



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



**MORFOLOGÍA Y POLARIDAD DEL COMPLEJO QRS DEL
ELECTROCARDIOGRAMA EN TERNEROS CON
INSUFICIENCIA CARDIACA A 3910 METROS DE ALTITUD.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MARGOTH MAITA ALVAREZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Al gran amor de mi vida, mi madre Felipa por ser una mujer aguerrida fuerte, que desde niña me transmitió fortaleza para afrontar diferentes obstáculos, por apoyarme en todo el transcurso de mi vida, a quien amo con todo mi ser.

A mi hermano menor Vladimir Romario, por apoyarme en cada decisión, por ser mi confidente, por confiar en mí, por ser mi mejor y único hermano, por ser mi gran amigo y compañero desde la niñez.

A mi padre Mario por su gran apoyo en esta etapa de mi vida.

A mis abuelitos Fidel y Timotea que siempre me transmitieron buenos valores y muchas alegrías.

A todos mis familiares por confiar y creer en mí.

A mi facultad y universidad con quien siempre tendré eterna gratitud.

Margoth Maita Alvarez



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por otorgarme salud, bienestar y fuerza durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

La universidad Nacional del Altiplano de Puno, facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Dr. Ciro Marino Traverso Arguedas por su inmenso apoyo, motivación, comprensión y sobre todo confianza puesta en mí persona, para la realización del presente trabajo de investigación.

Dra. Jhoana Benavides Gallegos, por su constante apoyo durante toda la ejecución de mi tesis.

Docentes miembros del jurado: Dr. Domingo Ruelas, Dr. Alberto Ccama y M. Sc.

Abigail Teresa de la Cruz por las sugerencias y paciencia para el desarrollo de la tesis.

Mis padres y hermano por su gran apoyo y amor incondicional.

Mi primo Edgard Maita, por apoyarme en la ejecución de mi tesis.

Mis amigos: Jorge Galiano, Karina Pacco, Paul Callata y Maritza Pacompia por la motivación y colaboración brindada en la ejecución del trabajo de investigación.

Margoth Maita Alvarez



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURA

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Objetivo general.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. Anatomía y función del corazón.....	15
2.1.1. Circulación Coronaria.....	15
2.1.2. Inervación del corazón.....	16
2.1.3. Sistema de conducción.....	17
2.1.4. Potencial de acción del musculo cardiaco	19
2.2. Insuficiencia cardiaca.....	21
2.2.1. Examen físico de la insuficiencia cardiaca	23
2.3. Electrocardiograma.....	25
2.3.1. Morfología del electrocardiograma	26
2.3.2. Interpretación de resultados del ECG	29
2.3.3. Frecuencia cardiaca (FC).....	31
2.3.4. Sistema de derivaciones.....	31
2.3.5. Trastornos de ritmo y conducción	32
2.4. Electrocardiograma en insuficiencia cardíaca	32
2.5. Valores de electrocardiografía en terneros	37

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudios.....	43
3.2. De los animales.....	43
3.2.1. Evaluación Clínica de los animales.	44



3.2.2. Criterios de inclusión:.....	44
3.2.3. Criterios de exclusión.	45
3.3. Materiales.....	45
3.4. Fase experimental.....	45
3.4.1. Del electrocardiograma.....	46
3.4.2. Morfología y polaridad del complejo QRS.	46
3.5. Análisis estadístico.....	48

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	76
ANEXOS.....	82

Área: Salud animal

Tema: Electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 de junio de 2021



ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Morfología de la onda P y complejo QRS. (Valenzuela, 2018).....	289
Figura 2. Las diferentes grafoelementos del electrocardiograma. Fuente: (Azcano, 2015)	31
Figura 3. Las diferentes ondas del electrocardiograma. Fuente: (Azcano, s.f)	31



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de los animales de experimentación.....	43
Tabla 2.	Parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, según edad y sexo.	50
Tabla 3.	Frecuencia cardiaca lat/min, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.....	51
Tabla 4.	Ritmo cardiaco y sinusal, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.....	55
Tabla 5.	Duración del complejo QRS/Seg, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.....	58
Tabla 6.	Amplitud de la onda Q R S/mV de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.....	62
Tabla 7.	Eje cardiaco (grados) de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.....	68
Tabla 8.	Morfología del complejo QRS en derivaciones bipolares y unipolares en la insuficiencia cardiaca de terneros de la raza Brown Swiss.....	71



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

I.C.	: Insuficiencia cardiaca.
ICD.	: Insuficiencia cardiaca derecha
ICI	: Insuficiencia cardiaca izquierda
ECG	: Electrocardiograma
EA	: Eje Eléctrico
AD	: Atrio Derecho
VD	: Ventrículo Derecho
AI	: Atrio izquierdo
VI	: Ventrículo izquierdo
SA	: Nódulo sino atrial
AV	: Nódulo atrio ventricular
PMR	: Potencial de membrana en reposo
SB	: Bradicardia sinusal
ST	: Taquicardia sinusal
PAC	: Contracción prematura auriculares
PVC	: Contracciones prematuras ventriculares
Q-T	: Intervalo Q – T
P	: Onda P
Q	: Onda Q
R	: Onda R
S	: Onda S
T	: Onda TA
J	: Punto J
PQ	: Intervalos PQ
RR	: Intervalo RR
PP	: Intervalo PP
PQ	: segmento PQ
QRS	: Complejo QRS
S-T	: Segmento ST
Q-T	: Intervalo QT
Q-T	: Segmento QT



TP : segmento TP
A-V : Conducción auriculo ventricular
Na⁺⁺ : Sodio
K⁺ : Potasio
Cl⁻ : Cloro
mV : Minivoltios
msm : Metros sobre el nivel del mar
mmHg : Milímetros de mercurio
Ca⁺⁺ : Calcio
I : Derivación bipolar I
II : Derivación bipolar II
III : Derivación bipolar III
aVR : Derivación monopolar izquierda
aVL : Derivación monopolar derecha
aVF : Derivación monopolar del pie izquierdo
IAM : Infarto agudo de miocardio
ICC : Insuficiencia cardiaca congestiva
LPM : Latidos por minuto
mm : Milímetros



RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la frecuencia, ritmo, duración, polaridad, eje cardiaco y morfología del complejo QRS del electrocardiograma en terneros de la raza *Brown Swiss*, en diferentes puntos de la superficie corporal, como referencia de las alteraciones electrocardiográficas de la insuficiencia cardiaca de la clase II. El examen se realizó en posición de pie, a una amplitud de 1mV/mm y velocidad de 25 mm/s, utilizando las derivaciones bipolares (I, II, III), las derivaciones unipolares (aVL, aVR y aVF), en total se observaron 96 registros procedentes de 16 animales de 3 y 6 meses entre machos y hembras. Los resultados reflejan que la frecuencia cardiaca estuvo comprendida entre 119.75 ± 8.594 y 136.00 ± 8.594 con diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para el sexo, mostrando incremento en los terneros con I.C. frente a los clínicamente sanos; fue arritmico en el 18.75% de los animales según sexo y edad y fue no sinusal en el 6.25% para el sexo y la edad en comparación con los animales clínicamente sanos que fueron rítmicos y sinusales; la duración del complejo QRS en terneros con insuficiencia cardiaca se incrementó, con valores de 0.097 ± 0.005 seg. para machos, 0.114 ± 0.005 para hembras, de 0.102 ± 0.005 y 0.109 ± 0.005 para 3 y 6 meses respectivamente ($P \geq 0.05$) para el sexo y la edad; la polaridad de la onda Q fue negativa y se incrementó en todos los animales con I.C. con valores promedios comprendidos entre -6.188 ± 1.459 y -8.813 ± 1.459 mV ($P \geq 0.05$) para el sexo y edad; las ondas R mostraron ser de menor amplitud en las deflexiones positivas con valores de 1.925 ± 0.725 y 3.613 ± 0.725 mV y las ondas S tuvieron menor amplitud con valores de -0.500 ± 0.248 y -0.888 ± 0.248 mV en comparación con los valores de los terneros clínicamente sanos. El eje eléctrico se encontró entre la DI y el AVF del eje hexaxial (0° y 90°) para los terneros con insuficiencia cardiaca y clínicamente sanos. La morfología varió muy ligeramente, que fue de referencia para detectar alteraciones del sistema de conducción del impulso eléctrico en el corazón. El electrocardiograma determino las alteraciones eléctricas del corazón mas no las alteraciones hemodinámicas en la insuficiencia cardiaca por hipoxemia.

Palabras claves (Keywords): Complejo QRS; morfología; polaridad; eje isoeléctrico.



ABSTRACT

The objective of this research was to determine the frequency, rhythm, duration, polarity, cardiac axis and morphology of the QRS complex of the electrocardiogram in calves of the Brown Swiss breed, at different points of the body surface, as a reference of the electrocardiographic alterations of the insufficiency class II cardiac arrest. The examination was carried out in foot position, at an amplitude of 1mV / mm and a speed of 25 mm / s, using the bipolar leads (I, II, III), the unipolar leads (aVL, aVR and aVF), in total the observed 96 records from 16 animals of 3 and 6 months between males and females. The results reflect that the heart rate was between $119.75 \pm 8,594$ and $136.00 \pm 8,594$ with a significant difference ($P \leq 0.05$) for sex, showing an increase in calves with C.I. versus clinically healthy; it was arrhythmic in 18.75% of the animals according to sex and age and it was non-sinus in 6.25% for sex and age in comparison with the clinically healthy animals that were rhythmic and sinus; the duration of the QRS complex in calves with heart failure increased, with values of 0.097 ± 0.005 sec. for males, 0.114 ± 0.005 for females, 0.102 ± 0.005 and 0.109 ± 0.005 for 3 and 6 months respectively ($P \geq 0.05$) for sex and age; the polarity of the Q wave was negative and increased in all animals with C.I. with mean values between $-6,188 \pm 1,459$ and $-8,813 \pm 1,459$ mV ($P \geq 0.05$) for sex and age; the R waves showed to be of lower amplitude in the positive deflections with values of $1,925 \pm 0.725$ and $3,613 \pm 0.725$ mV and the S waves had lower amplitude with values of $-0,500 \pm 0.248$ and -0.888 ± 0.248 mV in comparison with the values of the clinically healthy calves. The electrical axis was found between the DI and AVF of the hexaxial axis (0° and 90°) for the calves with heart failure and clinically healthy. The morphology varied very slightly, which was a reference for detecting alterations in the electrical impulse conduction system in the heart. The electrocardiogram determined the electrical alterations of the heart but not the hemodynamic alterations in heart failure due to hypoxemia.

Keywords: QRS complex; morphology; polarity; isoelectric axis.



CAPITULO I

INTRODUCCION

La insuficiencia cardíaca (IC) es la incapacidad del corazón para bombear la cantidad adecuada de sangre en el cuerpo (Radostits *et al.*, 2002). Esta puede dividirse en IC izquierda y derecha, donde en la ICI izquierda los principales signos clínicos son notables en el pulmón y en la ICD derecha los signos clínicos se evidencian a lo largo de la vena porta (retorno venoso) y la circulación visceral, siendo el derecho el que más afecta al ganado (Jones, *et al.*, 2000).

La evolución de la IC es lenta y a medida que transcurre el tiempo, el corazón ya no puede mantener las demandas normales que tiene de bombear sangre al resto del cuerpo, la afección crónica que provoca que el corazón no bombee sangre con la eficacia necesaria (Trost, 2008). En la mayoría de los casos, la insuficiencia cardíaca puede ser una enfermedad que no presente síntomas durante mucho tiempo a lo largo de la vida (llamada fase asintomática), que cuando se presente los signos clínicos es cuando ya presenta alteraciones electrolíticas y hemodinámicas del corazón (Radostits *et al.*, 2002).

Actualmente, los estudios de ECG en vacas y recién nacidos son escasos. La electrocardiografía es una técnica no invasiva y económica que produce información útil en la clasificación de las arritmias, el diagnóstico de anomalías de conducción y es una valiosa ayuda en consideraciones pronósticas y terapéuticas (Rezakhani, *et al.*, 2004). El electrocardiograma (ECG) proporciona un registro y una medida del tiempo que varía la diferencia potencial que se produce en la superficie del cuerpo como resultado de la actividad eléctrica dentro del corazón. Esto se asocia con la despolarización miocárdica y la repolarización que se produce en un patrón y secuencia definidos (Radostits, *et al.* 2007).



Ningún sistema electrocardiográfico único ha sido universalmente aceptado para su uso en animales grandes. Se han descrito las derivaciones bipolares (I, II, III, base-ápice) y las derivaciones unipolares (aVF, aVR, aVL, torácico), pero la amplitud, duración y configuración de las diferentes formas de onda varían ampliamente, dependiendo de la raza, tamaño, tipo de cuerpo y sexo de un animal (Shmakov y Roshchevskii, 1995). Las configuraciones electrocardiográficas y la separación clara de la duración de las fases de la forma de onda facilitan la interpretación del electrocardiograma (ECG).

El electrocardiograma en los animales grandes se ha utilizado para detectar alteraciones en el corazón que muestra ondas, complejos, segmentos, intervalos, en la que el movimiento animal tiene un efecto mínimo en la grabación electrocardiográfica (Deroth, 1980). El electrocardiograma muestra si el corazón está latiendo a un ritmo y con una fuerza normal, también muestra el tamaño y la posición de las cámaras del corazón, por lo que un electrocardiograma anormal puede ser un signo de daño o enfermedad del corazón (Amory, *et al.*, 1993).

En la clínica veterinaria se ha incrementado la presentación de patologías cardiacas, así como también la realización de estudios prequirúrgicos, entre ellos la electrocardiografía. Es importante asegurar el registro adecuado del electrocardiográfico para tener diagnósticos certeros, así como para poder elegir el o los tratamientos y protocolos anestésicos indicados para cada paciente. El electrocardiograma (ECG) constituye una herramienta diagnóstica de utilidad básica en la clínica veterinaria de animales con insuficiencia cardiaca, es una de las pruebas que nos permitirá obtener datos del funcionamiento y trabajo eléctrico cardíaco (Paśławska, 2005), este estudio contribuye con datos electrocardiográficos en el diagnóstico de la insuficiencia cardiaca en terneros que son criados a más de 3900 metros de altitud, los mismo que han de servir



para ser utilizados en el diagnóstico de esta patología y por ende tomar medidas pertinentes.

1.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros con insuficiencia cardiaca a 3910 metros de altitud.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la frecuencia y ritmo cardiaco mediante el complejo QRS al electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca según sexo y edad.
- Describir la duración, polaridad, eje eléctrico y morfología, del complejo QRS al electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca según sexo y edad.



CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA.

2.1. Anatomía y función del corazón

El corazón se ubica dentro de la cavidad torácica, a nivel del espacio mediastínico medio. Está cubierto por los pulmones y sostenido por los grandes vasos. Es el órgano muscular, colmado en una película serosa (epicardio), rodeado por una funda fibrosa (pericardio), con un líquido entre ambas (líquido pericárdico) lo que permite el movimiento del corazón durante sus fases de relajación y contracción. Interiormente está cubierto por células endoteliales (endocardio) que está en contacto con la sangre (García-Sacristan, 1995).

Es una bomba muscular que tiene cavidades, está dividida en cuatro cámaras por medio de válvulas: atrio derecho (AD), ventrículo derecho (VD), atrio izquierdo (AI) y ventrículo izquierdo (VI) y tabiques interatriales e interventriculares respectivamente. La AD recibe sangre de las venas cavas craneal y caudal, pasándola al VD por medio de la válvula tricúspide. Una vez en el VD es expulsada por la arteria pulmonar hacia los pulmones a través de la válvula del tronco pulmonar. La AI es la cámara que recibe sangre de las venas pulmonares y se encuentra separada del VI por medio de la válvula mitral o bicúspide. El VI recibe esta sangre y éste la expulsa hacia la aorta a través de la válvula aórtica (Coleman, y Robson, 2005).

2.1.1. Circulación Coronaria

El corazón está irrigado por arterias coronarias, excepto en su porción cráneo ventral. Son las primeras ramas de la aorta y se encargan de la irrigación del corazón. Ambas arterias, (derecha, izquierda), surgen de los senos aórticos por encima de la válvula aortica y lanzan ramas que irrigan ambas aurículas y ventrículos. La arteria coronaria derecha tiene su origen en el seno coronario derecho de la aorta ascendente,



irriga a la aurícula derecha, el ventrículo derecho la superficie diafragmática del ventrículo izquierdo y la porción posterior del septum de los ventriculos a través de la rama interventricular posterior y el nodo SA (60%) y AV (80%), la arteria coronaria izquierda nace del seno aórtico izquierdo, irriga la aurícula izquierda, la mayor parte del ventrículo izquierdo, parte del ventrículo derecho, dos tercios anteriores del tabique interventricular y el nodo SA en 40% de la población. El corazón posee tres tipos de drenajes venosos, Venas de tebesio, que drenan sangre directamente a la cavidad cardiaca. Venas anteriores del ventrículo derecho, se dirigen al atrio derecho. Venas tributarias del seno coronario, discurren por el surco auriculo-ventricular posterior hasta desembocar en el atrio derecho (Montoya y Naranja, 2012).

