



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



**VALORES DEL ELECTROCARDIOGRAMA EN TERNEROS DE**  
**LA RAZA FLECKVIEH CRIADOS EN ALTURA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RUDY YUNIOR HUAQUISTO YANAPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNIA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## DEDICATORIA

*Mi tesis lo dedico con amor y cariño a mis padres Amelia y Ciprian por darme su apoyo incondicional y por creer en mí y apoyarme a superar los obstáculos para culminar esta hermosa carrera.*

*A mi pareja Rosaira, por su confianza y su amor al estar presente en todas mis decisiones y por ser mi compañera en este viaje que se llama vida.*

*A mis hijos Tadeo y Kaely, que son la razón de mi día a día, los que motivan a seguir caminando, aunque se me acaben las fuerzas.*

*A mis hermanas Yaneth y Lucy por estar presente en esos días difíciles y empujarme a seguir adelante.*

*A mis tías y tíos por confiar en mí.*

*A mi prestigiosa casa de estudios y sobre todo mi querida facultad con quien tendré un agradecimiento inmensurable.*

**Yunior.**



## AGRADECIMIENTO

A:

*Dios por brindarme salud y ponerme a las personas correctas en la ejecución del presente trabajo de investigación.*

*Dr. Ciro Marino Traverso Arguedas, por su paciencia y su apoyo desmedido para la ejecución del presente trabajo.*

*A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano por contribuir en mi formación profesional como Médico Veterinario Zootecnista.*

**Yunior.**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURA**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL..... 17**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 17**

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL CORAZÓN. ....18**

2.1.1. Circulación Coronaria ..... 18

2.1.2. Inervación del corazón ..... 19

2.1.3. Sistema de conducción del corazón ..... 20

2.1.4. Potencial de acción del musculo cardiaco y el electrocardiograma ..... 22

**2.2. ELECTROCARDIOGRAMA. ....27**

2.2.1. Las derivaciones del electrocardiograma. .... 27

2.2.2. Papel para electrocardiograma ..... 27

2.2.3. Derivaciones..... 28

**2.3. EL ELECTROCARDIOGRAMA .....30**



|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.1. Frecuencia cardiaca.....                             | 31        |
| 2.3.2. Ritmo cardiaco .....                                 | 31        |
| 2.3.3. Onda P.....  | 32        |
| 2.3.4. Intervalo P-R.....                                   | 32        |
| 2.3.5. Complejo QRS.....                                    | 32        |
| 2.3.6. Onda Q .....   | 33        |
| 2.3.7. Onda R.....  | 33        |
| 2.3.8. Onda S .....   | 33        |
| 2.3.9. Onda T.....  | 33        |
| 2.3.10. Segmento S-T.....                                   | 34        |
| 2.3.11. Segmento P-R.....                                   | 34        |
| 2.3.12. Intervalo Q-T.....                                  | 34        |
| 2.3.13. Intervalo P-R .....                                 | 35        |
| 2.3.14. Onda U .....  | 35        |
| 2.3.15. Eje eléctrico.....                                  | 35        |
| <b>2.4. VALORES ELECTROCARDIOGRÁFICOS EN TERNEROS .....</b> | <b>37</b> |

### CAPITULO III

#### MATERIAL Y MÉTODOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO .....</b>            | <b>46</b> |
| <b>3.2. EQUIPOS Y MATERIALES .....</b>         | <b>46</b> |
| 3.2.1. El Equipo de examen clínico:.....       | 46        |
| 3.2.2. Equipo electrocardiográfico: .....      | 46        |
| 3.2.3. El Material clínico:.....               | 46        |
| <b>3.3. DE LOS ANIMALES .....</b>              | <b>47</b> |
| 3.3.1. Evaluación Clínica de los animales..... | 47        |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.2. Criterios de inclusión: .....  | 47        |
| 3.3.3. Criterios de exclusión.....  | 48        |
| <b>3.4. FASE EXPERIMENTAL.....</b>  | <b>48</b> |
| 3.4.1. Procedimiento de determinación de la frecuencia cardiaca. ....   | 50        |
| 3.4.2. Procedimiento de determinación del ritmo cardiaco.....   | 50        |
| 3.4.3. Medición de las ondas, segmentos e intervalos.....   | 51        |
| 3.4.4. Medición del Eje Cardiaco.....   | 52        |
| <b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>CAPITULO IV</b>  |           |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   |           |
| <b>4.1. VALORES DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE LA FRECUENCIA,<br/>AMPLITUD Y DURACIÓN DE LAS ONDAS<br/>ELECTROCARDIOGRÁFICAS .....</b> | <b>55</b> |
| <b>4.2. VALORES DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE LOS INTERVALOS Y<br/>SEGMENTOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS.....</b>                           | <b>70</b> |
| <b>V. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>75</b> |
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>76</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>81</b> |

**Área: Salud animal.**

**Tema: Electrocardiograma en terneros Fleckvieh de altura.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de enero del 2023**



