciudad de Machala

	N	Mínimo	Máximo	Media	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error
<i>Relación Atrio Izq/aorta (cm)</i>	12	0,80	1,30	0,9	±0,03
<i>Fracción de Eyección (%)</i>	12	48,20	77,10	63,6	±2,78
<i>Fracción de acortamiento (%)</i>	12	30,40	81,00	53,1	±4,86
<i>Volumen Eyección (mm³)</i>	12	14,00	48,00	27,3	±3,52
<i>Oximetría de pulso (%)</i>	12	93	99	95,5	±0,65
<i>Presión arterial sistólica (mm/Hg)</i>	12	114	155	131,0	±4,15
<i>Frecuencia Cardiaca (Lt/min)</i>	12	80	180	123,3	±7,32
<i>Onda P duración (Seg.)</i>	12	0,02	0,04	0,03	±0,00
<i>Onda P amplitud (mv.)</i>	12	0,10	0,30	0,2	±0,02
<i>Intervalo P_Q duración (seg.)</i>	12	0,08	0,14	0,1	±0,01
<i>Duración del QRS (seg.)</i>	12	0,04	0,08	0,06	±0,00
<i>Amplitud de la onda R (mv.)</i>	12	1,00	2,40	1,6	±0,13
<i>Duración del Intervalo Q_T (seg.)</i>	12	0,16	0,22	0,1	±0,00
<i>Eje Eléctrico Medio (Grados)</i>	12	60	90	75,3	±3,1
<i>Hematocrito (%)</i>	12	41,00	47,00	44,0	±0,59
<i>Hemoglobina (G/L)</i>	12	139,00	161,00	148,7	±2,05
<i>Eritrocitos (x10¹²/L)</i>	12	5,61	7,99	6,7	±0,18


Anexo 3. Modelo de Historia Clínica de los pacientes clínicamente sanos.

HISTORIA CLÍNICA

NHC: _____

Fecha: _____

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DEL PACIENTE		
Nombres:		Nombre:	Procedencia:	Color:
Ciudad:	Dirección:	Especie:	Raza:	Peso:
Teléfonos:	Nº de mascotas:	Edad:	Sexo:	

ANAMNESICOS

	Ultimo celo:	Normal:	Secreciones vulvares:	
Hembras	Fecha y tipo de parto:		Nº Crías: M () H()	Montas:
Machos	Nº Montas:		Secreciones prepuciales:	
Ultimas desparasitación:		Vacunas:		Enfermedades anteriores:

MOTIVO DE CONSULTA

EXAMEN CLINICO

F. C: Lt/min	Temperatura:	TLLC:	Color Mucosa	Conjuntiva/Oral/Genital
F. R: r/min	Linfonódulos:	Pulso:		
Sistema Tegumentario:		Sistema Musculo-Esquelético:		
Sistema Respiratorio:		Sistema Cardiovascular		
Sistema Digestivo:		Sistema Nervioso:		
Sistema Genitourinario:		Sistema Auditivo y Ocular:		

LISTA DE PROBLEMAS

LISTA MAESTRA

DIAGNOSTICO DIFERENCIAL

DIAGNOSTICO PRESUNTIVO

Firma Md. Responsable

Anexo 4. Modelo de reporte electrocardiográfico de los pacientes clínicamente sanos.

REPORTE DE ELECTROCARDIOGRAFÍA

DATOS DEL PACIENTE:

Nombre: MUÑECA Especie: Canina Sexo: Hembra Raza: Mestizo Edad: 4 años Talla: Mediana

PROPIETARIO:

Nombre: Elizabeth Cueva Teléfono: 0992287297 Dirección: Arizaga y Babahoyo

LUGAR: Machala

FECHA: 27 / 01 / 2018

EXAMEN CLÍNICO:

Peso Corporal: 10 kg.

Temperatura: 39°C

Frecuencia Cardíaca: 130 Lt/min.

Frecuencia Respiratoria: 30 res/min.

TLC: 1 seg.