2.1.2. Inervación del corazón

El corazón se inerva por ramas del sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático. El sistema nervioso autónomo es el encargado de regular la frecuencia de formación intrínseca del impulso, además afecta la conducción del impulso y tiene influencia sobre la contractibilidad cardíaca. Los nervios simpáticos emergen de su respectivo ganglio superior simpático torácico e inervan las diferentes zonas del corazón: nodo sinoatrial, región nodal atrioventricular, haz de His y los ventrículos. La estimulación simpática produce los efectos cronotrópico e inotrópico positivo (Nelson y Couto, 1999)

Los nervios simpáticos (derecho e izquierdo) que se encuentran en los ventrículos difieren en sus efectos cardiacos en los animales, siendo los que dominan los nervios simpáticos izquierdos. Las fibras de los nervios simpáticos del lado derecho inervan principalmente la pared anterior ventricular y los nervios simpáticos izquierdos inervan la pared posterior ventricular. El estímulo de los nervios simpáticos izquierdos produce



arritmias de la unión atrio ventricular o arritmias ventriculares, así como prolongación del intervalo Q-T y alternación de la Onda T. (Gunningha, 2009)

Los nervios parasimpáticos tienen su origen en la médula oblonga, formando el nervio vago; sus fibras terminan primariamente en el nodo sinusal, en el atrio y en el nodo atrioventricular. Los nervios vago izquierdo y derecho se distribuyen de distinta manera al nodo atrioventricular. El nervio vago derecho afecta al nodo sinusal, mientras que el nervio vago izquierdo tiene gran influencia sobre el nodo atrioventricular, que estas al ser estimuladas producen disminución de la frecuencia cardiaca y disminución de la conducción A-V hacia los ventrículos, por lo que el nervio vago es el responsable de la arritmia sinusal (Ettinger, 1989; Nelwan, *et al*, 2001).

2.1.3. Sistema de conducción

El corazón está agregado por fibras musculares con un sistema de conducción bastante coordinado. Este consiste en el nódulo sinoauricular (SA), nódulo atrio ventricular (AV), fascículo atrio ventricular (haz de His), y red subendocárdica (fibras de Purkinje). El nódulo sino auricular (SA) o de Keith y Flack o nódulo sinusal, constituye el primer y principal marcapaso del corazón y se encuentra localizado en la parte superior del atrio derecho muy cerca la entrada de la vena cava craneal. Este primer marcapaso tiene la propiedad de producir espontáneamente estímulos eléctricos a mayor frecuencia que otros puntos del miocardio, por lo que gobierna y origina el automatismo cardiaco. La conducción del impulso cardiaco a través del atrio ocurre vía tres tractos intranodales: anterior, medio y posterior. Existe una conducción en forma directa de fibra a fibra entre el nódulo SA y el nódulo AV (Severin, 1999).

El nódulo aurículo ventricular (AV) o de Aschoff y Tawara, se encuentra ubicado en la unión entre la aurícula y ventrículo derecho. Este nodo retrasa la transmisión del



impulso una media de 0,12 segundos, haciendo posible que la sangre pase de las aurículas a los ventrículos antes de que estos se contraigan y protegiendo a los ventrículos en caso de arritmias auriculares y puede generar estímulos, por lo que en cada caso de algunas alteraciones del nódulo SA, y puede asumir el papel de marcapaso cardiaco, aunque con menor frecuencia y ritmo (Sanchez y Yen, 2003).

El haz de His está conformado por fibras que son excitables, se continúan desde el nódulo AV y siguen el camino del tabique intraventricular. Sigue su curso a lo largo del septo membranoso hacia la válvula aórtica y se bifurca en la válvula formando la rama derecha e izquierda. La rama derecha pasa a través del lado derecho del tabique interventricular hacia el músculo papilar anterior, y una red de fibras conductoras que irradian la rama derecha luego se extiende sobre la pared ventricular derecha. La rama izquierda pasa a través del lado izquierdo del tabique interventricular justo por debajo de la cúspide de la válvula aórtica. En esta unión con el primer tercio del septum se divide en fascículo anterior y posterior que pasan por el correspondiente músculo papilar. Estos fascículos se dividen hacia una red de fibras llamadas fibras de Purkinje que están distribuidas en el miocardio ventricular (Torio, *et al.*, 2002).

El comienzo del latido cardiaco empieza en el nódulo SA; luego el impulso abandona el nódulo SA produciendo la despolarización a nivel de los atrios. Las fibras especializadas del atrio ayudan la propagación uniforme del impulso. La onda de excitación alcanza el nódulo AV, pasa lentamente a través de él y el haz de His. Cuando el impulso llega a las ramas derecha e izquierda del haz de His, aumenta su velocidad y se propaga rápidamente a través de las fibras de Purkinje a los ventrículos (Severin, 1999).

La primera zona o área activada es la pared izquierda del tabique de los ventrículos; seguidamente se activa la porción apical o del ápice de los ventrículos



derecho e izquierdo, y la onda de despolarización se dirige hacia arriba por las paredes laterales hacia la base del corazón. La última porción que se despolariza es la base del ventrículo; seguidamente viene la repolarización de los ventriculos (Torio et al, 2002; Severin, 1999).

2.1.4. Potencial de acción del musculo cardiaco

El potencial de acción del tejido miocárdico presenta características diferentes al de las fibras neuronales y esqueléticas. Es resultado de la entrada y salida de cargas iónicas a través de la membrana celular es por el cambio de polaridad (Guyton y Hall, 2001).

La membrana de la célula del musculo cardiaco es similar en muchas formas a otras células. Durante su estadio de reposo se encuentra polarizada; el medio interno de la célula es negativo con respecto a la superficie externa que es positivo. Esta polaridad es mantenida gracias a la distribución y concentración de los iones extracelulares e intracelulares. La célula en descanso o reposo es casi impermeable al sodio (Na^+) y parcialmente permeable al potasio (K^+) y al cloruro (Cl^-). En adición a esto existe una “bomba” celular metabólico que expulsa el sodio fuera de la célula, aun cuando la concentración de sodio es mucho más alta fuera de la célula. La concentración de potasio es más alta en el intracelular que en el extracelular, cerca de 20 a 1, lo que favorece la salida de potasio fuera de la célula. La concentración de cloruro es mucho más alta fuera que dentro de la célula lo que favorece la entrada de este en la célula (Ghita, *et al.*, 2007).

La medición de la diferencia relativa de cargas eléctricas, da una cantidad que es el potencial de membrana en reposo (PMR) que es de aproximadamente -90mV en cualquier célula miocárdica (Severin, 1999).



La lenta migración de sodio al interior de la célula, ayuda a promover la automaticidad por mantenimiento de un potencial de membrana en reposo de menor negatividad (-40mV) en las células marcapaso. La generación de potencial de acción se da en el nodo sinusal y atrioventricular que depende de la corriente iónica lenta hacia el interior. Este mecanismo es responsable de la formación del impulso en el nodo sinusal y la conducción del impulso en el nodo atrioventricular. Cuando el estímulo llega a la célula, se produce un súbito incremento en su permeabilidad al sodio, produciéndose un gran incremento de sodio dentro de la célula, causando un cambio en la polaridad de la membrana. Después que las células han sido estimuladas para despolarizarse, el proceso se esparce rápidamente por todas las fibras musculares sin estimulación adicional. Esta onda de iones produce una corriente eléctrica medible (Torio, *et al.*, 2002).

Cuando las células son estimuladas por otra célula, o por una despolarización espontánea, en este mecanismo se abren canales selectivos en la membrana, que permiten que el calcio (Ca^{++}) y el sodio (Na^{+}) ingresen a la célula. El sodio ingresa por canales rápidos y el calcio a través de canales lentos y canales rápidos. (Nelwan, *et al.*, 2001)

Durante la repolarización temprana de la fase 1, los canales de sodio empiezan a cerrarse e inicia una entrada de calcio por canales lentos. Durante la fase 2, que es la fase de meseta y en la fase 3 que la de repolarización rápida, hay una gran salida de iones K^{+} de la célula para compensar el ingreso de cargas de Na^{+} y Ca^{++} durante las fases previas, esta pérdida de K^{+} es de tan grande que la célula recupera su potencial de reposo de -90 mV. Durante la fase 4 que es la de reposo, la bomba sodio-potasio restablece el equilibrio tanto eléctrico como químico, el retornar los iones de K^{+} al interior y los de Na^{+} al exterior (Guyton y Hall, 2001).



Durante las fases 1 y 2 (repolarización y meseta) una célula no puede ser normalmente despolarizada por otro estímulo, por lo tanto, la célula es refractaria. Durante la fase 3 que es la repolarización rápida, un impulso eléctrico de gran magnitud, puede causar otra despolarización, la célula es relativamente refractaria. Durante la fase 4 un estímulo que alcance el umbral, produce una despolarización y el ciclo inicia de nuevo (Gunningha, 2009).

2.2. Insuficiencia cardiaca

La I.C. es una enfermedad no infecciosa que afecta a todos los animales, principalmente a aves, bovinos, mucho menos en equinos y más raro en otras especies como canes. Se caracteriza por una elevada y grave hipertensión pulmonar con concomitante insuficiencia del corazón derecho, ocasionado por la baja presión de oxígeno y el frío. Se produce generalmente a alturas por encima de los 2000 msnm. La baja presión de oxígeno de las grandes alturas afecta a la mayoría de las especies animales. La especie bovina posiblemente es una de las más sensibles a esta condición, siendo la respuesta más característica el desarrollo de una hipertensión arterial pulmonar. Aunque esta respuesta parece ocurrir en todos los vacunos, su magnitud varía entre animales de la misma raza (Deroth, 1980).

En la insuficiencia cardiaca la hipertensión puede ser tolerada a través de mecanismos compensatorios, mientras que en otros la alteración es de tal magnitud que puede conducir a un estado de insuficiencia cardiaca congestiva incompatible con la vida, condición conocida como Mal de altura. La enfermedad se relaciona con la hipoxia crónica del medio ambiental en las grandes alturas, debido a la disminución de la presión parcial de oxígeno atmosférico; además, la predominancia de bajas temperaturas se constituye como factor adicional. La respuesta característica a estos factores es el desarrollo de la



hipertensión arterial distal pulmonar, lo cual ocurre como resultado del estrechamiento del lumen de las arterias pulmonares por vasoconstricción, hipertrofia e hiperplasia de las células musculares lisas de la arteria pulmonar, y se caracteriza por un incremento de la resistencia vascular pulmonar que dificulta la expulsión de sangre por el ventrículo derecho, produciendo una insuficiencia cardíaca congestiva, que puede acarrear en la muerte del animal (Marugg, 1995).

La constricción arteriolar distal de los alveolos pulmonares, es la respuesta a la hipoxia debida a la permanencia a grandes altitudes o a una enfermedad pulmonar. La respuesta a la hipoxia varía en función a la musculatura lisa en las arterias pulmonares. En el ganado bovino con frecuencia se desarrolla un aumento de la resistencia vascular pulmonar e hipertensión pulmonar. La hipertensión crónica de la arteria pulmonar causa una sobrecarga de presión en el ventrículo derecho, que responde con una hipertrofia, dilatación o insuficiencia cardíaca, está dependiendo de la velocidad con la que se desarrolla la afección. La enfermedad tiene carácter progresivo y, en algunos estadios, el miocardio ventricular derecho no es capaz de compensar, se dilata y falla. Con la insuficiencia cardíaca aparecen signos de distensión venosa yugular y se desarrolla edema subcutáneo especialmente a nivel de la papada. La insuficiencia cardíaca derecha crónica puede provocar disfunción del ventrículo izquierdo (Smith, 2010; Andrews, 2004).

Insuficiencia cardíaca se define como los cambios en la función cardíaca y sintomatología que requieren tratamiento urgente. Es un síndrome clínico complejo que resulta de cualquier desorden estructural o funcional que altera la capacidad del ventrículo para llenarse o expulsar sangre. Las principales manifestaciones clínicas son disnea y fatiga, que limitan la tolerancia al ejercicio, y la retención de líquidos que puede provocar edema pulmonar y periférico. (Kelly y Kelleger. 2000)



No hay en la actualidad ningún método diagnóstico suficientemente sensible y específico que nos permita realizar el diagnóstico de insuficiencia cardíaca, por lo que debemos orientarnos principalmente por la historia clínica y el examen físico. Para esto utilizamos los criterios de Framingham para el diagnóstico de insuficiencia cardíaca. Los criterios de Framingham se clasifican en Mayores (Disnea paroxística benigna, ortopnea, elevación de la presión yugular, estertores, tercer ruido cardíaco, cardiomegalia, edema pulmonar en la radiografía de tórax y pérdida de peso con el tratamiento para insuficiencia cardíaca) y menores (Edema bilateral, tos, disnea con mínimos esfuerzos, hepatomegalia, derrame pleural y taquicardia); el diagnóstico se realiza clínicamente al tener dos criterios mayores o uno mayor y dos menores proporcionándonos un 100% de sensibilidad y de 78% de especificidad (Echazarreta, 2008)

Las causas de insuficiencia cardíaca varían según la población estudiada, pero las principales causas se pueden clasificar en enfermedad coronaria (isquemia e infarto al miocardio), cardiomiopatía (Dilatada, hipertrófica, restrictiva y obliterativa), enfermedades valvulares y congénitas (enfermedades de la válvula mitral, enfermedades de la válvula aórtica y defectos del septum atrial o ventricular), arritmias (taquicardia, bradicardia, defectos de la conducción atrial), enfermedad pericárdica (pericarditis constrictiva, derrame pericárdico) y falla primaria del corazón derecho (hipertensión pulmonar e incompetencia tricuspídea) (Ganong, 2010).

2.2.1. Examen físico de la insuficiencia cardíaca

Al realizar el examen físico de un paciente con sospecha de insuficiencia cardíaca debemos enfocarnos en los siguientes aspectos:

i. *Presión arterial y de pulso*: La presión arterial cambia cuando hay insuficiencia cardíaca, con una presión de pulso disminuida que representa una reducción del gasto



cardíaco. Cuando la presión de pulso es baja (<20 mmHg) se sospecha que el paciente tiene disminución del gasto cardíaco. El pulso alternante, la variación de la amplitud del pulso entre latido y latido, si está presente es casi patognomónico de falla ventricular izquierda severa. El pulso alternante se atribuye a la alternancia en el gasto cardíaco en cada ciclo cardíaco y se ve clásicamente en pacientes con falla cardíaca avanzada.

ii. *Examen del cuello:* El pulso venoso yugular se observa mejor en la vena yugular interna derecha cuando la cabeza del paciente es volteada al lado contrario del examinador. La presión venosa yugular refleja la presión de llenado del ventrículo derecho, y es el método no invasivo más confiable para estimar la presión venosa central. En pacientes con falla cardíaca izquierda, las presiones izquierdas elevadas se transmiten a través de la circulación pulmonar al ventrículo derecho y las venas yugulares, resultando en presión venosa yugular elevada. Si esta se encuentra elevada, es un indicador de mal pronóstico en pacientes con falla cardíaca. El reflejo hepatoyugular es un signo útil en el diagnóstico de falla ventricular derecha. Esta maniobra se lleva a cabo ejerciendo suave y lentamente presión en medio del abdomen por 15 segundos. Un resultado positivo se define como un aumento en la presión venosa yugular de más de 3 centímetros de agua que se mantiene por más de 15 segundos. Si este signo se encuentra positivo sugiere disminución de la distensibilidad del ventrículo derecho que no puede acomodarse al exceso de retorno venoso. La elevación del reflejo hepatoyugular en pacientes con disfunción ventricular izquierda asintomática se correlaciona positivamente con el riesgo de progresión de la falla cardíaca.

iii. *Examen del tórax:* El latido de impulsión máxima se refiere al impulso del ventrículo izquierdo. Normalmente se localiza en el 5to espacio intercostal. La inspección y palpación del tórax pueden revelar la presencia de cardiomegalia por desplazamiento del latido de impulsión máxima más allá de la línea medio del borde esternal izquierdo.



Un latido apical con un desplazamiento mayor de 3 cm es un indicador eficaz de agrandamiento de ventrículo izquierdo.

iv. *Auscultación cardíaca*: Un tercer sonido cardíaco produce ritmo de galope que puede auscultarse en algunos pacientes con insuficiencia cardíaca, y se ha demostrado que se asocia a aumento de las presiones al final de las diástoles aumentadas.

v. *Examen pulmonar*: Pacientes con falla cardíaca pueden presentar estertores a la auscultación pulmonar, estos estertores son gruesos y pueden auscultarse mejor en las bases pulmonares. Los estertores usualmente ocurren al final de la inspiración. Otro hallazgo común es la matidez en las bases pulmonares y disminución de la entrada de aire, lo cual puede corresponder a derrames pleurales.

vi. *Otros hallazgos*: Pacientes con falla cardíaca avanzada pueden presentarse con edema de la papada. Asociado a esto usualmente hay aumento de peso. Hepatomegalia congestiva y ascitis son manifestaciones en pacientes con falla cardíaca, y pueden causar dolor en el cuadrante superior derecho y sensación de saciedad temprana (Will, *et al*, 1995; Radostits, 2002).

2.3. Electrocardiograma.

La electrocardiografía reúne las técnicas para medir la actividad eléctrica del corazón; para su realización se requiere de un electrocardiógrafo. El electrocardiograma puede realizar mediciones de amplitud y duración de las ondas y segmentos, así como el eje eléctrico promedio. Los potenciales eléctricos generados por el musculo cardiaco son detectados por la superficie del cuerpo usando electrodos que son añadidos a los pliegues axilares e inguinales, son amplificados por el electrocardiógrafo y visualizado en un papel especial en voltaje y tiempo (Oyama, *et al.*, 2014).



El electrocardiograma viene a ser una representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón detectada a través de los electrodos colocados en la superficie corporal. Las aplicaciones de esta prueba en atención primaria son realizadas para el estudio y la evolución de la cardiopatía isquémica, la identificación, el control y tratamiento de las arritmias, el control evolutivo de la repercusión de la hipertensión arterial como las valvulopatías sobre el corazón y la valoración de trastornos metabólicos o iónicos (Botella, 2005).