## ÍNDICE DE FIGURA

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 1.</b>  | Colocación de electrodos en el ternero.....                    | 49 |
| <b>Figura 2.</b>  | Electrocardiograma calibrado a 25 mm por segundo y 10 mv. .... | 49 |
| <b>Figura 3.</b>  | Papel milimetrado para electrocardiograma .....                | 50 |
| <b>Figura 4.</b>  | Frecuencia cardiaca .....                                      | 50 |
| <b>Figura 5.</b>  | Ritmo cardiaco.....  | 51 |
| <b>Figura 6.</b>  | Intervalos PR y QT .....                                       | 51 |
| <b>Figura 7.</b>  | Segmentos PR y ST .....  | 52 |
| <b>Figura 8.</b>  | Complejo QRS.....  | 52 |
| <b>Figura 9.</b>  | Eje hexaxial .....   | 53 |
| <b>Figura 10.</b> | Terneros para electrocardiograma .....                         | 89 |
| <b>Figura 11.</b> | Selección de os terneros para electrocardiograma.....          | 89 |
| <b>Figura 12.</b> | Colocación de los electrodos .....                             | 90 |
| <b>Figura 13.</b> | Impresión del electrocardiograma .....                         | 90 |
| <b>Figura 14.</b> | Lectura e interpretación del electrocardiograma .....          | 91 |
| <b>Figura 15.</b> | Interpretación electrocardiográfica.....                       | 91 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Actividad Funcional del corazón en diferentes edades.....  | 37 |
| <b>Tabla 2.</b>  | Comparación de la amplitud (mV) de las ondas del electrocardiograma en bovinos de diferentes categorías .....                                  | 38 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Comparación de la duración (seg) de los componentes electrocardiográficos y frecuencia cardíaca (lpm) en bovinos Holstein por edad y sexo..... | 39 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, según edad y sexo.....               | 43 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Distribución de los animales de experimentación. ....  | 47 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Valores electrocardiográficos de la frecuencia cardiaca y ritmo en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.....                        | 55 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Valores electrocardiográficos del eje eléctrico en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                                       | 58 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Valores electrocardiográficos de la onda P en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....  | 61 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Valores electrocardiográficos de complejo QRS en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....   | 63 |
| <b>Tabla 10.</b> | Valores electrocardiográficos de la onda T en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....  | 68 |
| <b>Tabla 11.</b> | Valores electrocardiográficos del intervalo PR y QT en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                                   | 70 |
| <b>Tabla 12.</b> | Valores electrocardiográficos del segmento PR y ST en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                                    | 72 |





|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 13.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la frecuencia cardiaca en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....          | 82 |
| <b>Tabla 14.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del eje electrico en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                  | 82 |
| <b>Tabla 15.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda P por segundo en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....           | 82 |
| <b>Tabla 16.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda P por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en condiciones de altura. .... | 82 |
| <b>Tabla 17.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del complejo QRS en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                   | 83 |
| <b>Tabla 18.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda Q por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                | 83 |
| <b>Tabla 19.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda R por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                | 83 |
| <b>Tabla 20.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda S por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                | 83 |
| <b>Tabla 21.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda T por segundos en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....          | 84 |
| <b>Tabla 22.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda T por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                | 84 |
| <b>Tabla 23.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del intervalo PR en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                   | 84 |
| <b>Tabla 24.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del intervalo QT en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. ....                   | 84 |



|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 25.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del segmento PR en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. .... | 85 |
| <b>Tabla 26.</b> ANDEVA de los valores electrocardiográficos del segmento ST en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura. .... | 85 |



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| AD               | : atrio derecho                   |
| VD               | : ventrículo derecho              |
| AI               | : atrio izquierdo                 |
| VI               | : ventrículo izquierdo            |
| SA               | : seno auricular                  |
| QT               | : intervalo QT                    |
| T                | : onda T                          |
| A-V              | : auriculo ventricular            |
| K <sup>+</sup>   | : potasio                         |
| Cl <sup>-</sup>  | : cloro                           |
| Na <sup>+</sup>  | : sodio                           |
| Tipo-U           | : buena conformación              |
| PRM              | : potencial de membrana en reposo |
| mV               | : milivoltio                      |
| Ca <sup>++</sup> | : calcio                          |
| ATP              | : Adenosin tri fosfato            |
| P-Q              | : intervalo PQ                    |
| PR               | : intervalo PR                    |
| QRS              | : complejo QRS                    |
| QT               | : intervalo QT                    |
| ST               | : segmento ST                     |
| U                | : onda U                          |
| Mm/seg.          | : Milímetros por segundo          |



|         |  |
|---------|--|
| D1      | : derivada 1   |
| D2      | : derivada 2   |
| D3      | : derivada 3   |
| aVR     | : derivación unipolar - aumento del voltaje izquierdo  |
| aVL     | : derivación unipolar - aumento de voltaje derecho     |
| aVF     | : derivaciones unipolares - aumento de voltaje del pie |
| Vi – V6 | : derivaciones unipolares precordiales                 |
| EKG     | : electrocardiograma                                   |
| Q       | : onda Q   |
| ST-T    | : complejo ST-T  |
| TP      | : interval TP  |
| FC      | : frecuencia cardiaca                                  |
| msnm    | : metros sobre el nivel del mar                        |
| lpm     | : latidos por minuto                                   |
| seg.    | : segundos   |
| ECG     | : electrocardiograma                                   |
| S       | : segundo  |
| RR      | : distancia de la onda R y R                           |