Condición Corporal: 3/5

Pulso arterial palpación: FLLC

Presión arterial: 142 SISTÓLICA

Mucosas: Rosadas

Pulso yugular: ausente

Tos: ausente

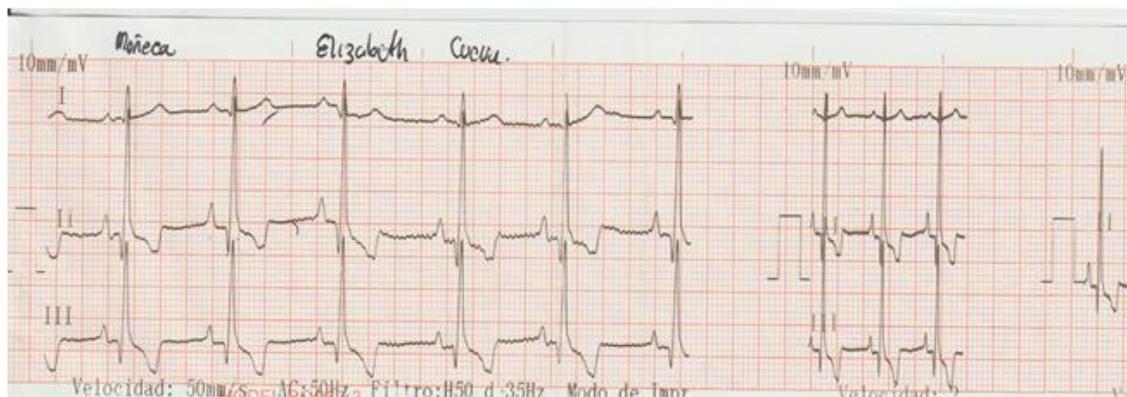
Reflejo Tusígeno: negativo

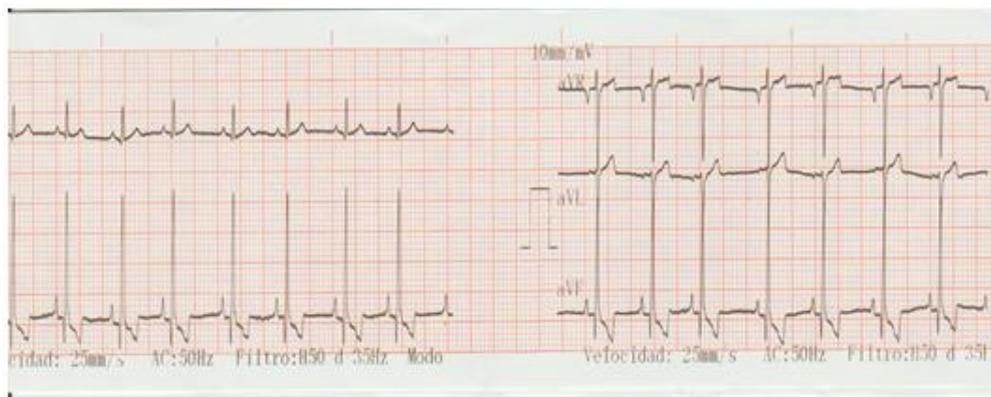
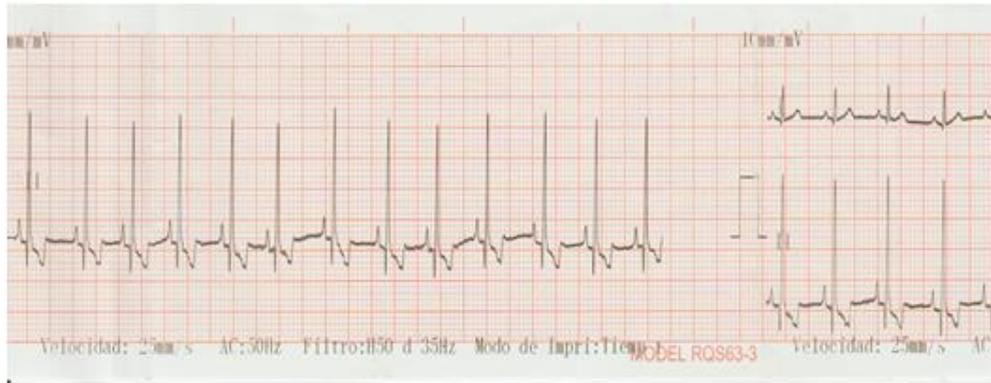
Patrón ventilación: normal

Auscultación: campos pulmonares limpios

Comportamiento: Tranquilo

IMÁGENES:





MEDIDAS ELECTROCARDIOGRAFICAS: (Velocidad del registro 50mm/seg / Derivación II)

- ✓ Frecuencia cardiaca: 140 lat. /min
- ✓ Onda P: 0,02 seg./0,3mv
- ✓ Intervalo P-R: 0.08 seg
- ✓ Complejo QRS: 0,06 seg / 2 mv (Onda R)
- ✓ Intervalo Q-T: 0,18 seg
- ✓ Eje Eléctrico: 83° (I = + 2 / III= + 13)

Anexo 5. Modelo de reporte Ecocardiográfica de los pacientes clínicamente sanos

REPORTE DE ECOCARDIOGRAFÍA

DATOS DEL PACIENTE:

Nombre: MUÑECA Especie: Canina Sexo: Hembra Raza: Mestizo Edad: 4 años Talla: Mediana

PROPIETARIO:

Nombre: Elizabeth Cueva

Teléfono: 0992287297

Dirección: Arizaga y Babahoyo

LUGAR: Machala

FECHA: 27 / 01 / 2018

EXAMEN CLÍNICO:

Peso Corporal: 10 kg.

Temperatura: 39°C

Frecuencia Cardíaca: 130 Lt/min.

Frecuencia Respiratoria: 30 res/min.

TLC: 1 seg.