El electrocardiograma (ECG) proporciona información sobre el ritmo, la frecuencia, crecimiento de cavidades ventriculares o atriales, isquemia, arritmias, efectos tóxicos y algunas alteraciones electrolíticas. El ECG proporciona información sobre la conducción y funcionamiento cardiaco en varios aspectos, como la orientación del corazón en el tórax, masa del músculo cardiaco, alteraciones del ritmo cardiaco, alteraciones en las conducciones aurículo-ventriculares. Presencia de datos sugestivos de isquemia/infarto de miocardio, efectos electrolíticos y de fármacos/drogas (Conthe y Lobos, 2012).

2.3.1. Morfología del electrocardiograma

La onda P

“Es la primera deflexión positiva del ECG, que normalmente es siempre positiva excepto en aVR (derivación monopolar del miembro anterior derecho) donde siempre es negativa. La onda P bifásica puede ser tipo ++ o puede ser + -”. (Lanchi, 2016).



Intervalo PQ o PR

“Esta onda o deflexión se extiende desde el inicio de la onda P al inicio del complejo QRS, que representa el tiempo de despolarización auricular y la conducción a través del nódulo AV, es una línea recta en parte” (Lanchi, 2016).

Intervalo RR

“Al determinar el intervalo RR, es el que representa el tiempo en milisegundos entre dos R sucesivas” las cuales son medidas de acuerdo a los segundos que se extiende (Lanchi, 2016).

Intervalo PP

“Este intervalo es la distancia que se presenta entre dos ondas P sucesivas. Al igual que el intervalo RR, el intervalo PP debe ser constante y su promedio depende de la frecuencia cardíaca” (Meneses, 2005).

Segmento PQ (PR)

Está representada por una línea isoelectrica entre el final de la onda P y el inicio del QRS, representa el retardo fisiológico en el nódulo AV, su prolongación indica un retraso en la conducción del nodo AV (bloqueo AV de primer grado). (Meneses, 2005).

Complejo QRS

Está formado por la secuencia de tres ondas de inscripción rápida, que representan la despolarización de los ventrículos, la onda positiva dentro del complejo QRS se llama R, la onda negativa situada antes de la R se llama onda Q y la negativa después de la R se llama S (Meneses, 2005).

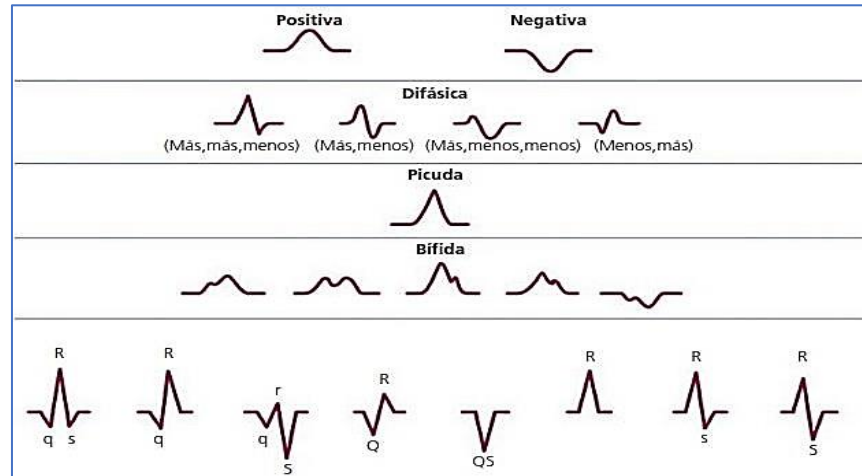


Figura 1. Morfología del complejo QRS. (Valenzuela, 2018)

Segmento ST

El segmento ST del ECG, representa a la fase final de la despolarización, que es isoeletrica, es decir, está a la misma altura de la línea base del ECG. El punto de unión del segmento ST con el complejo QRS se denomina punto J. Cuando el segmento ST no es isoeletrico, se produce una alteración del punto J por elevación o depresión. Se debe profundizar en la valoración ante la posibilidad de un síndrome coronario agudo con lesión (Sevilla, 2016).

Onda T

La onda T se presenta a continuación del segmento ST. Es una deflexión normalmente positiva (es decir, por encima de la línea basal), y esta representa el momento en que el corazón se muestra en un período de relajación, una vez que ha expulsado la sangre que se hallaba en los ventrículos derecho e izquierdo (Sevilla, 2016).

Intervalo QT

Refiriéndonos al intervalo QT podemos afirmar que esta se traduce de acuerdo a la duración de la repolarización ventricular y se mide desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda T. Por lo general se utiliza la fórmula de Bazett para corregir la duración



del intervalo de acuerdo con la frecuencia cardíaca ($QTc = QT/RR^{1/2}$, expresado en segundos) (Chávez, 2004).

Segmento QT

El segmento P- Q, que representa el tramo de la línea basal (línea isoelectrica) que se encuentra entre el final de la onda P y la siguiente deflexión que puede ser hacia arriba (positiva) o hacia abajo (negativa) del ECG. Durante este período, las aurículas terminan de vaciarse y se produce una relativa desaceleración en la transmisión de la corriente eléctrica a través del corazón, justo antes del inicio de la contracción de los ventrículos (Chávez, 2004).

Segmento TP

Este segmento tiene la particularidad de extenderse desde el final de la onda T hasta el inicio de la siguiente Onda P, esta representa el estado de reposo del musculo cardiaco en el cual no hay actividad eléctrica y hay una línea horizontal, aunque a veces puede aparecer la onda U (Lanchi, 2016).

2.3.2. Interpretación de resultados del ECG

La línea isoelectrica representa la línea guía denominada línea basal, que puede identificarse como la línea horizontal existente entre cada latido. Los latidos cardíacos quedan representados en el ECG normal por las diferentes oscilaciones de la línea basal en forma de ángulos, segmentos, ondas e intervalos, constituyendo una imagen característica que se repite con una frecuencia regular a lo largo de la tira de papel del ECG. El recorrido en sentido horizontal hace referencia al tiempo transcurrido en segundos y la distancia en sentido vertical (altura o profundidad) al voltaje ya sea positivo o negativo que se está produciendo. El papel en el que se inscribe las ondas

electrocardiográficas se realiza en el papel milimetrado. Cada cuadrado pequeño del papel mide 1 mm, que cinco cuadrados pequeños forman un cuadrado grande, remarcado por un grosor mayor en la tira de papel del ECG. Para conocer cómo transcurren los tiempos durante la actividad del corazón, basta con recordar que cinco cuadrados grandes en sentido horizontal equivalen exactamente a un segundo. En el ECG cada complejo consta de una serie de deflexiones (ondas del ECG) que alternan con la línea basal. Realizando la lectura de izquierda a derecha, se distinguen la onda P, el segmento P-R, el complejo QRS, el segmento ST y finalmente la onda T. (Azcano, 2015).

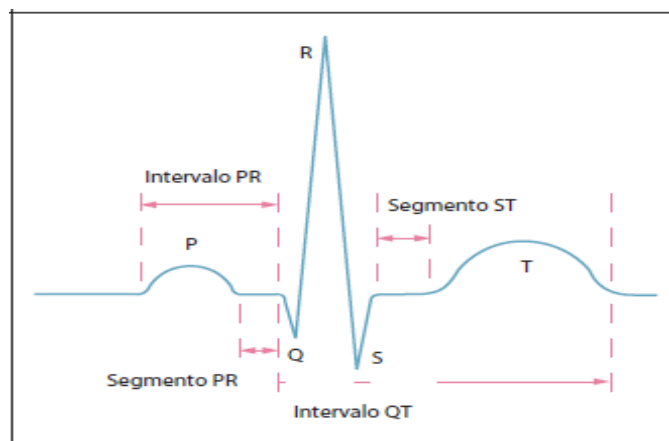


Figura 2. Diferentes componentes del electrocardiograma. Fuente: (Azcano, 2015)

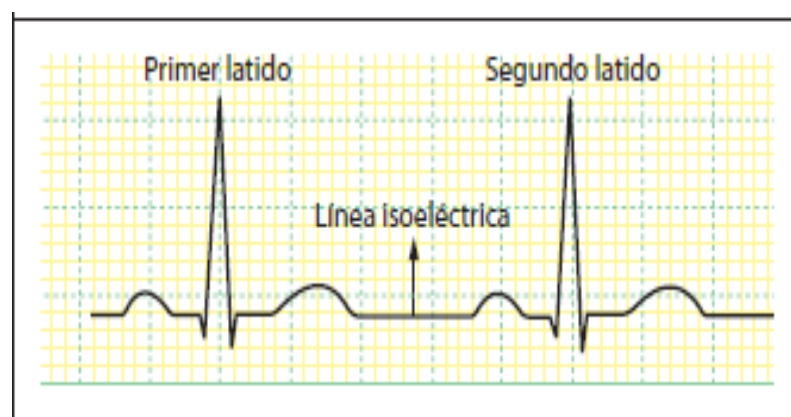


Figura 3. Diferentes ondas del electrocardiograma. Fuente: (Azcano, 2015)

La onda P se es el resultado de la activación auricular y que, de inmediato, aparecen Q, R y S integrando el complejo ventricular por la propagación de la onda de excitación a la musculatura de ambos ventrículos y al tabique interventricular. Terminando el proceso de despolarización de toda la masa muscular auricular y



ventricular, ocurre una pequeña pausa que se conoce como segmento S-T y más tarde se inscribe la onda T, la expresión del restaurador proceso de repolarización onda T, que corresponde a la expresión (Zavala, 2017).

2.3.3. Frecuencia cardiaca (FC)

La frecuencia cardiaca en el animal en reposo tiene de promedio entre 28-48 Lpm o pulsaciones por minuto, aunque es importante resaltar que su condición física también puede esta ligeramente alteradas, por ejemplo, un vacuno entrenado y en buena forma, es posible que tenga un ritmo cardíaco más bajo de lo normal, por ese motivo es importante haber hecho mediciones anteriormente para conocer en qué estado se encuentra el animal (Cano, 2019).

Al realizar el cálculo de la frecuencia cardiaca se describe dos métodos teniendo en cuenta la velocidad del papel, 25mm/seg: Dividiendo 300 por el intervalo RR (número de cuadros grandes del papel, de registro) o por la regla del ECG. Si es arrítmicos se calcula cortando el número de complejos QRS que hay en 6 segundos (30 cuadrados grandes) y se multiplica por 10 (Zarate, 2013).

2.3.4. Sistema de derivaciones

Cuando se utiliza el sistema de derivaciones, al ser empleado debe ser fácil de aplicar y el trazado estar libre de artefactos creados por temblores musculares, movimientos de la piel, desplazamientos del peso corporal o cambios en la posición de las extremidades (Santamarina, Torío, y Suárez, 2012).

El sistema de derivaciones empleada en el ECG, se mencionan que a lo largo del tiempo han sido usados diferentes tipos de derivaciones para la ejecución de electrocardiograma (ECG) en equinos, y hasta el momento no existe un sistema de



derivaciones universalmente utilizados en grandes animales. El sistema de Einthoven busca la actividad eléctrica asumiendo que el corazón se encuentra en la mitad del triángulo formado por los miembros y es bastante utilizado en pequeñas especies y en humanos. También se encuentran las derivaciones bipolares estándar I, II y III, las cuales usan dos electrodos, uno positivo y otro negativo. Finalmente, el sistema base ápex es considerado el más adecuado para la ejecución de ECG en animales grandes, corresponde mejor al eje eléctrico principal y provee deflexiones más grandes tanto para las ondas atriales como ventriculares, lo cual facilita la interpretación y el diagnóstico (Hernández, *et al.*, 2016).

2.3.5. Trastornos de ritmo y conducción

Las lesiones cardiacas en el vacuno no se manifiesten de una manera tan habitual como en otras especies animales, como los pequeños animales (perros o gatos), donde las patologías cardiacas se diagnostican más frecuentemente. Sin embargo, aunque la frecuencia de las cardiopatías no sea tan habitual en medicina bovina, existen importantes lesiones necesarias para diagnosticar correctamente, además de valorar adecuadamente su importancia clínica, ya que en ocasiones se pueden manifestar trastornos que no revisten gravedad ni influencia en la actividad diaria del animal, o que son secundarios a trastornos metabólicos (Garrido, 2017).

2.4. Electrocardiograma en insuficiencia cardíaca

Al investigar a un paciente con insuficiencia cardíaca el electrocardiograma es una de las herramientas diagnosticas que ha sido menospreciada. A pesar de realizarse en la mayoría, por no decir en todos, los pacientes, se le ha prestado muy poca atención. En los pacientes con sospecha de insuficiencia cardíaca el electrocardiograma debe ser estudiado cuidadosamente, ya que se ha demostrado que el diagnostico de insuficiencia cardiaca es



poco probable si el electrocardiograma es normal, todo paciente con sospecha de ICC debe tener un electrocardiograma en su proceso de diagnóstico, donde las deflexiones positivas de las ondas R son indicativos de lesión miocárdica de los ventrículos, pero estas ondas deben ser pronunciadas positivamente para determinar esta patología. (Morris, 2003).

Las anomalías electrocardiográficas más encontradas en estudios son ondas Q, anomalías en la onda T y segmento ST, hipertrofia ventricular izquierda, bloqueos de rama y fibrilación atrial, que de acuerdo a la presentación de las ondas R estas se pueden hallar incrementadas en caso de que haya lesión a nivel ventricular, esta característica se observa en las derivaciones I y en la aVL (Cunningham, 2009).

En pacientes con sospecha de insuficiencia cardíaca se reportó que un electrocardiograma anormal identificó la disfunción sistólica del ventrículo izquierdo. La mejor comprensión de las anomalías electrocardiográficas podría reducir el número de pacientes que requieren ecocardiograma para el diagnóstico de la disfunción ventricular sistólica. Hipertrofia ventricular izquierda (HVI) es cuando se produce un aumento del tejido ventricular izquierdo, se refleja en un aumento del voltaje del vector de despolarización ventricular hacia la izquierda y hacia abajo, que esta se traduce en una onda R alta (> 25 mm) en las derivaciones DI y aVL de forma recíproca, se observa una onda S profunda en las derivaciones derechas V1-V2 (Pessoa, Batista y Santos, 2014).

Las principales anomalías electrocardiográficas que se han identificado en estudios son la fibrilación del atrio, bloqueo trifascicular de alto grado (bloqueo de rama derecha asociado al bloqueo de fascículo anterior y bloqueo atrioventricular) y ensanchamiento del QRS (mayor a 120 ms) (Santamarina, Espino, y Suarez; 2001).



Las anomalías electrocardiográficas varían en cada paciente, según raza y sexo; encontrándose evidencias de cardiopatía isquémica, pero tienen mayor evidencia de hipertrofia de ventrículo izquierdo. Así mismo la hipertrofia de ventrículo izquierdo es más prevalente en hembras, sin embargo, las ondas R en los pacientes normales son con ondas pequeñas en las derivaciones I, II, pero sin embargo las ondas R muy amplias mayor a 25 mV son las indicativas de hipertrofia de ventrículo (Sanyal, Pradip y Monda, 2010).

El ensanchamiento del QRS y el bloqueo de rama izquierda están presentes en 24-47% de los pacientes con insuficiencia cardíaca y se piensa que se asocia a un aumento de la mortalidad, pero no hay suficiente evidencia que soporte esto. La prolongación del QRS ocurre en falla cardíaca y no solamente se asocia a la causa de la falla cardíaca y varía según edad y el sexo, es más frecuente en machos, tiempo de evolución de la falla cardíaca además de presentarse en pacientes tanto con enfermedad grave como leve. Las ondas R muy altas y picudas es indicativo de hipertrofia ventricular izquierda y aquellas que son pequeñas con valores de 0.1 mV son las que se encuentran en condiciones de corazón normal; las Ondas R son indicativas para determinar el ritmo, la frecuencia y el eje cardíaco. Cualquier alteración de las ondas R deben estar correlacionadas con las lecturas en las derivaciones precordiales I y II conjuntamente con los estudios relacionados a los segmentos e intervalos (Başoglu, Kursat y Kadak, 1992).

Al examen de la electrocardiografía se ha demostrado que, con el aumento de la edad, se producen cambios en la longitud y la morfología en los componentes del ECG, asociados con variaciones en la distancia entre el electrodo de grabación y el corazón. También confirmó la diferencia entre el macho y hembra, que está determinada por la constitución fisiológica, humoral y anatómica e histológica de cada sexo, las ondas electrocardiográficas del complejo QRS son muestras de la despolarización de los



ventrículos, las ondas R elevadas son indicativos de hipertrofia ventricular que esta debe estar relacionada con los estudios precordiales (Matsui, *et al.*, 1983).

El estudio contribuye a la literatura proporcionando valores de referencia del ganado Holstein para la evaluación clínica. La electrocardiografía es el método clínico de elección para evaluar los problemas cardíacos asociados con la producción y conducción de estímulos eléctricos. En vacas, al comparar los dos métodos los resultados indican una diferencia significativa en la amplitud de las ondas P, R, S y T y la duración de los intervalos complejo PR, ST y QRS. Esta diferencia de valores en duración y amplitud entre los dos métodos es principalmente por el agrandamiento del área cardiaca y por la frecuencia cardíaca, asociada a variaciones en la distancia entre el electrodo de grabación y el corazón y que la duración de todos los componentes ECG, la amplitud y duración de los componentes del ECG no tuvo cambios (Claxton, 1988).