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tuvo como objetivo determinar los valores electrocardiográficos en terneros Fleckvieh según sexo y edad 3 y 6 meses, criados en altura a 3,466m.de altitud. Se realizó el electrocardiograma para evaluar las ondas, segmentos e intervalos. El examen se realizó en pie, los parámetros electrocardiográficos fueron medidos a una amplitud de 1mV/cm, a una velocidad de 25 mm/seg, las derivaciones bipolares (I, II, III) y las unipolares (avL, avR y avF), la duración (seg) y amplitud (mV). La frecuencia cardiaca en lpm fue de  $88.6\pm 3.435$ ,  $81.60\pm 5.224$  para hembras de 3 y 6 meses y de  $67.20\pm 5.263$ ,  $82.20\pm 4.919$  para machos de 3 a 6 meses. El ritmo cardiaco fue rítmico y sinusal. El eje eléctrico fue de  $103.80\pm 4.324$  para hembras de 3 a 6 meses respectivamente, de  $107.80\pm 2.387$ ,  $101.00\pm 2.738$  grados para machos de 3 a 6 meses respectivamente. La onda P fue de  $0.056\pm 0.032$ ,  $0.078\pm 0.030$  para hembras de 3 a 6 meses y de  $0.064\pm 0.022$ ,  $0.040\pm 0.024$  seg. Para machos de 3 a 6 meses subsecuentemente, y de  $0.120\pm 0.027$ ,  $0.14\pm 0.042$  para hembras de 3 a 6 meses y de  $0.12\pm 0.027$ ,  $0.15\pm 0.035$  mV para machos de 3 a 6 meses respectivamente. El complejo QRS fue de  $0.030\pm 0.010$ ,  $0.038\pm 0.010$  en hembras de 3 a 6 meses y de  $0.034\pm 0.008$ ,  $0.036\pm 0.011$  seg. en hembras de 3 a 6 meses subsecuentemente. La onda Q y S fue negativa en todos los casos y la onda R fue positiva que oscilo entre  $0.47\pm 0.148$  a  $0.50\pm 0.136$  mV para hembras y de  $0.46\pm 0.119$  y  $0.58\pm 0.057$  mV para machos de 3 a 6 meses respectivamente. La onda T fue de  $0.150\pm 0.007$ ,  $0.180\pm 0.103$  para hembras y de  $0.160\pm 0.082$ ,  $0.170\pm 0.097$  mV para machos de 3 a 6 meses respectivamente. El intervalo PR fue de  $0.184\pm 0.016$ ,  $0.212\pm 0.056$  para hembras, de  $0.188\pm 0.010$ ,  $0.220\pm 0.037$  para machos de 3 a 6 meses subsecuentemente. El intervalo QT fue de  $0.328\pm 0.026$ ,  $0.356\pm 0.045$  para hembras y de  $0.324\pm 0.032$ ,  $0.372\pm 0.026$  para machos de 3 a 6 meses respectivamente. El segmento PR fue de valore de 0.041 a 0.059 seg., mientras que el segmento ST mostro valores de 0.096 a 0.104 seg. Se concluye que existe diferencia significativa ( $P<0.05$ ) para la edad, referente a la frecuencia cardiaca, onda P, complejo QRS, onda S, onda T, intervalo PR, intervalo QT, y segmento ST.

**Palabras claves:** altura. electrocardiograma, raza Fleckvieh, vacas.



## ABSTRACT

The present research work aimed to determine the electrocardiographic values in Fleckvieh calves according to sex and age 3 and 6 months, raised at altitude at 3,466m.de altitude. The electrocardiogram was performed to evaluate the waves, segments and intervals. The examination was performed standing, electrocardiographic parameters were measured at an amplitude of 1mV/cm, at a velocity of 25 mm/sec, bipolar leads (I, II, III) and unipolar leads (avL, avR and avF), duration (sec) and amplitude (mV). The heart rate in bpm was  $88.6\pm 3,435$ ,  $81.60\pm 5,224$  for females aged 3 and 6 months and  $67.20\pm 5,263$ ,  $82.20\pm 4,919$  for males aged 3 to 6 months. The heart rhythm was rhythmic and sinus. The electric shaft was  $103.80\pm 4.324$  for females aged 3 to 6 months respectively,  $107.80\pm 2.387$ ,  $101.00\pm 2.738$  degrees for males aged 3 to 6 months respectively. The P wave was  $0.056\pm 0.032$ ,  $0.078\pm 0.030$  for females aged 3 to 6 months and  $0.064\pm 0.022$ ,  $0.040\pm 0.024$  sec. for males aged 3 to 6 months subsequently, and  $0.120\pm 0.027$ ,  $0.14\pm 0.042$  for females from 3 to 6 months and  $0.12\pm 0.027$ ,  $0.15\pm 0.035$  mV for males from 3 to 6 months respectively. The QRS complex was  $0.030\pm 0.010$ ,  $0.038\pm 0.010$  in females aged 3 to 6 months and  $0.034\pm 0.008$ ,  $0.036\pm 0.011$  sec. in females from 3 to 6 months subsequently. The Q and S wave was negative in all cases and the R wave was positive ranging from  $0.47\pm 0.148$  to  $0.50\pm 0.136$  mV for females and  $0.46\pm 0.119$  and  $0.58\pm 0.057$  mV for males from 3 to 6 months respectively. The T wave was  $0.150\pm 0.007$ ,  $0.180\pm 0.103$  for females and  $0.160\pm 0.082$ ,  $0.170\pm 0.097$  mV for males aged 3 to 6 months respectively. The PR range was  $0.184\pm 0.016$ ,  $0.212\pm 0.056$  for females,  $0.188\pm 0.010$ ,  $0.220\pm 0.037$  for males aged 3 to 6 months subsequently. The QT range was  $0.328\pm 0.026$ ,  $0.356\pm 0.045$  for females and  $0.324\pm 0.032$ ,  $0.372\pm 0.026$  for males aged 3 to 6 months respectively. The PR segment was valued at 0.041 to 0.059 sec., while the ST segment showed values from 0.096 to 0.104 sec. It is concluded that there is a significant difference ( $P<0.05$ ) for age, referring to heart rate, P wave, QRS complex, S wave, T wave, PR interval, QT interval, and ST segment.