Condición Corporal: 3/5

Pulso arterial palpación: FLLC

Presión arterial: 142 SISTÓLICA

Mucosas: Rosadas

Pulso yugular: ausente

Tos: ausente

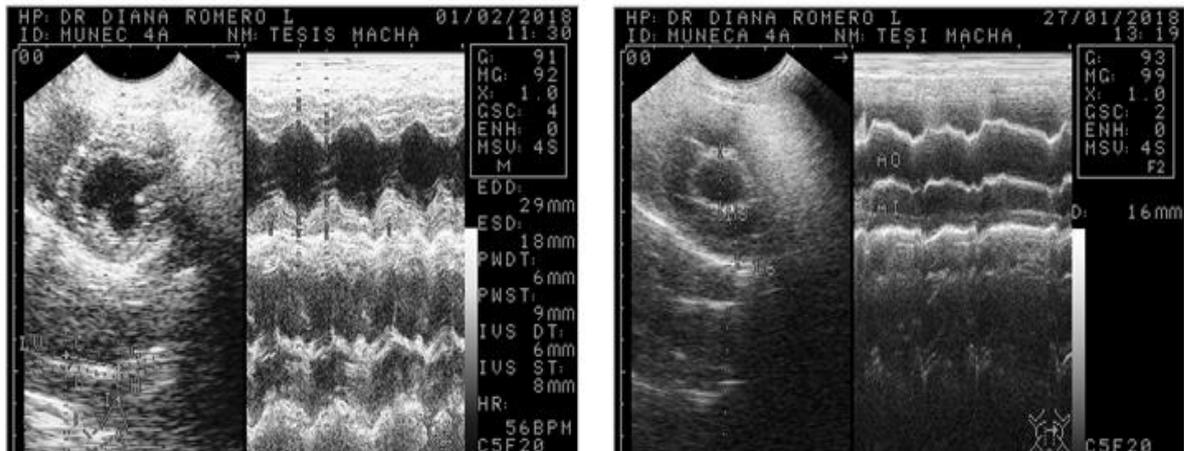
Reflejo Tusígeno: negativo

Patrón ventilación: normal

Auscultación: campos pulmonares limpios

Comportamiento: Tranquilo

IMÁGENES:



INTERPRETACION:

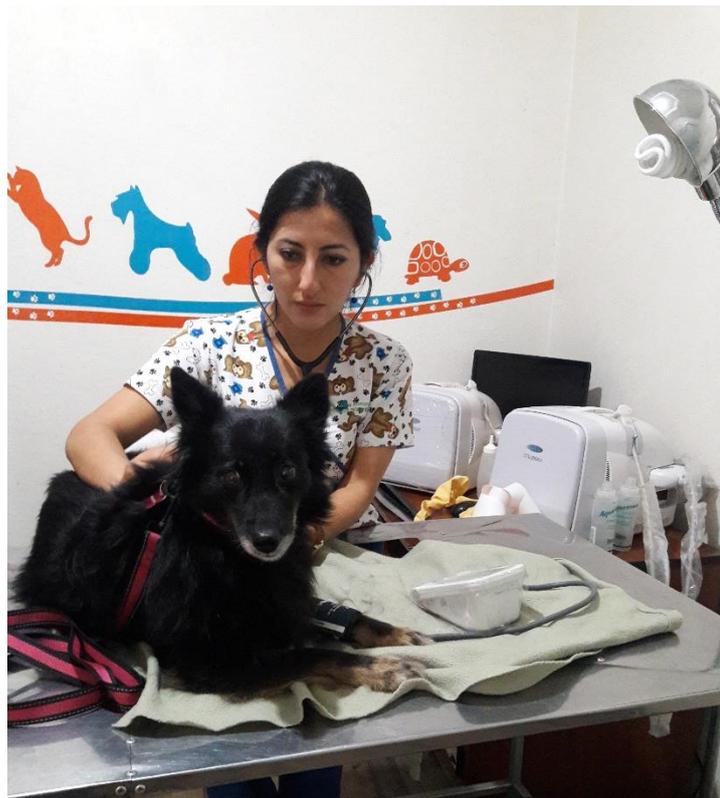
A través de un corte longitudinal transverso en modo B/M, se aprecia las siguientes variables:

- Volumen fin de diástole: 32 mm³
- Volumen fin de sístole: 10 mm³
- Volumen de eyección: 22 mm³
- Fracción de eyección: 69,8 %
- Diámetro de Aorta: 1,8 cm
- Diámetro Atrio Izquierdo: 1,6 cm
- A/O : 0,9
- Fracción de Acortamiento: 61,1 %

Anexo 6. Mesa para Ecocardiografía



Anexo 7. Exploración Clínica del paciente



Anexo 8. Toma de Saturación de oxígeno



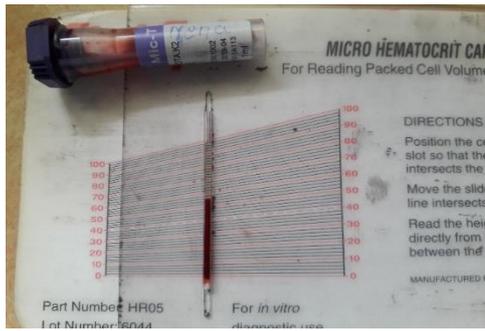
Anexo 9. Realización del Electrocardiograma



Anexo 10. Toma de la Presión Arterial



Anexo 11. Exámenes de sangre



Anexo 12. Realización de Ecocardiografía