La electrocardiografía es útil para estudiar la hipertrofia cardíaca o la anomalía miocárdica debido a la penetración profunda de las fibras de Purkinjee. La distribución de las fibras de Purkinje penetra todo el espesor de las paredes libres y la base de los ventrículos). Debido a la penetración completa de endocardio a epicardium por las fibras de Purkinje, la despolarización de ambas paredes libres ventriculares ocurre simultáneamente. No hay frentes generales de despolarización. (Shmakov y Roshchevskii, 1995).

Comparando los valores de los componentes del ECG neonatal en los conductores de Einthoven y del ápice base, no hay diferencias significativas en amplitud y duración en seis momentos de 35 días de edad. En el método Einthoven, el intervalo QT presenta un cambio significativo después de los 35 días de edad. Comparando los componentes de los electrocardiogramas entre ambos sexos hay un cambio significativo en la onda Q. Esta



diferencia está presente desde la primera semana de vida. La onda Q en los machos fue mayor que la de las hembras ($p < 0.05$). (Montejo, 2006).

Entre animales adultos y jóvenes, se observó una diferencia significativa en la morfología y duración de las ondas, intervalos y segmentos utilizando el método de ápice base. Esto se puede argumentar porque el grosor de la pared ventricular izquierda y el tabique interventricular se incrementan con el avance de la edad. Entre vacas y novillas, la única diferencia significativa entre los componentes del electrocardiograma fue en la amplitud de onda T. Esto es más notable en las vacas debido a la actividad cardíaca más intensa durante la producción de leche (Grupta, *et al.*, 1978).

En los animales adultos, cualquier ritmo sinusal inferior a 47 y más de 115 latidos por minuto se determinó como bradicardia sinusal (SB) y taquicardia (ST), respectivamente. En este estudio, no se observó arritmia. Todas las vacas tenían un ritmo sinusal normal durante el registro de los seis momentos anteriores al parto de una media de 83 lpm a 85 lpm. La taquicardia sinusal en el ganado bovino normal no debe tomarse como un signo de enfermedad cardíaca a menos que sea persistente o esté asociada con otros signos de enfermedad cardíaca. En un trabajo realizado en la Universidad de Sao Paulo, en el 30% de los terneros que presentaron bloqueo auriculoventricular de segundo grado después de un segundo examen seis meses más tarde, sólo un animal tenía el bloqueo AV. Esto puede estar relacionado con el aumento del tono vagal (Pessoa, *et al.*, 2014).

A pesar de que la arritmia sinusal es rara en el ganado (Rezakhan, *et al.*, 2004), dos vacas demostraron latidos ectópicos. De estos, una fue contracciones prematuras auriculares (PAC) y la otra una contracción prematura ventricular (PVC). A partir de los resultados anteriores, se ha demostrado que con el avance de la edad durante el primer mes de vida en seis momentos en neonatos ocurre pocos cambios en la amplitud y duración de los



componentes del ECG. Los valores de los parámetros electrocardiográficos en neonatos son similares a los reportados por (Amory, *et al.*, 1993 y Mendes, *et al.*, 2001).

La diferencia entre las vacas lecheras primiparous y multiparous estaba en la amplitud de la onda T. Se concluyó que el sistema de ápice base es un plano adecuado para monitorear el ritmo cardíaco en vacas Holstein y Einthoven en neonatos. Durante el primer mes de vida, no se observaron diferencias en las ondas P, Q, S y T, en los intervalos PR, QRS y ST y en la orientación del eje en neonatos. Hubo una diferencia significativa en la duración del intervalo QT. Entre los sexos, la diferencia estaba en la amplitud Q. Este estudio incorporó a los terneros y vacas Holstein en un solo estudio en busca de información de referencia sobre la duración y morfología de los parámetros del ECG. Se demostró que, con el aumento de la edad, hay cambios en los componentes del ECG asociados con variaciones en la distancia entre el electrodo de grabación y el corazón. El estudio contribuye proporcionando valores de referencia de Holstein para evaluaciones clínicas (Cedeno, 2016).

2.5. Valores de electrocardiografía en terneros

En los terneros jóvenes, el eje eléctrico QRS del corazón indica una preponderancia ventricular izquierda, y que durante los primeros pasos de la dirección de crecimiento postnatal de izquierda a derecha. En terneros sanos, después de unas semanas de vida, los intervalos de tiempo se vuelven muy estables, aunque los animales están duplicando o cuadruplicando su peso. Por lo tanto, como el corazón también está creciendo, debe haber un aumento considerable de la tasa de conducción y de la masa del músculo cardíaco. Durante un estudio de 24 electrocardiogramas ambulatorios en 10 terneros, encontraron que el 90% de los terneros presentaban ritmo sinusal normal y concluyeron que las arritmias en animales jóvenes son fisiológicas. Con respecto a los



argumentos anteriores, el propósito de este estudio se llevó a cabo para obtener datos electrocardiográficos sobre los valores electrocardiográficos normales morfología y duración en vacas lecheras y neonatos en condiciones de granja, utilizando los cables de extremidades bipolares estándar (I, II y III) (Pessoa, *et al.*, 2014; Lucas De Oliveira, Carmo y Ferreira, 2008).

El complejo QRS fue codificado de acuerdo a su morfología y se detectaron 22 formas diferentes, con mayor frecuencia de aparición de la onda R como único componente del complejo en todas las derivaciones. En las derivaciones bipolares estándares de extremidades se presentó la mayor diversidad en la polaridad del complejo QRS y en la morfología. Por el contrario, el número máximo de formas del complejo QRS en las bipolares de hombro y de base-ápice fue muy bajo, al igual que en las derivaciones monopares V1H, V3H, V10 y V4. Se concluye que en las derivaciones en las que los electrodos miden diferencias de potenciales entre las regiones de la base y del ápice del corazón, o en las que el electrodo explorador se coloca en alguna de estas dos áreas, la polaridad de las ondas del complejo QRS es muy estable y la morfología varía muy poco, lo que las convierte en una referencia importante para detectar alteraciones del sistema de conducción del impulso eléctrico en el corazón del bovino (Pompa y Rodríguez, 2012).

En las investigaciones electrocardiográficas realizadas en búfalos se señala que la morfología del complejo QRS se comporta muy variable, lo que puede manifestarse, también, dentro de una misma especie, ya que el patrón predominante de este complejo en la raza Jersey ha sido el del tipo QS, mientras que en la raza Red Dane ha sido el del tipo R o QR. Las observaciones de electrocardiogramas, correspondientes a 20 especies de vertebrados, revelaron que los procesos de cambio en las formas de onda del complejo QRS fueron los mismos que se han manifestado ontogénicamente en los embriones de pollos y en los fetos de rata (Sawazaki, *et al.*, 1996).



El complejo QRS se compone de una onda principal R y dos depresiones situadas por delante y por detrás de ella, que son la onda Q y la S, respectivamente. Cada uno de sus componentes refleja la parte de los ventrículos que se despolariza en el proceso de excitación ventricular; la onda Q corresponde a la actividad del Septum interventricular, la onda R a la propagación de la excitación por las paredes libres de los ventrículos y la onda S a la actividad de la base de estos, por lo que la secuencia de activación ventricular no acontece de la misma forma en todas las especies animales; ello está determinado por la diferente distribución del sistema de conducción cardíaca, o sea, el haz de His y sus ramas y las ramificaciones de Purkinje que penetran en las paredes ventriculares a diferentes profundidades (Bayés de Luna, 2012; Wiley-Blackwell, 2012; González, 2014).

En la funcionabilidad del corazón, el sistema nervioso autónomo varía sus mecanismos de regulación en relación a varios factores. Estos procesos regulatorios inducen modificaciones estrechamente asociadas con las variaciones de las condiciones del medio y con la edad de los animales (Matsui, *et al.*, 1984). Es así que se ha demostrado que en las primeras etapas de la vida del ternero intervienen, por igual, los procesos de regulación asociados al sistema nervioso simpático y parasimpático, pero en edades más avanzadas de los vacunos hay predominio de la función parasimpática (Matsui y Sugano, 1987; Matsui, *et al.*, 1984).

La amplitud de las ondas se modifica con el avance de la edad, pero el comportamiento es diferente entre uno y otro sexo. La amplitud de las ondas R y T es mayor en los terneros (0.83 y 0.38 mV) que en las terneras (0.62 y 0.29 mV) y la de las ondas P y Q es mayor en las novillas (0.13 y 0.09 m) que en los sementales jóvenes (0.10 y 0.02 mV); mientras que para la onda P se alcanzaron mayores valores en los sementales adultos (0.17 mV) que en las vacas lactantes (0.12mV). En la duración también se



observaron diferencias entre uno y otro sexo, ya que con el avance de la edad se producen modificaciones en la amplitud de las ondas y en la duración de los componentes del ECG y que el comportamiento es diferente en los animales machos que en las hembras (Pompa, *et al.*; 2001).

Al evaluar del intervalo RR, en terneros de la raza *Hostein* en altura y a nivel del mar, se encontró que el ciclo cardiaco es menor en la altura con 0.34 ± 0.05 seg. Y mayor a nivel del mar 0.61 ± 0.09 seg. Esto se debe a las diferencias en la presión atmosférica total y parcial de oxígeno, incluso en la temperatura ambiental, que suele ser más fría, podrían explicar las diferencias en este parámetro, estos animales registran una mayor actividad del sistema hematógeno al estar sometidos a hipoxia celular, lo que estimula la eritropoyetina que induce la elevación de la hemoglobina sanguínea y, por ende, un aumento en el número de glóbulos rojos. En cuanto se refiere al tiempo de conducción auriculoventricular en la altura el intervalo PQ fue de 0.04 ± 0.01 s, estos valores son menores a los encontrados a nivel del mar los que fueron de 0.13 ± 0.02 s y de 0.016 ± 0.003 s. En la contracción, despolarización y contracción de los ventrículos (complejo QRS) en la altura determinan un complejo QRS en terneros con 0.04 ± 0.006 s y de 1.18 ± 0.397 mV. En comparación con los datos obtenidos en terneros a nivel del mar, muestran un QRS con valores de 0.051 ± 0.008 s y 1.48 ± 0.01 mV. El aumento de la amplitud del complejo QRS se produce por un aumento del tono simpático. La onda R, en terneros en la altura, se encontraron datos de 0.51 ± 0.27 mV y en terneros a nivel del mar, con valores de 1.08 ± 0.18 mV. El valor de la onda R es positiva ya que el eje cardiaco se encuentra angulado hacia la izquierda; se obtuvieron valores de $(x \pm sd) - 120.1^\circ \pm 7.30^\circ$ estos a comparación de los datos encontrados a nivel del mar que fueron de $63.7^\circ \pm 3.02^\circ$ demuestran que en los animales de la altura el vértice del corazón tiene una dirección hacia el extremo derecho, en altura, por tanto, se producen grandes



variaciones en las características anatómicas y fisiológicas del corazón del bovino (Begazo, *et al.*, 2017).

En novillas jersey jóvenes la frecuencia cardíaca calculada a partir de electrocardiogramas osciló entre 59 y 103 lpm, con un promedio de $79,2 \pm 8,9$ bpm. La variación de la frecuencia cardíaca puede ser normal entre las razas de ganado y también puede verse influenciada por la edad. El eje eléctrico fue calculado y la mayoría de los animales (72%, 31/50) presentaron un eje medio de $+121^\circ$ a $+180^\circ$. Los trazados obtenidos presentaban el complejo isoeléctrico QRS como máximo en una derivación, siendo así posible evaluar el eje eléctrico de los animales. El análisis del eje eléctrico determinó que el eje entre $+121$ y $+180$ era normal para esta raza, ya que el 72% de los animales se presentaron en este intervalo. Además, dos animales más presentaron un eje de $+120$. Por lo tanto, se puede considerar normal para la raza un eje entre 120 y 180° . Los datos sobre la duración de las ondas y la amplitud siendo los promedios de $0,158 \pm 0,028$ s; mínimo de 0,08 s y máximo de 0,28 s. (Rodrigo, *et al.*, 2014).

En ganado holandés la duración de las ondas QRS en el experimento mediante la técnica de ápice base obtuvo una media de $0,20 \pm 0,02$ s; mínimo de 0,12 y máximo de 0,26 s, el complejo QRS duró en promedio 0,06 segundos (mínimo de 0,04 s y máximo de 0,10 s), en este experimento, la duración media del complejo QRS fue de 0,11 segundos, además registró ondas R ligeramente más bajas en el ganado europeo por el sistema de ápice base (Rezakhani, *et al.*, 2004).

Los animales de la raza *Nellores* presentó sólo la onda R, y se consideraron normales, es decir, mostrando una despolarización ventricular rápida, se registró para los *Nellores*, las ondas R con más de la amplitud del plano frontal, lo que hay una influencia de la raza en algunas mediciones, ya que la raza Jersey europea (*Bos taurus taurus*) y las



Nellores indias (*Bos taurus indicus*). La amplitud y duración del complejo QRS entre razas se debe a la conformación torácica, por la disposición de electrodos y la distancia al corazón, tampoco se registró la onda Q. Desafortunadamente, no hay mucha literatura sobre el tema para una mejor versión sobre las ondas electrocardiográficas en bovinos. (Oliveira, *et al.*, 2008).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudios

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, que se encuentra ubicado en la jurisdicción del distrito de Umachiri, provincia de Melgar a 3910 m.s.n.m. en las coordenadas 14° 47' 35" de latitud Sur y 70° 43' 50" de longitud Oeste. El análisis de los registros electrocardiográficos se realizó en el Hospital Veterinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA Puno ubicado a 3824 metros de altitud. (SENAMHI, 2018).

3.2. De los animales

Se utilizaron 16 animales con insuficiencia cardiaca entre machos y hembras, entre las edades entre 3 y 6 meses, y 8 animales clínicamente sanos, los cuales fueron distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 1. Distribución de los animales de experimentación.

Animales.	Sexo.				Total, animales
	Macho.		Hembra.		
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	
<i>Con insuficiencia cardiaca al examen clínico</i>	04	04	04	04	16
<i>Clínicamente sanos*</i>	02	02	02	02	8

*valor electrocardiográfico que fue de referencia



3.2.1. Evaluación Clínica de los animales.

Se realizó la evaluación clínica de los animales, a fin de determinar en ellos la insuficiencia cardiaca y se utilizó el examen físico en los animales llegando a poner mayor énfasis en el sistema cardiovascular, respiratorio y digestivo.

Los animales que mostraron síntomas y las alteraciones de la insuficiencia cardiaca fueron aquellos animales seleccionados que se encontraron en la clase II de la insuficiencia cardiaca para ello se determinó que durante el examen clínico se observó pulso yugular positivo, edema en la papada, ascitis, cuadros ligeros de diarrea, a la auscultación del corazón se percibió arritmia cardiaca (tercer sonido cardiaco) y a la auscultación pulmonar presencia de estertores húmedos, los que fueron sometidos a la evaluación electrocardiográfica.

Asimismo, se seleccionaron animales clínicamente sanos, para la evaluación electrocardiográfica del complejo QRS, el cual sirvió de base para hacer las comparaciones con el electrocardiograma de los animales con insuficiencia cardiaca.

3.2.2. Criterios de inclusión:

- Animales nacidos en la jurisdicción del C. E. Chuquibambilla
- Edad entre 3 a 6 meses.
- De la Raza *Brown Swiss*.
- Grupo de animales con sintomatología de insuficiencia cardiaca de la clase II.
- Grupo de animales que fueron clínicamente sanos.



3.2.3. Criterios de exclusión.

- Animales que no hayan nacido en la jurisdicción del C. E. Chuquibambilla.
- Mayores de 6 y menores de 3 meses de edad
- Animales que sean de otras razas.

3.3. Materiales.

El material clínico:

- Alcohol.
- Gel.
- Algodón.
- Jabón Carbólico.
- Guantes de exploración.

El equipo de examen clínico:

- Estetoscopio.
- Linterna.
- Termómetro Clínico.
- Ficha de recolección de datos.

Equipo electrocardiográfico:

- Electrocardiógrafo EDAN SE-1 Single – Channel.
- Papel milimétrico para electrocardiografía.

3.4. Fase experimental

Los animales seleccionados fueron sometidos a las siguientes consideraciones experimentales:



- Se sujeto en posición de pie al animal mediante inmovilización manual, y se tuvo que esperar por lo menos 25 minutos hasta que el animal se tranquilice.
- Se colocó el terminal de las pinzas eléctricas adaptadas en los pliegues de las axilas y las babillas respectivamente, que corresponden a los 4 miembros.
- Se conectaron los terminales de los electrodos del electrocardiógrafo en cada pinza siguiendo el código internacional de colores para el electrocardiograma.
- Se procedió a realizar la humidificación de las pinzas en el lugar de contacto mediante el uso del atomizador con alcohol al 70%

3.4.1. Del electrocardiograma.

El electrocardiógrafo estuvo calibrado una velocidad de 25 mm/s y a una sensibilidad de 1mV/10 mm. Se comenzó el registro electrocardiográfico en modo manual de las derivaciones bipolares DI, DII, DIII, y de las monopares AVR, AVL, AVF; cada una por 6 segundos; seguidamente se soltaron las pinzas y se procedió a liberar al animal terminando con el registro (Pompa, *et al.*, 2001).

3.4.2. Morfología y polaridad del complejo QRS.

Se midieron los parámetros mensurables, en duración y amplitud y morfología de las ondas electrocardiográficas del complejo QRS. Los accesos electrocardiográficos mensurables considerados en el complejo QRS fueron:

- Frecuencia cardiaca
- Ritmo cardiaco
- Duración de las ondas QRS.
- Amplitud de las ondas QRS.
- Eje cardiaco (Montejo,2006).



a. Medición de la frecuencia cardiaca y ritmo.