**Keywords:** cows, electrocardiogram, Fleckvieh breed, height.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El ganado vacuno de raza *Simmenthal* o *Fleckvieh* (*ganado berrendo* o *ganado manchado de dos colores*) es una raza de ganado vacuno suiza, de las llamadas doble propósito, donde la producción de leche como de carne juegan papeles de igual importancia, manteniendo muy buena aptitud biológica. La Raza de ganado Simmenthal en el mundo es la segunda raza más popular, es originaria del valle Simme en Suiza, luego se esparció por toda Europa central siendo una raza *Bos tauros*, hasta finales del año 1960. En la región este y centro de Europa esta raza el lugar que ocupa es de primer orden, con un total de 30 millones de animales de esta raza aproximadamente. Es una raza doble propósito pero es más utilizada para producir carne y además de esto es capaz de adaptarse a diversos climas, hacen que el Simmenthal sea muy comercial y atractiva para los productores (Programa de Mejora de la Raza bovina Fleckvieh. 2011)

Para mejorar el cuidado en la crianza de terneros del ganado bovino y reducir la mortalidad de los nacidos y criados en condiciones de altura, especialmente de los animales de alto valor genético, el examen electrocardiográfico es una de las herramientas importantes para determinar la frecuencia cardíaca, el ritmo cardíaco y los trastornos de la conducción eléctrica del corazón. Hoy en día, los estudios del ECG en terneros y neonatos clínicamente sanos son escasos por lo que la electrocardiografía es una técnica económica que proporciona información útil en la clasificación de arritmias, el diagnóstico de anomalías de la conducción y es de ayuda valiosa en consideraciones pronósticas y terapéuticas (Rezakhani, *et al.*, 2004)

El estudio del electrocardiograma en terneros clínicamente sanos, constituye el



estudio de la actividad eléctrica del corazón, basado en un registro gráfico, que con este estudio es posible detectar arritmias cardíacas (Oliveira, *et al.*, 2008), por lo que el electrocardiograma es de fundamental importancia en la clínica cardiológica y su interpretación se basa en la medición de los potenciales eléctricos del corazón, a través de electrodos fijados en la piel de los miembros anteriores y posteriores. Las diferencias en los voltajes, que surgen de la despolarización y repolarización de las células cardíacas, se registran en un gráfico. El aumento de las derivaciones unipolares de las extremidades es un registro por el que dos de los miembros están conectados al terminal del electrocardiógrafo negativo por medio de resistencias eléctricas, mientras que el otro miembro está conectado al terminal positivo (Guyton y Hall, 2021).

Las alteraciones eléctricas del corazón se pueden detectar mediante electrocardiografía, es por ello que se debe contar con parámetros electrocardiográficos en los terneros de la raza Fleckvieh criados en altura, estos parámetros servirían de base para identificar problemas cardíacos en estos animales y así ayudar al cuidado y tratamiento de animales enfermos. Para dar un diagnóstico más preciso de alguna alteración cardiovascular, además de obtener la historia y el examen físico detallado, lo ideal es conocer los parámetros electrocardiográficos normales para esta especie como es los terneros de la raza Fleckvieh criados a 3600 metros de altitud, todavía es difícil determinar un diagnóstico totalmente fiable de enfermedades cardíacas, porque la información existente para esta área es aún escasa (Oliveira, *et al.*, 2008).

El trabajo tuvo aplicaciones prácticas, la determinación de los parámetros del electrocardiograma en estos animales criados en altura, podría utilizarse en los terneros a fin de establecer su historia clínica general, además de considerarlo como un examen complementario mediante el uso del electrocardiograma; por otra parte,





conocer la funcionalidad del corazón en terneros criados a condiciones de altura en el distrito de San Pablo de la provincia de Canchis - Cuzco, que será útil para otras situaciones que involucran directamente el corazón. Se trazó los siguientes objetivos:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las características y/o parámetros electrocardiográficos en terneros (machos y hembras) de la raza Fleckvieh clínicamente sanas criados en altura.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros electrocardiográficos de la frecuencia, eje eléctrico, amplitud y duración de las ondas electrocardiográficas según sexo y edad en terneros de la raza Fleckvieh clínicamente sanos criados en condiciones de altura.
- Determinar los parámetros electrocardiográficos de los intervalos y segmentos electrocardiográficos según sexo y edad en terneros de la raza Fleckvieh clínicamente sanos criados en condiciones de altura.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL CORAZÓN.