- Para la medición se tuvo las siguientes consideraciones, velocidad del papel 25 mm/seg, amplitud 1mV por lo tanto una cuadrícula pequeña (1mm) del papel fue igual a 0,02 segundos por lo tanto el número de cuadrículas pequeñas que habrá en un minuto se obtendrá de la división de 60 segundos entre 0,2 obteniendo el valor de 300 cuadrícula pequeña/min.
- El valor obtenido de 300 fue dividido por la numero de cuadrículas presentes de un intervalo R-R (medición que se realiza desde el vértice de una onda R hasta el vértice de la onda R siguiente) y por cada cuadrado chico se añadió 0.2; corroborando la frecuencia cardiaca fue mediante el resultado de la división de 1500 entre el número de cuadraditos pequeños que se encontró entre las ondas R, de esa forma se logró obtener el valor de la frecuencia cardiaca en lat/min, para un ritmo regular.
- Para un ritmo irregular se tomaron 30 cuadrados grandes del electrocardiograma el cual representa 6 segundos y se contaron la cantidad de Rs que se encontraron en ese tiempo y se multiplicó por 10, de esta forma se obtuvo la frecuencia cardiaca para los ritmos irregulares.
- Para la medición del ritmo cardiaco, primeramente, se logró medir la distancia entre R y R (intervalo R R), de los latidos consecutivos, si el ritmo es regular, esta distancia es similar de un latido a otro. Fue factible determinar el Ritmo Sinusal que es el ritmo normal del corazón. Para determinar si un electrocardiograma está en Ritmo Sinusal la Onda P es positiva en derivaciones inferiores (II, III y aVF), negativa en aVR, cada Onda P debe ir seguida de un QRS (Santamaría, 2010).



b. Medición de la duración, amplitud y morfología del complejo QRS

- La duración del complejo QRS se obtuvo de contar cuadrículas sobre el eje horizontal, desde el comienzo de la primera deflexión hasta el fin de la última deflexión y se multiplica por 0,04 segundos.
- La amplitud de la onda R (onda positiva del complejo QRS) se obtuvo de contar cuadrículas sobre el eje vertical, desde al borde superior de la línea isoeletrica hasta el pico de la deflexión y se multiplica por 0,1 mV.
- Estos valores fueron recolectados en el formato de recolección de datos de parámetros electrocardiográficos.

c. Medición del Eje Cardíaco.

- Para la medición se contó el número de cuadrículas pequeños verticales de las deflexiones positivas y negativas de un complejo QRS en las derivaciones I y AVF, se obtuvo la suma neta de los valores, y se determinó el eje cardíaco en el sistema hexaxial.

3.5. Análisis estadístico.

En el estudio para determinar los parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros criados en altura con insuficiencia cardíaca, fue conducido mediante un diseño completo al azar, bajo un arreglo factorial de 2 x 2 (sexo y edad), siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

- I = 02 (sexos)
- J = 02 (edades)



- μ = promedio general
- A_i = efecto del sexo del animal
- B_j = efecto de la edad del animal
- AB_{ij} = efecto interacción sexo/edad
- E_{ijk} = error experimental

Para el análisis de los parámetros electrocardiográficos del complejo QRS se recurrió a las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar) y el intervalo de confianza al 95%.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Valores electrocardiográficos del complejo QRS en terneros clínicamente sanos.

Para la realización de la determinación de las alteraciones del complejo QRS en los terneros con insuficiencia cardiaca, primeramente, fue necesario determinar los parámetros electrocardiográficos para los terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, el mismo que ha servido de base para contrarrestar las variaciones de este complejo que se presentaron en los animales con insuficiencia cardiaca de la clase II, estos parámetros electrocardiográficos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, según edad y sexo.

<i>Parámetro</i>	<i>Condición / Promedio ± DS</i>				
<i>Frecuencia cardiaca lat/min.</i>	<i>Macho</i>	105,500±4,710 ^a	<i>Hembra</i>	107,500±4,710 ^b	
	<i>3 meses</i>	109,250±4,710 ^a	<i>6 meses</i>	103,750±4,710 ^a	
<i>Duración Complejo QRS en Seg.</i>	<i>Macho</i>	0.750±0,110 ^a	<i>Hembra</i>	0,085±0,110 ^b	
	<i>3 meses</i>	0,070±0,110 ^a	<i>6 meses</i>	0,090±0,110 ^a	
<i>Amplitud del Complejo QRS en mV.</i>	<i>Macho</i>	Q _a -1.225±0.280	R 3.450±0,677 ^a	S -0.277±0.143 ^a	
	<i>Hembra</i>	Q _a -1.625±0.280	R 4.450±0,677 ^a	S -0,625±0,143 ^a	
	<i>3 meses</i>	Q _a -1.725±0,280	R 3.400±0,677 ^a	S -0,525±0,143 ^a	
	<i>6 meses</i>	Q _a -1.125±0,280	R 4.500±0,677 ^a	S -0,378±0,143 ^a	
	<i>Eje cardiaco (grados)</i>	<i>Macho</i>	93,750±8,288 ^a	<i>Hembra</i>	82,750±8,288 ^a
		<i>3 meses</i>	109,500±8,288 ^a	<i>6 meses</i>	67,000±8,288 ^a
<i>Ritmo</i>	Rítmico y sinusal				

4.1. Frecuencia y ritmo cardiaco del complejo QRS al electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca.

4.1.1. Frecuencia cardiaca.

Tabla 3. Frecuencia cardiaca lat/min, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.

Factores	Condición	Promedio \pm DS	Intervalo confianza al 95%	
			Valor mínimo	Valor máximo
Sexo	Macho	131.750 \pm 8.594 ^a	113.024	150.476
	Hembra	124.000 \pm 8.594 ^b	105.274	142.726
Edad	3 meses	136.000 \pm 8.594 ^a	117.274	154.726
	6 meses	119.750 \pm 8.594 ^a	1012.24	138.476

DS: Desviación estándar.

En la tabla 3 se muestra la frecuencia cardiaca que se observó en los terneros que mostraron insuficiencia cardiaca, habiéndose obtenido datos superiores a los animales aparentemente sanos (tabla 2), ya que la frecuencia cardiaca en terneros de 3 a 6 meses tanto para machos y hembras oscila entre 103 y 109 latidos por minuto, a diferencia que en la insuficiencia cardiaca se mostró un incremento considerable que oscila entre 119 a 136 latidos por minuto, que llevado al análisis estadístico los datos obtenidos en los terneros con insuficiencia cardiaca, mostraron que en estos animales la frecuencia cardiaca fue estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), para la variable sexo y no se presentó significancia ($P \geq 0.05$) para la variable edad.

De estos resultados se deduce, que la frecuencia cardiaca en los animales con insuficiencia cardiaca mostro un incremento referente a los animales clínicamente sanos, esto se debe a que la insuficiencia cardiaca al no ser una enfermedad infecciosa, que se caracteriza por una severa hipertensión pulmonar, con la concomitante insuficiencia del corazón derecho (Marugg, 1995), la insuficiencia cardiaca ocasionada por la hipertensión arterial pulmonar, que cual ocurre como resultado del estrechamiento del lumen de las



arteriolas distales pulmonares debido a la vasoconstricción, hipertrofia e hiperplasia de las células musculares lisas de la arteriolas pulmonares a consecuencia de la hipoxemia, que se caracteriza por un incremento de la resistencia vascular pulmonar, lo cual trae consigo un incremento de la frecuencia cardíaca tal como se obtuvo en los terneros de la jurisdicción del C.E. Chuquibambilla.

Cabe indicar que los terneros con insuficiencia cardíaca del C.E. Chuquibambilla, que se encuentra a 3910 m de altitud, es probable que en ellos se presentó constricción arteriola pulmonar, que esta viene a ser la respuesta a la hipoxia debida a la permanencia a grandes altitudes (Smith, 2010; Andrews, 2004), por lo que la respuesta a la hipoxia varía dependiendo de la cantidad de músculo liso afectado en las arterias pulmonares, y en los terneros con esta alteración es probable que se desarrolle un aumento de la resistencia vascular pulmonar e hipertensión pulmonar, el cual estaría influenciado para que se presente incremento de la frecuencia cardíaca que permitiría mayor aporte sanguíneo a los pulmones, en muchos de los terneros con insuficiencia cardíaca por hipoxemia esta hipertensión puede ser tolerada a través de mecanismos compensatorios, mientras que en otros la alteración es de tal magnitud puede conducir a un estado de insuficiencia cardíaca congestiva incompatible con la vida, condición conocida como Mal de altura (Smith, 2010; Andrews, 2004).

La insuficiencia cardíaca por hipoxemia de altura es considerada como una enfermedad progresiva con incremento de la frecuencia cardíaca (Smith, 2010; Andrews, 2004), que puede llegar a la taquicardia, tal como se obtuvo en los terneros con insuficiencia cardíaca por hipoxemia de altura (tabla 3), el incremento de la frecuencia cardíaca durante algunos estadios del curso de la insuficiencia cardíaca, el miocardio ventricular derecho no fue capaz de compensar, que a medida que avanza la enfermedad, el corazón derecho se puede dilatar y presentar una falla cardíaca, que los impulsos a nivel



del nodo sinusal se incrementan a consecuencia de la hipertensión pulmonar y esta se traduce con incremento de la frecuencia cardiaca el cual es considerada como una ligera taquicardia ventricular, y con la insuficiencia aparecen los signos característicos de distensión venosa yugular y se desarrolla edema subcutáneo, cabe indicar que la insuficiencia cardiaca derecha crónica puede provocar disfunción del ventrículo izquierdo (Smith, 2010; Andrews, 2004).

El latido del corazón es normalmente controlado por un marcapasos natural llamado nódulo sinusal, que se encuentra en la aurícula derecha; este nódulo produce impulsos eléctricos que normalmente inician cada latido del corazón, que se transportan a través de las aurículas, y hacen que los músculos auriculares se contraigan y bombeen sangre a las cavidades inferiores del corazón (ventrículos), cuando los impulsos eléctricos llegan a los músculos de los ventrículos, estos se contraen, lo que hace que bombeen sangre a los pulmones o al resto del cuerpo, cuando algo interrumpe este complejo sistema, como es en la insuficiencia cardiaca, puede hacer que el corazón lata demasiado rápido (taquicardia) (Oyama, *et al.*, 2014), tal como se obtuvo en los terneros que se sometieron a estudio, que al registro electrocardiográfico (Botella, 2005), estuvo representada por la deyecciones de las ondas R y R, el mismo que permitió determinar la frecuencia cardiaca en los terneros con insuficiencia cardiaca, y estas son de utilidad en las aplicaciones de esta prueba en atención primaria a los terneros, ya que el incremento de la frecuencia cardiaca en esta patología por hipoxemia de altura, es el indicativo inicial de alguna alteración del corazón por la hipertensión pulmonar por hipoxemia y después de esta alteración se puede mostrar la evolución de la cardiopatía por isquemia, la identificación y el control adecuado del tratamiento de las arritmias, estando de acuerdo con los que manifiesta Martín y Castro, (2018); se debe considerar que los pacientes con sospecha de insuficiencia cardíaca el electrocardiograma debe ser estudiado



cuidadosamente, ya que se ha demostrado que el diagnóstico de insuficiencia cardíaca es poco probable si el electrocardiograma es normal, todo paciente con sospecha de ICC debe tener un electrocardiograma en su proceso de diagnóstico (Morris, 2003).

Entendiendo que el sistema nervioso autónomo se encarga de regular la frecuencia cardíaca, tiene dominio sobre la contractibilidad, los nervios simpáticos emergen del respectivo ganglio superior simpático torácico e inervan las diferentes zonas del corazón como es el nodo sinoatrial, región nodal atrio ventricular, haz de His y los ventrículos, la estimulación simpática causa efectos cronotrópico e inotrópico positivo (Nelson y Couto, 1999), que en presencia de la insuficiencia cardíaca esta es estimulada por la hipertensión pulmonar y la respuesta es con un incremento de la actividad eléctrica del nodo sinusal con incremento de la frecuencia cardíaca (Morris, 2003), esta particularidad se observó en los terneros que manifestaron insuficiencia cardíaca por hipoxemia de altura, ya que estos mostraron tener estertores leves al momento de la auscultación y al electrocardiograma mostraron un incremento de las ondas RR el cual fue indicativo del aumento de la frecuencia cardíaca.

4.1.2. Ritmo cardiaco.

Tabla 4. Ritmo cardiaco y sinusal, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.

<i>Condición</i>		<i>Ritmo cardiaco</i>	<i>%</i>	<i>Arrítmico</i>	<i>%</i>
<i>Sexo</i>	<i>Macho</i>	7	87.50	1	12.50
	<i>Hembra</i>	6	75.00	2	25.00
<i>Edad</i>	<i>3 meses</i>	6	75.00	2	12.50
	<i>6 meses</i>	7	87.5	1	25.00

<i>Condición</i>		<i>Ritmo sinusal</i>	<i>%</i>	<i>No sinusal</i>	
<i>Sexo</i>	<i>Macho</i>	8	100	0	0.00
	<i>Hembra</i>	7	87.5	1	12.50
<i>Edad</i>	<i>3 meses</i>	8	87.5	1	12.50
	<i>6 meses</i>	7	100	0	0.00

La tabla 4 muestra los valores porcentuales del ritmo cardiaco y sinusal que se observó en los animales con insuficiencia cardiaca sometidos a electrocardiograma, de ello se deduce que el 81.25% de terneros según sexo y edad respectivamente, mostraron ser ritmicos y el 18,75% fueron arrítmicos que, comparando con los valores obtenidos con los terneros clínicamente sanos, todos ellos presentaron una frecuencia cardiaca rítmica. En cuanto se refiere al ritmo sinusal, se observó que en los terneros clínicamente sanos (tabla2), todos los animales que se sometieron a electrocardiograma mostraron tener ritmo sinusal por la presencia de la onda P antes del complejo QRS, a diferencia que los terneros con insuficiencia cardiaca para el sexo y la edad mostraron el 6.25 % respectivamente, con ritmo no sinusal, esto se determinó por la ausencia de la onda P antes del complejo QRS, es probable que se haya presentado falta de formación del impulso en el nódulo sinusal por un trastorno del automatismo a consecuencia de la insuficiencia cardiaca, lo que se manifiesta en el ECG por la ausencia de las ondas P, es producido por un tono vagal incrementado a consecuencia de la hipertensión pulmonar



que puede llegar a producir hipersensibilidad del seno carotideo, estando de acuerdo con lo que manifiesta Marugg, (1995).

La mayoría de los animales con insuficiencia cardiaca mostraron ritmo sinusal y la frecuencia cardiaca fue rítmica, es así que en el estudio de 24 electrocardiogramas ambulatorios en 10 terneros, encontraron que el 90% de los terneros presentaban ritmo sinusal normal (Pessoa, et al., 2014; Lucas De Oliveira, Carmo y Ferreira, 2008), que coincide con los resultados obtenidos para los terneros clínicamente sanos, así mismo Pessoa, *et al.*, (2014), manifiesta que las vacas tenían un ritmo sinusal normal durante el registro de los seis momentos anteriores al parto, la taquicardia sinusal en el ganado bovino normal no debe tomarse como un signo de enfermedad cardíaca a menos que sea persistente o esté asociada con otros signos de enfermedad cardíaca, este último hecho se mostró en los terneros con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla, que mostraron tener el 6.25% con ritmo no sinusal, cuando las ondas se desvían o inician del ritmo sinusal, es probable que releven la existencia de alguna patología cardiaca en la insuficiencia cardiaca, a pesar que hay cambios de ritmo que pueden que estas pueden ser consideradas normales de acuerdo al contexto, estando de acuerdo con lo manifestado por Pérez y Merino, (2015), sin embargo en la insuficiencia cardiaca de los terneros que se sometieron a estudio electrocardiográfico, solo mostro tener un animal ritmo no sinusal, probablemente las lesiones cardiacas en el ternero no se manifiesten de una manera tan comun como en otras especies animales, como son los perros y gatos, donde las patologías cardiacas suelen diagnosticarse más frecuentemente, sin embargo, aunque la frecuencia de las cardiopatías no sea tan comun en medicina bovina, existen importantes lesiones necesarias para diagnosticar correctamente, además de valorar adecuadamente su importancia clínica, estando de acuerdo con lo que manifiesta (Garrido, 2017).

La frecuencia cardiaca en los terneros en reposo y clínicamente sanos, mostro tener



pulsaciones cardiacas rítmicas (pulsaciones por minuto), a diferencia de los terneros con insuficiencia cardiaca que en 3 animales mostraron ser arrítmicos que representó el 18,75%, este hecho se debe a impulsos eléctricos que no coordinan los latidos cardíacos, lo que hace que el corazón tenga latidos cardiacos rápidos o de manera irregular, por lo que es importante resaltar que su condición física también puede alterarlas, por ese motivo es importante hacer mediciones electrocardiográficas para conocer el estado rítmico del corazón (Cano, 2019).

La baja presión de oxígeno de las grandes alturas afecta a la mayoría de las especies animales, de las cuales los bovinos posiblemente son la especie más sensibles a esta condición, siendo la respuesta más característica el desarrollo de una hipertensión arteriolar distal pulmonar, que parece ocurrir en todos los vacunos, su magnitud varía entre animales de la misma raza, como son los terneros de la raza *Brow Swiss*, tal como se observó en los animales que se sometieron a estudio. En muchos de ellos la hipertensión puede ser tolerada a través de mecanismos compensatorios, mientras que en otros la alteración es de tal magnitud que puede conducir a un estado de insuficiencia cardiaca del tipo congestiva (Marugg, 1995), que referente al ritmo cardiaco y sinusal no necesariamente se presentó en la insuficiencia cardiaca de los terneros que se sometieron al electrocardiograma, este hecho se debe a los mecanismos de compensación cardiaca ya que estos animales se encontraban en la clase II de la I.C, la activación o el inicio del latido cardiaco comienza en el nódulo SA, luego el impulso pasa hacia la despolarización atrial y la onda de excitación llega a alcanzar el nódulo AV, y cuando el impulso entra en las ramas derecha e izquierda del haz de His, aumenta su velocidad y se propaga rápidamente a través de las fibras de Purkinje hacia los ventrículos (Severin, 1999), que en condiciones de hipertensión pulmonar por hipoxemia de altura hace que en algunos animales se muestre alteración del ritmo cardiaco y el ritmo sinusal.

4.2. Duración, polaridad, el eje eléctrico y morfología del complejo qrs al electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca según sexo y edad.

4.2.1. Duración (ancho) del complejo qrs en seg.

Tabla 5. Duración del complejo QRS/Seg, de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.

Factores	Condición	Promedio \pm DS	Intervalo confianza al 95%	
			Valor mínimo	Valor máximo
Sexo	Macho	0.097 \pm 0.005 ^a	0.086	0.109
	Hembra	0.114 \pm 0.005 ^a	0.102	0.125
Edad	3 meses	0.102 \pm 0.005 ^a	0.091	0.114
	6 meses	0.109 \pm 0.005 ^a	0.097	0.120

La tabla 5 muestra la duración en segundos del complejo QRS en los terneros con insuficiencia cardiaca que, comparado con los terneros clínicamente sanos, se tiene que en estos animales con I.C. mostraron tener mayor amplitud del complejo QRS con valores mínimos de 0.086 y máximos de 0.125seg. a diferencia de los clínicamente sanos fue de 0.039 y de 0.121seg. (tabla 2), al análisis estadístico, mostró que no hay diferencia significativa para la edad y el sexo ($P \geq 0.05$), lo que indica que la insuficiencia cardiaca se puede presentar indistintamente en los animales sin que en ella este influenciada por estas variables.

Entendiendo que el complejo QRS está formado por la secuencia de tres ondas de inscripción rápida, que simbolizan la despolarización de los ventrículos, aquella onda positiva dentro del complejo QRS se llama R, la onda negativa situada antes de la R es llamada onda Q y la negativa después de la R se llama S (Meneses, 2005), que según los resultados de la duración del complejo QRS obtenidos de los terneros con insuficiencia



cardiaca, muestran ligeramente mayor duración frente a los terneros clínicamente sanos (tabla 2), este hecho es probablemente a consecuencia de la presencia de arritmias ventriculares, según lo que manifiesta Stevenson, (2014), no coincidiendo con la manifestado por este autor, ya que en los terneros con insuficiencia cardiaca solo se presentaron en 3 terneros arritmia cardiaca tal como se muestra en la tabla 3, pero se presentó mayor duración del complejo QRS en todos los terneros con I.C., esto indica que las arritmias ventriculares en vacunos son menos frecuentes, pero vienen a ser indicativas en patologías, siendo el complejo QRS los principales parámetros electrocardiográficos alterados, estando de acuerdo con lo que indica Dorner y Godoy, (2009), ya que los terneros con insuficiencia cardiaca al electrocardiograma mostraron ser de mayor duración que en los terneros clínicamente sanos.

En los terneros del C.E. Chuquibambilla con insuficiencia cardiaca, la conducción desde el foco de los ventriculos a través del miocardio de ventrículos es más lenta que la activación de estas cavidades a través del sistema de Purkinje, razón por la cual se presentó ligera ampliación de la duración del complejo QRS coincidiendo con lo que manifiesta Stevenson, (2014), y además el ensanchamiento del complejo QRS y el bloqueo de la rama izquierda están presentes en 24 y 47% de pacientes con insuficiencia cardiaca, estando de acuerdo con lo que manifiesta Basoglu, Kursat y Kadak, (1992), esta prolongación del QRS ocurre en falla cardiaca como es el caso de la insuficiencia cardiaca, y además puede variar según la edad y el sexo, siendo los más frecuentes en machos, no estando de acuerdo con estos autores frente al sexo, ya que en el trabajo de investigación, las hembras fueron las que presentaron mayor duración del complejo QRS frente a la insuficiencia cardiaca.



La insuficiencia cardiaca de los terneros del C.E. Chuquibambilla, mostró un complejo QRS ligeramente ancho (tabla 4), que esta se debe a que el impulso nervioso proveniente del nódulo sinusal activa al ventrículo por las vías específicas de conducción, produciéndose ampliación del complejo, cuando se incrementa el tiempo necesario para activar ambas cavidades ventriculares, el electrocardiograma ayuda a determinar esta anomalía, aún más se puede aclarar con el estudio de las doce derivaciones, concordando con lo que indica García y Sánchez, (2006), ya que las anomalías electrocardiográficas, mayormente encontradas son la hipertrofia ventricular derecha seguida de la izquierda, bloqueos de rama y fibrilación atrial, que estas últimas se determinan mejor en las derivaciones pre cordiales (Cunningham, 2009).

Las principales anomalías electrocardiográficas que se han identificado en estudios son el ensanchamiento del QRS (mayor a 120 ms.) (Santamarina, Espino, y Suarez. 2001), sin embargo en los terneros con insuficiencia cardiaca se obtuvo valores de 0.086seg y de 0.125seg, lo que indica que hay alteraciones en la conducción ventricular de estos animales con I.C., es probable que se esté presentando ligera hipertrofia ventricular derecha frente a la insuficiencia cardiaca de la clase II, estando de acuerdo con lo que indica Sanyal, Pradip y Monda, (2010), ya que el complejo QRS con mayor duración se debe principalmente al agrandamiento del área cardiaca, asociada a variaciones en la distancia entre el electrodo de grabación y el corazón, coincidiendo con lo manifestado por Claxton, (1988).

Debido a la conducción completa de los impulsos eléctricos del endocardio a epicardium por las fibras de Purkinje, la despolarización de ambas paredes libres ventriculares ocurre simultáneamente, no habiendo frentes generales de despolarización (Shmakov y Roshchevskii, 1995), pero sin embargo en la insuficiencia cardiaca de los terneros del C.E. Chuquibambilla, se observó una diferencia en la duración del complejo



QRS, esto se puede argumentar porque el grosor de la pared ventricular derecha, que luego puede ser en la izquierda y el tabique interventricular, es probable que se encuentren incrementadas, esto es más notable en los animales con insuficiencia cardiaca congestiva del lado derecho, estando de acuerdo con lo que manifiesta Grupta, et al., (1978).

En ganado Holandés la duración de las ondas QRS tuvo en promedio 0,06 segundos (mínimo de 0,04s y máximo de 0,10s), además registró ondas R ligeramente más bajas en el ganado europeo (Rezakhani, *et al.*, 2004), datos similares a los obtenidos para los terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, pero se encontró ampliación en tiempo del complejo QRS en los animales con insuficiencia cardiaca, lo que indica que el complejo QRS es un indicativo para diagnosticar la presencia de la I.C., cabe indicar que la duración del complejo QRS entre razas se debe a la conformación torácica, por la disposición de electrodos y la distancia al corazón (Oliveira, *et al.*, 2008), en el estudio realizado por Begazo, *et al.*, (2007), muestra valores de QRS menores en terneros de altura frente a los del nivel del mar que tuvieron valores de 0.04 ± 0.006 y 0.05 ± 0.008 respectivamente, que estos valores no coinciden con los obtenidos en los terneros sanos del C.E. Chuquibambilla, razón por la que no tomamos en cuenta estos valores para las comparaciones con los terneros que mostraron tener insuficiencia cardiaca, desafortunadamente, no hay mucha literatura sobre el tema para una mejor versión sobre las ondas electrocardiográficas en bovinos, muy especialmente en alteraciones cardiacas como es la insuficiencia cardiaca por hipoxemia de altura.

4.2.2. Amplitud (polaridad) en mv, de la onda Q R S.

Tabla 6. Amplitud de la onda Q R S/mV de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.

Factores	Condición	Ondas QRS	Promedio \pm DS	Intervalo confianza al 95%	
				Valor mínimo	Valor máximo
Sexo	Macho	Q	-6.188 \pm 1.459 ^a	-9.367	-3.008
		R	3.613 \pm 0.725 ^a	2.032	5.193
		S	-0.500 \pm 0.248 ^a	-1.039	0.039
	Hembra	Q	-8.813 \pm 1.459 ^a	-11.992	-5.633
		R	1.925 \pm 0.725 ^a	0.345	3.505
		S	-0.888 \pm 0.248 ^a	-1.427	-0.348
Edad	3 meses	Q	-6.750 \pm 1.459 ^a	-9.929	-3.571
		R	2.650 \pm 0.725 ^a	1.070	4.230
		S	-0.625 \pm 0.248 ^a	-1.164	-0.086
	6 meses	Q	-8.250 \pm 1.459 ^a	-11.429	-5.071
		R	2.888 \pm 0.725 ^b	1.307	4.468
		S	-0.763 \pm 0.248 ^b	-1.302	-0.223

La tabla 6 muestra los valores de la amplitud de las ondas electrocardiográficas del complejo QRS en terneros con insuficiencia cardiaca, se observa la deflexiones de estas ondas de acuerdo a la positividad el cual fue registrada en el complejo QRS, es así la onda Q para el sexo y la edad en terneros con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla mostraron deflexiones negativas siendo estos -6.188 \pm 1.459, y -8.813 \pm 1.459 para machos y hembras respectivamente, de -6.750 \pm 1.459 y -8.250 \pm 1.459 para 3 meses y 6 meses subsecuentemente, que comparando con los valores obtenidos en terneros sanos (tabla 2) mostraron valores de -1.225 \pm 0.280 y de -1.625 \pm 0.280 para machos y hembras respectivamente, se ve un incremento considerable de la deflexión de esta onda Q frente a los terneros con insuficiencia cardiaca y al comparar con la edad se



tiene -1.125 ± 0.280 y de -1.725 ± 0.280 para los de 3 y 6 meses respectivamente, se observa incremento de las deflexiones de la onda Q para los terneros de insuficiencia cardiaca.

Llevado al análisis estadístico las deflexión de la onda Q para los terneros con insuficiencia cardiaca se muestra que no existe diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para la variable sexo y edad, lo cual indica que la alteración cardiaca que se muestra en la insuficiencia cardiaca es al azar, dato que se puede presentar en animales de distinto sexo y edad, es por ello que la hipoxemia de altura esta predispuesto a que se presente indistintamente en el animal susceptible a esta alteración patológica.

La deflexión negativas y pronunciadas que se observó en las onda Q en terneros con insuficiencia cardiaca de la clase II, indica que hay un tiempo de prolongación de la despolarización del septum ventricular, es por ello que Bayés de Luna, (2012); Wiley-Blackwell, (2012); González, (2014) manifiesta que la onda Q corresponde a la actividad del Septum interventricular, que cualquier lesión que se manifieste en ella, hace que la onda del impulso nervioso se prolongue lo que trae consigo una ampliación de la deflexión de la onda Q en forma negativa, esta característica se presentó en los terneros con insuficiencia cardiaca, ya que en todos los animales se mostró incremento de la frecuencia cardiaca.

La sucesión de las tres ondas de inscripción QRS, representan la despolarización de los ventrículos, aquella primera onda negativa se llama Q situada antes de la R (Meneses, 2005), en consecuencia, cuando se habla de incremento de la onda Q también está relacionada con el incremento de la amplitud del complejo QRS (tabla 4), que esta característica se observa durante el proceso de las arritmias ventriculares, de manera típica, estando de acuerdo con lo indicado por Stevenson, (2014), ya que todos los terneros con insuficiencia cardiaca de la clase II, mostraron incremento de la frecuencia



cardiaca, ampliación o duración del complejo QRS lo que hace que la deflexión de la onda Q esté presente en los terneros con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla, sobre este punto, al no ver literatura que amplié sobre el comportamiento de la onda Q en problemas cardiacos como es la insuficiencia cardiaca por hipoxemia de altura, no da a mayor discusión.

Referente al complejo QRS, la onda que le sigue a la deflexión Q es la **R**, en la tabla 5, se muestra los valores de esta onda para los animales con insuficiencia cardiaca de la clase II, que esta se encuentra ligeramente incrementada en los terneros con insuficiencia cardiaca referente a los terneros clínicamente sanos (tabla 2), el cual muestra valores de 3.613 ± 0.725 , 1.925 ± 0.725 , 2.650 ± 0.725 , 2.888 ± 0.725 para los machos, hembras, de 3 meses y 6 meses respectivamente, que comparado con los terneros clínicamente sanos (tabla 2) se obtuvo 3.450 ± 0.677 , 4.450 ± 0.677 , 3.400 ± 0.677 , 4.500 ± 0.677 para los machos, hembras, de 3 meses y 6 meses respectivamente, con ligero incremento de la deflexión de la onda R en los terneros con insuficiencia cardiaca.

Llevado al análisis estadístico los datos obtenidos para la onda **R** en terneros que presentaron insuficiencia cardiaca, se obtuvo que no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para la variable sexo, sin embargo mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la variable de edad, es probable que la insuficiencia cardiaca este influenciada por el factor edad en los terneros del C.E. Chuquibambilla, que por la acción de la hipertensión y la acción de las temperaturas ambientales bajas sean propicia para que en estos animales se muestren con deflexiones positivas de la onda R menores a los obtenidos en los animales clínicamente sanos (tabla 2), sin embargo en los terneros machos clínicamente sanos se mostró que esta deflexión positiva de la onda R fue menor frente a los terneros machos con insuficiencia cardiaca, esto probablemente se deba a que la polaridad de las ondas del complejo R es muy estable y la morfología varía muy poco, lo que las convierte



en una referencia importante para detectar alteraciones del sistema de conducción del impulso eléctrico en el corazón del bovino tal como lo manifiesta Pompa y Rodríguez, (2012).

Entendiendo que la onda **R** representa a la propagación de la excitación por las paredes libres de los ventrículos izquierdo y derecho, por lo que la secuencia de activación ventricular no acontece de la misma forma en todas las especies animales y mucho menos en los terneros ya sea clínicamente sanos o con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla, esto hace que se presente diferente distribución del sistema de conducción cardíaca, o sea, el haz de His y sus ramas y las ramificaciones de Purkinje que conducen en las paredes ventriculares a diferentes profundidades, estando de acuerdo con lo que manifiestan Bayés de Luna, (2012); Wiley-Blackwell, (2012); González, (2014).

Las alteraciones que pueden ocurrir en los terneros con insuficiencia cardiaca al electrocardiograma, por lo general son taquicardias (Radostits et al., 2007), que esta está relacionada con la presencia de las ondas R de mayor voltaje, que estas podrían indicar la hipertrofia de ventrículo, sin embargo en los terneros clínicamente sanos como en los terneros con insuficiencia cardiaca mostraron deflexiones positivas pero con voltaje bajo (tabla 2) y (tabla 5), que para determinar si existe hipertrofia de ventrículos, estas ondas deben relacionarse con las derivaciones precordiales I y II, ya que las ondas del plano frontal son mayormente las indicativas para la determinación del ritmo, frecuencia cardiaca y el eje cardiaco (Oliveira, *et al.*, 2008), cabe indicar que La onda R, en terneros aparentemente sanos en la altura, se encontraron datos de 0.51 ± 0.27 mV (Begazo, *et al.*, 2017), que representa ondas pequeñas tal como se obtuvo en el presente trabajo de investigación tanto para los terneros sanos y con insuficiencia cardiaca.



Si se desea determinar la hipertrofia ventricular cuando se produce aumento de la masa ventricular ya sea derecha o izquierda, se manifiesta en un aumento del voltaje del vector de despolarización ventricular hacia la izquierda y hacia abajo, que esta se traduce en una onda R alta (>25 mm) en las derivaciones DI y aVL (Pesoa, Batista y Santos, 2014), frente a este punto se debe mencionar que no se halló ondas R con estas características en los terneros clínicamente sanos y con insuficiencia cardiaca de la clase II, que por encontrarse en su fase inicial de esta alteración patológica no muestra incremento de la polaridad de la onda R, ya que la prolongación del QRS ocurre en falla cardíaca (incremento de la polaridad R) y no solamente se asocia a la causa de la falla cardíaca, varía según edad y el sexo (Başoglu, Kursat y Kadak, 1992), es por ello que en los animales sometidos a estudio la polaridad de esta onda es indicativo de alteraciones de frecuencia cardiaca y del eje cardiaco; la I.C. se caracteriza por el incremento de resistencia vascular pulmonar que dificulta la expulsión de sangre por el ventrículo derecho, produciendo una insuficiencia cardiaca congestiva, y como consecuencia se puede presentar la muerte del animal (Marugg, 1995), se debe tener en cuenta que los animales sometidos a estudio electrocardiográfico no mostraron ser mayores a la clase II de la I.C. es por ello que cualquier alteración de las ondas R deben estar correlacionadas con las lecturas en las derivaciones precordiales I y II conjuntamente con los estudios relacionados a los segmentos e intervalos (Başoglu, Kursat y Kadak, 1992) (Matsui, *et al.*, 1983).