El corazón se encuentra dentro de la cavidad torácica, a nivel del espacio mediastínico medio, el mismo que está cubierto por los pulmones y sostenido por los grandes vasos sanguíneos. Es el órgano muscular, colmado en una película serosa que es el epicardio, rodeado por un tejido fibroso que es el 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 a nivel del endocardio, que está en contacto con la sangre (García-Sacristan, 2018).

El corazón 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 Inter atriales e interventriculares respectivamente. La AD recibe sangre de las venas cavas craneal y caudal, pasándola al VD por medio de la válvula tricúspide, de esta 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, este VI recibe sangre y la expulsa hacia la aorta a través de la válvula aórtica (Coleman y Robson, 2005).

##### 2.1.1. Circulación Coronaria

El corazón de los animales domésticos está irrigado por dos 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), nacen de los senos aórticos por encima de la válvula aortica y



muestran 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 ventrículos 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 irrigación tisular. El corazón tiene 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 esta inervada por ramas del sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático, donde el sistema nervioso autónomo es el encargado de regular la frecuencia de formación intrínseca del impulso, además interviene en la conducción del impulso y tiene influencia sobre la contractibilidad cardíaca, por otra parte los nervios simpáticos emergen de su respectivo ganglio superior simpático torácico e inervan las diferentes zonas del corazón: nodo sinoatrial, región nodal atrio ventricular, haz de His y los ventrículos, es así que la estimulación simpática produce los efectos cronotrópico e inotrópico positivo del corazón (Nelson y Couto, 1999)

Los nervios simpáticos (derecho e izquierdo) que inervan los ventrículos difieren en sus efectos cardiacos en los animales, siendo los que dominan los



nervios simpáticos izquierdos. Las fibras nerviosas simpáticos del lado derecho inervan principalmente la pared anterior ventricular y los nervios simpáticos izquierdos inervan la pared posterior del ventrículo, y 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 principalmente en el nodo atrio ventricular. Los nervios vagos izquierdos y derechos se distribuyen de distinta manera al nodo atrio ventricular. El nervio vago derecho afecta al nodo sinusal, mientras que el nervio vago izquierdo tiene gran influencia sobre el nodo atrio ventricular, 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 del corazón**

El corazón está conformado por fibras musculares con un sistema de conducción bastante coordinado, este sistema consiste en el nódulo sinoatrial (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, por lo que 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 y 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) que también se conoce como 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 aproximadamente, 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, 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 curso del tabique intraventricular, continua con su recorrido a lo largo del septo membranoso hacia la válvula aórtica y se bifurca en la válvula formando la rama derecha e izquierda, por lo que 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, asimismo la rama izquierda pasa a través del lado izquierdo del tabique interventricular justo por debajo de la cúspide de la válvula aórtica y 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 inicio 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, y la última porción que se despolariza es la base del ventrículo; seguidamente viene la repolarización de los ventrículos (Torio, *et al*, 2002; Severin, 1999).

#### **2.1.4. Potencial de acción del musculo cardiaco y el electrocardiograma**

El potencial de acción del tejido miocárdico tiene características muy diferentes al de las fibras neuronales y esqueléticas, ya que es resultado de la entrada y salida de cargas iónicas a través de la membrana celular, esto es por el cambio de polaridad (Guyton y Hall, 2021).

La membrana de la célula del musculo cardiaco es casi similar en muchas formas a otras células, que durante su estadio de reposo se encuentra polarizada ya que el medio interno de la célula es negativo con respecto a la superficie externa que es positivo, la 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 ( $\text{Na}^+$ ) y parcialmente permeable al potasio ( $\text{K}^+$ ) y al cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), por lo que 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 ella, y 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 de las células miocárdicas, da una cantidad que es el potencial de membrana en reposo (PMR) que es de aproximadamente  $-90\text{mV}$ , que se encuentra en la célula miocárdica (Severin, 1999).

El ingreso lento de sodio al interior de la célula miocárdica ayuda a promover la automaticidad por mantenimiento de un potencial de membrana en reposo de menor negatividad ( $-40\text{mV}$ ) en las células marcapaso. La generación de potencial de acción se da en el nodo sinusal y atrio ventricular 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 atrio ventricular, al llegar el estímulo a la célula, se produce un súbito incremento en su permeabilidad al sodio, produciéndose el ingreso rápido de sodio dentro de la célula, causando un cambio en la polaridad de la membrana, luego pasa a despolarizarse, el proceso se esparce rápidamente por todas las fibras musculares sin estimulación adicional (Torio, *et al.*, 2002).

Cuando las células son estimuladas por otra célula aledaña, o por una despolarización espontánea, en este mecanismo se abren canales selectivos en la membrana, que permiten que el sodio ( $\text{Na}^+$ ) y el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) ingresen a la célula, el sodio ingresa por canales rápidos y el calcio a través de canales lentos y algunos 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 es la de repolarización rápida, hay 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 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, retornan los iones de  $K^+$  al interior y los de  $Na^+$  al exterior de la célula con gasto de energía que es el ATP (Guyton y Hall, 2021).

En la despolarización durante las fases 1 y 2 (meseta) una célula no puede ser normalmente despolarizada por otro estímulo, por lo tanto, la célula es refractaria, en esta 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).

En animales mayores, es posible determinar los problemas de conductividad eléctrica del corazón, lo que ayuda a reconocer algunos parámetros electrocardiográficos, después del nacimiento y durante el crecimiento inicial de la cría en que se producen aumentos dependientes de la edad en los intervalos electrocardiográficos y cambios en la orientación del eje eléctrico medio (Mendes, *et al.*, 2001).

La actividad del músculo cardiaco está relacionada con la despolarización de la membrana celular que está conformado por el tejido muscular y con el surgimiento de corrientes eléctricas (DeRoth, 1980), el registro grafico de estas corrientes puede ser posible con el empleo de un electrocardiógrafo, siendo de





importancia para las investigaciones relativas al miocardio, tanto en condiciones fisiológicas como patológicas (Ganong, 2010).

La electrofisiología cardíaca nace desde la célula miocárdica donde cualquier estímulo produce una despolarización que aumenta la permeabilidad de los canales de sodio, que conlleva a que se cambie la polaridad, siendo positiva intracelularmente y negativa extracelularmente, posteriormente vuelve a su polaridad inicial, este proceso se inicia en un punto de la membrana de la célula miocárdica extendiéndose hasta despolarizarla por completo (Klein y Cunningham, 2010).

La utilidad del electrocardiograma en bovinos es clara, pero se debe señalar que los datos clínicos han de acompañarse de conocimientos de las limitaciones electrocardiográficas, ya que la sobre interpretación de un electrocardiograma pueden llevar al diagnóstico de graves cardiopatías sin que existan (Montejo, 2006), el análisis de un electrocardiograma debe seguir un orden lógico y preestablecido con el objetivo de no olvidar ninguna determinación que pueda servir en el diagnóstico. Los aspectos a tener en cuenta son: frecuencia cardíaca, ritmo, onda P, intervalo P-Q o P-R, complejo QRS en duración o anchura y voltaje o altura, intervalo Q-T, segmento S-T, onda T, Onda U y eje cardíaco (Radostis, *et al.*, 1994).

Estudios realizados en bovinos se centraron más en ubicar el vector cardiograma, por lo cual esta ausencia de valores considerados normales, hacen que la interpretación del electrocardiograma sea difícil, lo que conllevaría a extrapolar los valores de otras edades, razas e incluso de especies diferentes, los valores estándar electrocardiográficos son importantes para evitar errores en la interpretación del electrocardiograma, sobre todo cuando esta se basa en los



valores de animales adultos., esta distinción se deriva de las características anatómicas y fisiológicas del corazón de la especie bovina (Montejo, 2006).

La electrocardiografía es una técnica sencilla que puede ser utilizado fácilmente en los vacunos y los resultados podrían ser utilizados como valores de referencia para las evaluaciones clínicas de las enfermedades cardíacas (García-Sacristán, 2021), importantes para el diagnóstico de ritmos cardiacos anormales principalmente los bloqueos cardiacos, la fibrilación atrial y la fibrilación ventricular (Gloobe, 1999).

Para medir la intensidad de las cargas eléctricas se usa micro electrodos para determinar la aparición de distintos potenciales entre el interior celular y la superficie de la membrana, con el protoplasma con carga y la membrana con cargas positivas (Hill y Anderson, 2004), los líquidos corporales, que contienen electrolitos entre ellos el sodio, potasio, calcio y magnesio juegan un papel importante en las fluctuaciones en el potencial durante el ciclo cardiaco originando de esta forma el electrocardiograma (Ganong, 2010).

El electrocardiograma es un voltímetro que capta los voltajes producidos por el corazón, detectables en la superficie corporal (Cunningham, 2003). Se constituye en el registro de las variaciones de potencial eléctrico que experimenta el miocardio en el curso del ciclo cardíaco detectados desde la periferia del cuerpo (Lama Toro, 2004).

El electrocardiograma es un procedimiento sencillo y rápido que registra la actividad eléctrica del corazón que se utiliza para medir el ritmo y la regularidad de los latidos, así como el tamaño y posición de las aurículas y ventrículos, es una técnica no invasiva, de bajo costo que proporciona información útil en la



clasificación de las arritmias el diagnóstico de trastornos de la conducción y también es una valiosa ayuda en las consideraciones pronósticas y terapéuticas de las alteraciones eléctricas y parte hemodinámicas del corazón (Marriot, 2002).