En cuanto se refiere a la onda S, para los terneros con insuficiencia cardiaca de la clase II, mostro valores -0.500 ± 0.241 , -0.888 ± 0.248 , -0.625 ± 0.248 , -0.763 ± 0.248 para los terneros machos, hembras, 3 meses y 6 meses respectivamente (tabla 5), que mostraron valores superiores a los terneros clínicamente sanos que mostraron valores de -0.277 ± 0.143 , -0.625 ± 0.143 , -0.525 ± 0.143 , -0.378 ± 0.143 para machos, hembras 3 y 6



meses; llevado al análisis estadístico los valores obtenidos de los terneros con insuficiencia cardiaca no fue significativo ($P \geq 0.05$) para el sexo, pero si mostro tener diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la edad.

La onda **S** en los terneros del C.E. Chuquibambilla, refiere a la actividad de la base del corazón después del inicio de la contracción ventricular, la secuencia de activación ventricular no acontece de la misma forma en los animales, por lo que está determinado por la diferente distribución del sistema de conducción cardíaca, estando de acuerdo con lo que manifiesta Bayés de Luna, (2012); Wiley-Blackwell, (2012); González, (2014), la amplitud de la deyección de la onda **S** se modifica con el avance de la edad, pero el comportamiento es diferente entre uno y otro sexo (Pompa, *et al.*; 2001), sin embargo en los terneros con I.C. mostraron mayor polaridad en comparación con los terneros clínicamente sanos, el cual es un indicativo que existe alguna alteración cardiaca al momento del término de la sístole ventricular.

La onda **S** indica la contracción de la base del corazón, sin embargo, el segmento **ST** corresponde a la fase final de la despolarización de los ventrículos, que normalmente debe ser isoelectrico, es decir, está a la misma altura de la línea base del ECG, estando de acorde con lo que menciona Sevilla, (2016), puesto que el punto de unión del segmento **ST** con el complejo **QRS** se conoce como el punto **J** y cuando el segmento **ST** no está en la línea isoelectrica, se produce una alteración del punto **J** por elevación o depresión. Debemos profundizar en la valoración ante la posibilidad de un síndrome coronario agudo con lesión a nivel de la pared ventricular, la característica del segmento **ST** no fue evaluada en los terneros que se sometieron a estudio ya que tuvimos que centrarnos en alteraciones del complejo **QRS**, es por ello que al determinar alguna variación en la parte hemodinámica del corazón se tiene que realizar la valoración completa del electrocardiograma.

Realizando la lectura del electrocardiograma en los terneros clínicamente sanos y con insuficiencia cardiaca, lectura que se hizo de izquierda a derecha, se distinguen la onda P, el segmento P-R, el complejo QRS, el segmento ST y por último la onda T. tal como lo menciona Azcano, (2015), ocurre una pequeña pausa que se conoce como segmento S-T, y más tarde se inscribe la onda T, la expresión del restaurador proceso de repolarización onda T, (Zavala, 2017), es por ello que al valorar las deflexiones de la onda S, se debe analizar exhaustivamente o del segmento ST para determinar alteraciones en el musculo ventricular, por ello es importante determinar la polaridad de las ondas del complejo QRS, que es muy estable y la morfología varía muy poco en los terneros clínicamente sanos, hay variaciones en los terneros con insuficiencia cardiaca, lo que las convierte en una referencia para detectar alteraciones del sistema de conducción del impulso eléctrico en el corazón del bovino tal como lo menciona Pompa y Rodríguez, (2012).

4.2.3. Eje eléctrico cardiaco

Tabla 7. Eje cardiaco (grados) de la insuficiencia cardiaca en terneros del C.E. Chuquibambilla según sexo y edad.

Factores	Condición	Promedio \pm DS	Intervalo confianza al 95%	
			Valor mínimo	Valor máximo
Sexo	Macho	53.750 \pm 9.014 ^a	34.109	73.391
	Hembra	68.750 \pm 9.014 ^a	49.109	88.381
Edad	3 meses	60.000 \pm 9.014 ^a	40.359	79.641
	6 meses	62.500 \pm 9.014 ^b	42.859	82.141

La tabla 7 muestra los valores del eje cardiaco en los terneros con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla, con valores de 53.750 \pm 9.014, 68.750 \pm 9.014 60.000 \pm 9.014, 62.500 \pm 9.014 para los machos, hembras, 3 meses y 6 ,meses; que comparando con los terneros clínicamente sanos (tabla 2), mostro valores de 93.750 \pm 8.288, 82.750 \pm 8.288, 109.500 \pm 8.288, 67.000 \pm 8.288 para machos, hembras,



hembras, 3 meses y 6 meses respectivamente, llevado al análisis estadístico los datos de los terneros con insuficiencia cardiaca mostro diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la variable edad, lo que indica que el eje cardiaco en terneros con hipoxemia de altura estaría influenciada por el factor edad.

Para la determinación del eje cardiaco se deben tener en cuenta las Ondas R, (Başoglu, Kursat y Kadak, 1992), se describe en el electrocardiograma como la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón (Botella, 2005), en cuanto a los valores referenciales en vacunos aparentemente sanos, el eje eléctrico fue calculado y la mayoría de los animales (72%, 31/50) presentaron un eje medio de $+121^\circ$ a $+180^\circ$, demostrando que los trazados obtenidos presentaban el complejo isoelectrico QRS como máximo en una derivación, siendo así posible evaluar el eje eléctrico de los animales (Rezakhani, *et al.*, 2004), no concordando con lo manifestado por este autor, puesto que los terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla mostraron tener el eje cardiaco entre 67.00 y 109.50 grados, sin embargo en los terneros con insuficiencia cardiaca el eje cardiaco estuvo comprendido entre 53.750 y 68.750 grados, lo que indica que el eje cardiaco se encontró dentro de los esperado es decir entre la derivada I y la derivada aVF, que representa entre 0 a 90 grados.

Cabe indicar que con el aumento de la edad, hay cambios en los componentes del ECG asociados con variaciones en la distancia entre el electrodo de grabación y el corazón (Cedeno, 2016), que comparando con los terneros jóvenes, el eje eléctrico QRS del corazón indica una preponderancia ventricular izquierda, y que durante los primeros pasos de la dirección de crecimiento postnatal de izquierda a derecha tal como indican Pessoa, *et al.*, (2014); Lucas De Oliveira, Carmo y Ferreira, (2008), no estando de acuerdo con estos autores ya que el eje eléctrico en terneros clínicamente sanos y con insuficiencia cardiaca mostro estar dentro del cuadrante DI y aVF, el eje cardiaco en terneros de altura



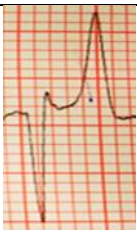
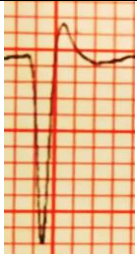
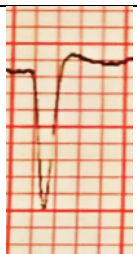
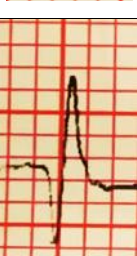

y del nivel del mar, fue angulado hacia la izquierda; y obtuvo valores de $-120.1^{\circ} \pm 7.30^{\circ}$ estos a comparación de los datos encontrados a nivel del mar que fueron de $63.7^{\circ} \pm 3.02^{\circ}$ (Begazo, *et al.*, 2017), este autor demuestran que los animales de la altura el vértice del corazón tiene una dirección hacia el extremo derecho, no concordando con lo manifestado por Begazo, (2007), que al tratarse de terneros sanos el eje eléctrico ubicado en la zona indeterminada indicaría patologías severas en el corazón, por lo tanto, en los terneros que se sometieron a estudio (clínicamente sanos y con IC) se producen algunas variaciones en las características anatómicas y fisiológicas del corazón de los terneros, pero su eje eléctrico está dirigido al lado positivo normal del sistema hexaxial.

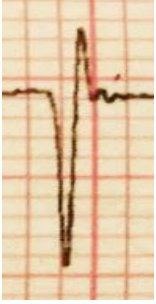
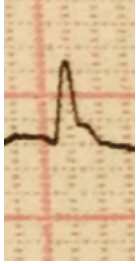
Referente al eje cardiaco, los potenciales eléctricos generados por el musculo cardiaco son detectados por la superficie del cuerpo usando electrodos que son añadidos a los pliegues axilares e inguinales, son amplificados por el electrocardiógrafo y visualizado en un papel especial en voltaje y tiempo (Oyama, *et al.*, 2014), por lo que el sistema base ápex a nivel del borde esternal, es considerado el más adecuado para la ejecución de ECG en animales grandes, corresponde mejor al eje eléctrico principal y provee deflexiones más grandes tanto para las ondas atriales como ventriculares, lo cual facilita la interpretación y el diagnóstico (Hernández, *et al.*, 2016), es por ello que en los terneros sanos y con I,C, se mostró que el eje eléctrico del corazón fue positivo, a pesar que la enfermedad se relaciona con la hipoxia crónica ambiental o del medio ambiente don de habitan estos animales a grandes alturas, debido a la baja presión parcial de oxígeno atmosférico existente; además, el predominio de las bajas temperaturas se constituye como factor adicional. La respuesta característica a estos factores es el desarrollo de una hipertensión arterial pulmonar, estando de acuerdo con lo que indica Marugg, (1995), pero en la insuficiencia cardiaca derecha crónica puede provocar disfunción del ventrículo

izquierdo, que el eje eléctrico puede estar dirigido hacia la izquierda o derecha, coincidiendo con lo que manifiesta Smith, (2010); Andrews, (2004).

4.2.4. Morfología del complejo QRS

Tabla 8. Morfología del complejo QRS en derivaciones bipolares y unipolares en la insuficiencia cardiaca de terneros de la raza Brown Swiss.

Codif.	Morfología	Polaridad	
1		QrR	Onda Q grande, seguido de la onda R pequeña, y una onda R grande, ausencia de la onda S. Se presenta en las derivas I, II, III y aF.
2		Qrs	Onda Q grande, seguido de una onda R pequeña, y a continuación la onda S pequeña. Se presenta en las derivadas I, II, III, y en avF.
3		Qr	Onda Q grande, seguido de una onda R pequeña, y no muestra la onda S. se presenta en la derivadas II y en avL.
4		QRs	Onda Q grande, seguida de la onda R grande, y con presencia de la onda S pequeña. Se presenta en las derivada II, sin que se haya mostrado en las demás derivadas.
5		QRs	Ondas Q regular, seguido de la onda R grande y la presencia de la onda S pequeña. Se presenta en las derivadas II, avF.

6		QRs	<p><i>Onda Q grande, seguido de una onda R mediana, y con la presencia de la onda S pequeña. Se presenta en las derivadas II, III y la avF.</i></p>
7		qRs	<p><i>Onda Q pequeña. Seguido de la onda R, y la onda S pequeña. Se encentra en la derivadas II, III, y avF.</i></p>

La tabla 8 muestra la morfología y la polaridad de las diferentes formas del complejo QRS en los terneros con insuficiencia cardiaca del C.E. Chuquibambilla ya que el QRS representa el tiempo de despolarización ventricular (Lanchi, 2016) y el inicio del QRS, muestra el retardo fisiológico en el nódulo AV, su prolongación indica un retraso en la conducción del nodo AV (Meneses, 2005), por lo que el complejo QRS fue codificado de acuerdo a su morfología y se detectaron 22 formas diferentes, con mayor frecuencia de aparición de la onda R como único componente del complejo en todas las derivaciones. En las derivaciones bipolares estándares de extremidades se presentó la mayor diversidad en la polaridad del complejo QRS y en la morfología (Pompa y Rodríguez, 2012), esta misma característica se presentó en los terneros con y sin insuficiencia cardiaca, que al hacer el estudio respectivo del complejo QRS determina las alteraciones que se manifiestan en la insuficiencia cardiaca.

En las investigaciones electrocardiográficas realizadas en búfalos, señala que la morfología del complejo QRS se comporta muy variable, lo que puede manifestarse, también dentro de una misma especie, ya que el patrón predominante de este complejo en la raza Jersey ha sido el del tipo QS, mientras que en la raza *Red Dane* ha sido el del



tipo R o QR (Sawazaki, *et a.*, 1996), el mismo hecho manifiesta Begazo, *et,al.*, (2007), que hay variación en cuanto se refiere a la morfología en los terneros de altura y del nivel del mar, estando de acuerdo con estos autores puesto que la variación electrocardiográfica en cuanto a su morfología está referida a que existen notables diferencias entre el ECG de los animales domésticos, que se deben, fundamentalmente, a la distinta situación del eje eléctrico cardíaco y de los puntos de derivación de la corriente, así como a la natural variación de las ondas, tanto en su dirección como en su amplitud, por cambios posturales y otras causas, pero se diferencia en la duración de los segmentos e intervalos y en tener una frecuencia más elevada en la aparición de los complejos QRS.



V. CONCLUSIONES

- La frecuencia cardíaca se encontró incrementada en los terneros con insuficiencia cardíaca comparado con los terneros clínicamente sanos, con valores promedios de 131.75, 124.00, 136.00, y 119.75 latidos cardíacos por minuto en machos, hembras, 3 meses y 6 meses, respectivamente, el 18.75% fueron arrítmicos para el sexo y el 6.25% mostraron ritmo no sinusal para la edad.
- La duración del complejo QRS en terneros con insuficiencia cardíaca se incrementó, con valores de 0.097seg. para machos, 0.114 para hembras, de 0.102 y 0.109 para 3 y 6 meses respectivamente; la polaridad de la onda Q fue negativa y se incrementó en todos los animales con I.C. con valores promedios comprendidos entre -6.188 y -8.813mV; las ondas R mostraron ser de menor amplitud en las deflexiones positivas con valores de 1.925 y 3.613mV y las ondas S tuvieron menor amplitud con valores de -0.500 y -0.888mV en comparación con los valores de los terneros clínicamente sanos. El eje eléctrico se encontró entre la DI y el AVF del eje hexaxial para los terneros con insuficiencia cardíaca y clínicamente sanos. La morfología varió muy poco, lo que indica como referencia para detectar alteraciones del sistema de conducción del impulso eléctrico en el corazón.



VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar un electrocardiograma de tres canales para una mejor facilidad en la lectura del trazado electrocardiográfico.
- Realizar la toma del electrocardiograma en posición de cubito lateral y hacer las comparaciones respectivas del trazado electrocardiográfico.
- En terneros con insuficiencia cardiaca realizar el electrocardiograma y el ecocardiograma para determinar las variaciones eléctricas y hemodinámicas del corazón.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amory H., Rollin F.A., Genicot B.C., Beduin J.M. & Lekeux P.M. 1993. Comparative study of the body surface electrocardiogram in double-muscled and conventional calves. *Can. J. Vet. Res.* 57(3):139-145.
- Amory, H., B. Genicot, and F. Rollin. 1993. Normal electro- and vectocardiographic data in
- Andrews A. 2004. *Bovine Medicine: Diseases and Husbandry of Cattle.*
- Azcano, L. 2015. (s.f). *El electrocardiograma.* Recuperado de https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap4.pdf
- Başoğlu, A., A. Kursat, M. Ok, and R. Kadak. 1992. Electrocardiographic Studies In Brown Swiss Cows. 51: 20-25.
- Bayés de Luna A. 2012. *Electrocardiografía Clínica.* 7ma. Edición. Publicaciones Permanyer. ISBN: 978-84-9926-443-1. *Clinical Electrocardiography.* Editado por WILEY-BLACKWELL, 2012. [en línea] noviembre 2012. <http://www.permanyer.com>. 40.
- Begazo S,L, Joel Guido Flores Checallab, Harnold Segundo Portocarrero Pradoc Bach. Medicina Veterinaria y Zootecniaa, Docente Principal a D. E. de la F.M.V.Z UNAPUNOb, Docente Auxiliar a T.C. de la F.M.V.Z. UNA-PUNOc
- Botella, C. (1 de enero de 2005). *Realizacion del electrocardiograma.* Recuperado de <http://fisterra.com/material/tecnicas/ekg/hacerECG.pdf>
- Cedeno D.A.Q., Lourenço M.L.G., Daza C.A.B., Pagnani Filho P. & Chiacchio S.B. 2016. Electrocardiogram assessment using the Einthoven and base-apex lead systems in healthy Holstein cows and neonates. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 36(Supl.1):1-7. Departamento Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Distrito de Rubião Junior, Cx. Postal 560, Botucatu, SP. 18618-970, Brazil. E-mail: mege@fmvz.unesp.br
- Claxton, M. S. 1988. Electrocardiographic Evaluation of Arrhythmias in Six Cattle. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.*40:74-78.
- Coleman MG, Y Robson MC. (2005). *Am J Vet Res* 2005;66: pp 233-237
- Gunningham, B.G. KLEIN, 2009 *Fisiología Veterinaria*, Cap. 19, Cuarta Edición, Elsevier Saunders