## **2.2. ELECTROCARDIOGRAMA.**

### **2.2.1. Las derivaciones del electrocardiograma.**

La excitabilidad cardiaca se origina en el nódulo sinusal o seno auricular llamado también Keith-Flack, dando origen a que el área auricular del corazón se torne electronegativa, mientras la punta del corazón se mantiene electro positiva dando origen a una corriente eléctrica que circula desde el polo negativo al positivo (Guyton y Hall, 2021). La excitación eléctrica del corazón se propaga por el sistema de conducción, este dipolo formado va cambiando de posición; el polo negativo va bajando junto con la excitación por las distintas partes del músculo cardiaco y en el electrocardiograma la representación de cada porción es representada a través de un elemento gráfico, desde las derivadas bipolares I, II, y III, y las derivadas unipolares avR, avL, avF (Montejo, 2006).

### **2.2.2. Papel para electrocardiograma**

El papel utilizado en la determinación del electrocardiograma es milimetrado, con medidas en sentido horizontal que representan la duración de las ondas y largo de los segmentos o intervalos, se indican en segundos, cada cuadro pequeño equivale a 0,04 segundos, este valor está dado por la velocidad con que se desplaza el papel al producirse el trazado que puede ser de 25 mm/seg. 0.50 mm/seg., es decir en el tiempo de un segundo el papel recorre 25 mm, cinco cuadrados de los grandes, que son equivalentes a 0,20 segundos (Zendejas, 2001; Moreno, 2000).



### 2.2.3. Derivaciones.

En Medicina Veterinaria se han usado varios métodos para realizar el registro electrocardiográfico, el primero y el más extendido lo constituye el método clásico, el cual consta de 12 derivaciones y toma el nombre de las tres primeras derivaciones, estas se obtienen como resultado de la exploración indirecta del corazón desde varios puntos situados en distintos planos, aportando una información amplia del estado de salud del miocardio (Zendejas, 2001). Las primeras tres derivaciones se obtuvieron gracias al resultado del trabajo realizado por Einthoven siendo denominadas derivaciones estándar o derivaciones bipolares ya que son el resultado de la aplicación de los electrodos positivos y negativos y por lo tanto se fundamentan en la concepción de la polaridad, estas son designadas con la letra D y el número de orden (D1, D2 y D3), formando el triángulo de Einthoven, además, se cuenta con las derivaciones unipolares de los miembro anteriores y posteriores siendo estas la derivación unipolar aVR, aVL y aVF y las derivaciones unipolares precordiales V1, V2, V3, V4, V5 y V6 (Montejo, 2006).

El triángulo electrocardiográfico de Einthoven es un triángulo equilátero que presenta el corazón en su centro, se forman por las líneas imaginarias que pasan por las raíces de los miembros anteriores y la región pubiana, los electrodos se ubican en las extremidades por mayor comodidad, los potenciales eléctricos recogidos en estas son idénticos a los obtenidos en los tres puntos del triángulo, cabe indicar que en los animales, aunque se emplea este método a nivel de los pliegues de la axila y los inguinales, cumplen con las exigencias descritas por Einthoven para su triángulo y es por eso que se utiliza este método el cual aporta derivaciones estables (Ganong, 2010).



### 2.2.3.1. Tipos de Derivaciones:

El electrocardiógrafo consta de cuatro electrodos: rojo, amarillo, verde y negro. Forman la derivación D1 la diferencia de potenciales obtenidas con el electrodo rojo (-) y el electrodo amarillo (+). La derivación D2 se forma por la diferencia de potenciales entre el electrodo rojo (-) y el verde (+), la derivación D3 es el resultado de la diferencia de potenciales entre el electrodo amarillo (-) y el verde (+), el electrodo negro sirve como estabilizador del equipo, este electrodo se ubica en la extremidad posterior izquierda, pero puede ser colocado en cualquier parte del cuerpo del animal (Montejo, 2006).

Las siglas con que se designan las derivaciones unipolares de miembro son aVR, aVL y aVF corresponden a la inicial de la palabra Vector y de las palabras inglesas derecho, izquierdo y pierna o pie, se le antepone generalmente la letra “a”, que es la primera letra del vocablo aumento, para señalar que los potenciales eléctricos, en esas derivaciones son ampliados para su mejor observación (Montejo, 2006).

En aVR el electrodo explorador registra potenciales electronegativos que se originan en la base del corazón y cavidades ventriculares, en el aVL y aVF se registran potenciales producidos en las paredes ventriculares, el aVL recibe potenciales muy poderosos de la pared lateral del ventrículo izquierdo (San Roman, 2000). La ubicación del electrodo explorador en cada una de las derivaciones unipolares de miembro es:

- **aVR** Metacarpo de la extremidad anterior derecha.
- **aVL** Metacarpo de la extremidad anterior izquierda.
- **aVF** Metatarso de la extremidad posterior izquierda (Montejo, 2006).



### 2.2.3.2. Colocación de los electrodos en el animal.

#### Método estándar

- **Electrodo rojo:** Pliegue axilar de la extremidad anterior derecha.
- **Electrodo amarillo:** Pliegue axilar de la extremidad anterior izquierda.
- **Electrodo verde:** Pliegue de la babilla de la extremidad posterior izquierda.
- **Electrodo negro:** Pliegue de la babilla de la extremidad posterior derecha. (San Román, 2000).