- Deroth L. 1980. Electrocardiographic parameters in the normal lactating Holstein cow. *Can. Vet. J.* 21(10):271-277.
- Dorner, C., y Godoy, A. (enero de 2009). *Electrocardiografía en equinos fina sangre de carrera.* Recuperado de <https://avancesveterinaria.uchile.cl/index.php/ACV/article/download/18268/19258>
- Echazarreta DF. 2008. Abordaje diagnóstico de la insuficiencia cardíaca. *Insuficiencia cardíaca*; 3(4): 196- 204.
- Ethinger. JS. Tratado de medicina interna veterinaria : enfermedades del perro y el gato. 6ta Edicion. Editorial Elsevier. España.
- Ganong, W. 2010. Fisiología Médica. México: Interamericana- Mc Graw Hill.
- García, y Sánchez. (2006). *CONTRACCIONES VENTRICULARES PREMATURAS.* Recuperado de <https://es.scribd.com/document/64374477/Auscultacion-cardiaca>
- Garcia-Sacristan, A. 1995 Fisiología Veterinaria. Mac Graw-Hill Interamericana España.
- Garrido RP. 2017. *Curso de electrocardiograma.* <http://www.galeon.com/medicinadeportiva/CURSOECG.htm>
- Ghita M., Cotor G., Braslasu R., 2007. Researches on the variation of the mean electrical axis in dogs depending on the ECG recording position, - Faculty of Veterinary Medicine Bucuresti, Rumanía 2007. http://www.usab-tm.ro/vol7MV/69_vol7.pdf
- González BJE. 2014. Cálculo del umbral para detección de la onda R del complejo cardíaco. *Revista Tecno Lógicas.* 2014;17(32):47-55. 42. Upadhyay RC, Sud SC. *Electrocardiogram*
- Gunningha, JC. 2009. Fisiología Veterinaria, Elsevier; N.º: 4 edición . España.
- Guyton y Hall, 2001. Tratado de Fisiología Medica Decimosegunda edición, 2011- Elsevier Saunders
- Hamlin R.L. & Smith C.R. 1960. Anatomical and physiological basis for interpretation of the electrocardiogram. *Am. J. Vet. Res.* 21:701-708.
- Hamlin R.L. & Wilson G.R. 1978. Ultrastructural changes in the bovine myocardium during hipertrophy. *Ind. J. Dairy Sci.* 32(2):146-150.
- Hernández, J., Arias, S., Castillo, A., y Restrepo, A. 2013. *Parámetros electrocardiográficos en caballos de raza Criollo Colombiano, pacientes de un*



- establecimiento veterinario de Antioquia, Colombia*. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0122-93542016000200005ylang=en
- Jones - Lloyd- DM, Larson MG, Leip EP, Beiser A, D agostino RB, Kannel WB, Murabito JM, Vasan RS, Benjamin EJ, Levy D. 2002. Lifetime risk for developing congestive heart failure: The Framingham heart study. *Circulation* 2002; 106:3068-3072.
- Kelly J, Kelleher K. 2000. The electrocardiogram in heart failure. *Age and ageing* 2000; 29: 203-206
- Lanchi, N. 2016. Electrocardiografía (ECG) en trastornos pulmonares. Recuperado de <https://www.merckmanuals.com/es-pr/professional/trastornospulmonares/procedimientos-diagn%C3%B3sticos-y-terap%C3%A9uticospulmonares/electrocardiograf%C3%ADa-ecg-en-trastornos-pulmonares>
- Lucas De Oliveira, C., J. O. Carmo, J. Ferreira, y R. Carmo. 2008. Padronização da técnica de execução e parâmetros eletrocardiográficos normais, em derivações periféricas, para bovinos indianos adultos (*bostaurusindicus*) da raça nelore: CERES ISSN 0034-737x.
- Martín, y Castro. (2018). *Actualización en fibrilación atrial equina*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6516101>
- Marugg D. 1995. Lung problems in acute to subacute exposure to medium altitudes. *Schweiz Rundsch Med Prax.* 84 (40): 1101-1107.
- Montejo, E. 2006. *Electrocardiografía Veterinaria y Enfermedades Cardiovasculares*. Ecuador: Editorial de la Universidad de Cuenca.
- Montoya J, y Naranja, E 2012 – Manual de electrocardiografía clínica – 2da Edición– Grupo Asis
- Montoya J, y Naranja, E. (1998) *Medicina cardiovascular de Pequeños Animales*. Barcelona, ed. Multimédica, 603 p
- Morris F 2003. . *The ABC of clinical electrocardiography*. London: BMJ Publishing Group, 2003.
- Nelson, R. & Couto, C. 1999. *Manual de Medicina Interna de Pequeños Animales*. Madrid



- Nelwan SP, MEIJ SH, VAN DAM TB, KORS JA 2001. Correction of ECG variations caused by body position changes and electrode placement during ST-T monitoring (2001)
- Oyama, M., Kraus, M., Gelzer, A. (2014). Rapid review of ECG interpretation in small animal practice. (pp. 10, 11, 23, 24). Editorial Taylor - Francis Group.
- Pasławska U. 2005. The Electrocardiographic curve of clinically healthy dogs of selected breed. *Electronic Journal of Polish agricultural Universities, Veterinary Medicine*, Volume 1, issue 1. Available online: <http://www.ejpau.media.pl/series/volume1/veterinary/art-04.html>
- Pérez, J., y Merino, M. (2015). *Definición de amplitud de onda*. Recuperado de <https://definicion.de/amplitud-de-onda/>
- Pesoa R.B., Batista C.F., Bellinazzi J.B., Dellalibera A., Larson Mhma. 2014. Twenty four ambulatory ECG (Holter monitoring) in black and white Holstein calves. XXVIII World Buiatrics Congress, Cairns, Australia. (Abstract)
- Pompa A, Evangelina Marrero, O. Fernández and R. González Jan. 2001. Comportamiento del electrocardiograma (ECG) en bovinos de la raza Holstein a diferentes edades de uno y de otro sexo *Revista de Salud Animal* (Vol. 23, Issue 1). Editorial Universitaria de la Republica de Cuba
- Pompa A. N.; Rodríguez P 2012. Variaciones Morfológicas del complejo QRS en bovinos. Universidad Agraria de La Habana (UNAH) "Fructuoso", Carretera Tapaste y Autopista Nacional, Km 23 ½, CP 32 700, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
- Radostits O, Gay C, Blood D, Hinchcliff K. 2002. *Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino*. 9ª ed. Madrid-España. Editorial Mc Graw Hill. 358p.
- Radostits O.M., Gay C.C., Hinchcliff K.W. & Constable P.D. 2007. Diseases of the cardiovascular system, p.399-438. In: *Ibid. (Eds), Veterinary Medicine: a text book of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10th ed. Elsevier, London.
- Rezakhan A., Paphan A.A. & Gheisari H.R. 2004. Cardiac dysrhythmias in clinically healthy heifers and cows. *Revue Méd. Vét.* 155:159-162.
- Rodrigo B N, Caio F X Ferreira¹, Rafael Moraes Aboin¹, Héric Garcia de Deus¹, Mere Erika Saito², Leticia Andreza Yonezawa². 2014. Parâmetros eletrocardiográficos



- de novilhas da raça jersey. Archives of Veterinary Science. v.19, n.4, p.17-23, 2014. www.ser.ufpr.br/veterinary.
- Sánchez Q, D., y Yen S. H. 2003. «Anatomía de los nodos cardíacos y del sistema de conducción específico auriculoventricular». Revista Española de Cardiología 56 1085-1092.
- Santamaría, P. G., 2010. Utilidad clínica de la electrocardiografía en medicina veterinaria. Consulta de difusión veterinaria. AVEPA.
- Santamarina, Álvarez, y Suárez. 2016. (s.f.). *Principios básicos en electrocardiografía veterinaria* (I). Recuperado de <http://www.rednacionaldeveterinarias.com.uy/articulos/cardiologia/ECG.pdf>
- Santamarina, G., Torío, R., y Suárez, L. 2012. (s.f). Electrocardiograma. *Consulta veterinaria*, 52. Recuperado de <http://www.rednacionaldeveterinarias.com.uy/articulos/cardiologia/ECG.pdf>
- Sanyal, S., K. Pradip, and M. MondaL. 2010. Electrocardiogram of clinically healthy mithum (bos frontalis) variation among strains. Sagehindawiacces to research veterinary medicine international.
- Sawazaki H, Hirose H, Matsui K, Yamamovi K, Hanyu I. 1996 Comparative electrocardiographical studies on the wave form of QRS complex in vertebrates. Jpn J Vet Sci. 1996;38(3):235-240.
- Severin, G. 1992. Manual de Cardiología Veterinaria. Buenos Aires.
- Shmakov D.N. & Roshchevskii M.P. 1995. The formation of cardiac-electric-field potentials on the surface of the heart and torso in vertebrate animals. Fiziol. Zh. Im. I.M. Sechenova 81(10):51-58.
- Smith BP. 2010. Medicina Interna de Grandes Animales.
- Stevenson, A.C. 2014. (s.f.). *Arritmias ventriculares*. Recuperado de <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1717§ionid=1149283>
- Torio ALVAREZ, R. SUAREZ REY Ma L. 2002. Principios Básicos de Electrocardiografía Veterinaria – España <http://www.consultavet.org>
- Trost, M. E. 2008. Causas de insuficiência cardíaca congestiva em bovinos. Laboratório de Patologia Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- Will D.H., Hicks J.L., Card C.S. y Alexander A.F. 1995. Inherited susceptibility of cattle to high altitude pulmonary hypertension. J Appl Physiol. 38(3): 491-494.



Zarate, C. V. 2013. (s.f.). <https://medicina.ucm.es/>. Recuperado de
[https://medicina.ucm.es/data/cont/media/www/pag-
17227/Electrocardiograf%C3%ADa%20B%C3%A1sica.pdf](https://medicina.ucm.es/data/cont/media/www/pag-17227/Electrocardiograf%C3%ADa%20B%C3%A1sica.pdf)

Zavala, J. A. (1 de abril de 2017). <https://www.medigraphic.com/>. Recuperado de
<https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2017/cmas171bj.pdf>



ANEXOS
FICHA ELECTROCARDIOGRAFICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO.
FACULTAD DE MECICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

SITIO DONDE SE LLEVO A CABO EL ESTUDIO:
ENTIDAD QUE RESPALDA LA INVESTIGACIÓN:
DATOS FILIACIÓN:
NOMBRE:..... EDAD: SEXO..... RAZA.....
DATOS HOSPITALIZACIÓN:
HCL:
RUTINA DE INTERPRETACIÓN:
Frecuencia cardiaca:
Ritmo cardiaco:
Morfología de onda P:
Intervalo PR:
Complejo QRS:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Eje:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Anchura:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Voltaje:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Morfología:
Repolarización:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Segmento ST:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Onda T:
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Intervalo QT:
HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRAFICOS:
.....
.....

Tabla 9. Valores electrocardiograficos en terneros clinicamente sanos

Parámetro	Condición	Promedio ±DS	Intervalo confianza al 95%			
			Valor mínimo	Valor máximo		
Frecuencia cardiaca lat/min.	Sexo	Macho	105,500±4,710 ^a	92,422	118,578	
		Hembra	107,500±4,710 ^b	94,422	120,578	
	Edad	3 meses	109,250±4,710 ^a	96,172	122,328	
		6 meses	103,750±4,710 ^a	90,672	116,828	
Duración Complejo QRS en Seg.	Sexo	Macho	0.750±0,110 ^a	0,044	0,106	
		Hembra	0,085±0,110 ^b	0,054	0,116	
	Edad	3 meses	0,070±0,110 ^a	0,039	0,101	
		6 meses	0,090±0,110 ^a	0,059	0,121	
Amplitud del Complejo QRS en mV.	Sexo	Macho	Q	-1.225±0.280 ^a	-2.001	-0.449
			R	3.450±0,677 ^a	1,569	5.331
		S	Macho	-0.277±0.143 ^a	-0,673	0,118
			Hembra	Q	-1.625±0.280 ^a	-2.401
		R	Hembra	4.450±0,677 ^a	2,569	6,331
			S	-0,625±0,143 ^a	-1,021	-0,229
	Edad	3 meses	Q	-1.725±0,280 ^a	-2,501	-0,949
			R	3.400±0,677 ^a	1.519	5.281
		S	3 meses	-0,525±0,143 ^a	-0,921	-0,129
			6 meses	Q	-1.125±0,280 ^a	-1,901
		R	6 meses	4.500±0,677 ^a	2.619	6.381
			S	-0,378±0,143 ^a	-0,773	-0,018
Eje cardiaco (grados)	Sexo	Macho	93,750±8,288 ^a	70,739	116,761	
		Hembra	82,750±8,288 ^a	59,739	105,761	
	Edad	3 meses	109,500±8,288 ^a	86,489	132,511	
		6 meses	67,000±8,288 ^a	43,989	90,011	
Ritmo	Sexo Edad	Rítmico y sinusal				

Tabla 10. ANDEVA. Frecuencia cardiaca terneros clinicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	8,000	1	8,000	0,090	0,779
EDAD	60,500	1	60,500	0,682	0,455
SEXO * EDAD	60,500	1	60,500	0,682	0,455
Error	355,000	4	88,750		
Total corregido	484,000	7			

Tabla 11. ANDEVA: Duración complejo QRS en terneros clínicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,000	1	0,000	0,400	0,561
EDAD	0,001	1	0,001	1,600	0,275
SEXO * EDAD	0,000	1	0,000	0,400	0,561
Error	0,002	4	0,001		
Total corregido	0,003	7			

Tabla 12. ANDEVA. Amplitud de la onda Q en terneros clínicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,320	1	0,320	1,024	0,369
EDAD	0,720	1	0,720	2,304	0,204
SEXO * EDAD	0,845	1	0,845	2,704	0,175
Error	1,250	4	0,313		
Total corregido	3,135	7			

Tabla 13. ANDEVA. Amplitud de la onda R en terneros clínicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	2,000	1	2,000	1,090	0,355
EDAD	2,420	1	2,420	1,319	0,315
SEXO * EDAD	2,000	1	2,000	1,090	0,355
Error	7,340	4	1,835		
Total corregido	13,760	7			

Tabla 14. ANDEVA. Amplitud de la onda S en terneros clínicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,242	1	0,242	2,972	0,160
EDAD	0,044	1	0,044	0,535	0,505
SEXO * EDAD	0,021	1	0,021	0,259	0,638
Error	0,325	4	0,081		
Total corregido	0,631	7			



Tabla 15. ANDEVA. Eje cardiaco en terneros clínicamente sanos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	242,000	1	242,000	0,881	0,401
EDAD	3612,500	1	3612,500	13,148	0,022
SEXO * EDAD	450,000	1	450,000	1,638	0,270
Error	1099,000	4	274,750		
Total corregido	5403,500	7			

Tabla 16. Valores electrocardiográficos en terneros con insuficiencia cardiaca

	SEXO	EDAD	FRECUENCIA	EJE	Q	R	S	ANCHOQRS
1	MACHO	3 MESES	166,00	74,00	-12,000	2,000	-0,500	0,120
2	MACHO	3 MESES	120,00	64,00	-8,500	1,000	0,000	0,100
3	MACHO	3 MESES	136,00	63,00	-4,000	5,000	-1,000	0,120
4	MACHO	3 MESES	125,00	0,00	-2,500	5,500	0,000	0,080
5	MACHO	6 MESES	143,00	56,00	-1,000	,500	-0,500	0,080
6	MACHO	6 MESES	94,00	21,00	-10,000	3,200	0,000	0,120
7	MACHO	6 MESES	120,00	89,00	-2,500	8,500	-2,000	0,072
8	MACHO	6 MESES	150,00	63,00	-9,000	3,200	0,000	0,088
9	HEMBRA	3 MESES	136,00	58,00	-5,500	1,500	-1,000	0,100
10	HEMBRA	3 MESES	125,00	60,00	-10,000	2,000	-1,000	0,100
11	HEMBRA	3 MESES	136,00	75,00	-5,500	3,000	-1,500	0,100
12	HEMBRA	3 MESES	144,00	86,00	-6,000	1,200	0,000	0,100
13	HEMBRA	6 MESES	88,00	43,00	-11,000	2,000	-1,000	0,140
14	HEMBRA	6 MESES	119,00	87,00	-5,000	1,500	-1,600	0,112
15	HEMBRA	6 MESES	84,00	86,00	-10,500	2,000	-1,000	0,128
16	HEMBRA	6 MESES	160,00	55,00	-17,000	2,200	0,000	0,128
Total	N	16	16	16	16	16	16	16

Tabla 17. ANDEVA. Frecuencia cardiaca en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	240,250	1	240,250	0,407	0,536
EDAD	1056,250	1	1056,250	1,787	0,206
SEXO * EDAD	156,250	1	156,250	0,264	0,616
Error	7091,000	12	590,917		
Total corregido	8543,750	15			



Tabla 18. ANDEVA. Ancho (duracion) complejo qrs en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,001	1	0,001	4,351	0,059
EDAD	0,000	1	0,000	0,612	0,449
SEXO * EDAD	0,002	1	0,002	7,496	0,018
Error	0,003	12	0,000		
Total corregido	0,006	15			



Tabla 19. ANDEVA. Amplitud de la onda Q en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	27,563	1	27,563	1,618	0,227
EDAD	9,000	1	9,000	0,528	0,481
SEXO * EDAD	27,563	1	27,563	1,618	0,227
Error	204,375	12	17,031		
Total corregido	268,500	15			

Tabla 20. ANDEVA. Amplitud de la onda r en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,000	1	,000	0,000	1,000
EDAD	8,410	1	8,410	0,574	0,463
SEXO * EDAD	14,822	1	14,822	1,012	0,334
Error	175,725	12	14,644		
Total corregido	198,957	15			

Tabla 21. ANDEVA. Amplitud de la ONDA S en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	0,601	1	0,601	1,225	0,290
EDAD	0,076	1	0,076	0,154	0,701
SEXO * EDAD	0,051	1	0,051	0,103	0,753
Error	5,882	12	0,490		
Total corregido	6,609	15			



Tabla 22. ANDEVA. Eje cardiaco en terneros con insuficiencia cardiaca

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
SEXO	900,000	1	900,000	1,384	0,262
EDAD	25,000	1	25,000	0,038	0,848
SEXO * EDAD	81,000	1	81,000	0,125	0,730
Error	7801,000	12	650,083		
Total corregido	8807,000	15			