## 2.3. EL ELECTROCARDIOGRAMA

La actividad del músculo cardiaco está relacionada con la despolarización de la membrana celular que compone el tejido muscular y con el surgimiento de corrientes eléctricas. El registro grafico de estas corrientes es posible con el uso de un electrocardiógrafo, siendo de enorme importancia el registro electrocardiográfico para las investigaciones relativas al miocardio, tanto en condiciones fisiológicas como patológicas (Montejo, 2006), teniendo en cuenta que el electrocardiograma es la herramienta que se usa con más frecuencia para el diagnóstico de las disfunciones eléctricas del corazón (Marriot, 2002).

Las ondas son las distintas curvaturas que toma el trazado del EKG hacia arriba o hacia abajo, son producto de los potenciales de acción que se producen durante la estimulación cardiaca y se repiten de un latido a otro, salvo alteraciones patológicas, mientras que los *intervalos son la porción* del electrocardiograma, medido en segundos que comprende desde el inicio de una onda hasta el comienzo



de otra y el segmento es la fracción del electrocardiograma que solo recoge el tiempo, en segundos, que medida desde el final de una onda y el inicio de otra (Vélez, 2006).

### **2.3.1. Frecuencia cardíaca.**

A través del electrocardiograma se determina la frecuencia cardíaca en un minuto que se realiza en el electrocardiograma realizado a una velocidad de 25 mm/seg. se toma el promedio de las distancias R-R en la DII derivación estándar y DIII derivación Frontal o Sagital en dos ciclos consecutivos (en centésimas de segundos, o sea, contenido los cuadros más pequeños) y se divide entre 60 (segundos en un minuto) entre dicha distancia R-R, de la misma forma se cuentan los cuadraditos pequeños comprendidos entre las ondas RR y esta es dividida de la constante 1500 (Montejo, 2006; San Román, 2000).

### **2.3.2. Ritmo cardíaco**

Lo que se observa es si el electrocardiograma mantiene su ritmo normal, esto se determina apreciando si los intervalos R-R son simétricos, seguidamente debe observarse detenidamente si a cada complejo QRS le antecede la onda P, siempre que esto suceda precisar la distancia existente entre el comienzo de la onda P y la onda Q, precisar el largo de este Intervalo en los ciclos obtenidos, si este intervalo es uniforme y se encuentra dentro de los límites normales, entonces podemos asegurar que el impulso salió del nódulo Keith-Flack o del nódulo sinusal y llegó a los ventrículos en forma normal, de esta manera se puede precisar si hay arritmias o no (Montejo, 2006).



### **2.3.3. Onda P**

En el análisis de las distintas partes de que consta el electrocardiograma, la primera onda que debe identificarse es la P, ya que con esta onda se inicia el ciclo cardiaco, esto es la fase de despolarización a nivel de las aurículas (Montejo, 2006), representa la despolarización y contracción de las aurículas, siendo la primera deflexión hacia arriba que precede al complejo QRS (San Román, 2000).

La onda P puede ser también negativa, por lo que se la considera isoelectrica después de ella hay una breve pausa hasta que el impulso pasa al nódulo aurículo ventricular, permitiéndose así que la sangre pase de la aurícula a los ventrículos. Este período se registra como una línea breve isoelectrica, tanto positiva como negativa, y se denomina Intervalo PR (Natale, 2007).

### **2.3.4. Intervalo P-R.**

El intervalo P-R es el espacio que media entre el inicio de la onda P y el inicio de la onda Q u onda R (cuando Q no aparece). Esta onda expresa el tiempo que tarda el impulso eléctrico en llegar desde el nódulo de Keith-Flack o nódulo sinusal hasta producir la excitación ventricular, por lo tanto, corresponde al tiempo que dura la conducción aurículo - ventricular (Montejo, 2006).

### **2.3.5. Complejo QRS.**

Representa la despolarización y la contracción de los ventrículos derecho e izquierdo, corresponde a la activación ventricular (Montejo, 2006), en la gráfica electrocardiográfica el complejo QRS representa la despolarización ventricular, es decir, la despolarización en el tabique y





ambos ventrículos, que está formado por tres ondas sucesivas, en ellas se valoran el voltaje de las ondas, anchura y forma del complejo (Montejo, 2006, Castellano y Peres, 2004).

#### **2.3.6. Onda Q**

Es la deflexión u onda negativa que precede a la onda R, se produce por la despolarización de la porción apical y del vértice del septo (Montejo, 2006).

#### **2.3.7. Onda R**

Es la deflexión u onda positiva del complejo, la onda R es la deflexión más importante y suele ser positiva en la derivación II. Se origina por la difusión del impulso hacia la superficie de ambos ventrículos (Montejo, 2006).

#### **2.3.8. Onda S**

Es la deflexión u onda negativa que sigue a la onda R, refleja la activación del miocardio en la base de los ventrículos, no ocurre lo mismo con la altura (amplitud) del complejo QRS, que, aunque puede variar mucho entre dos animales, no lo hace el contorno o la forma del complejo (Natale, 2007), siendo la onda más importante del complejo QRS en las derivaciones estándar, representa la propagación de la excitación que ha alcanzado a ambos ventrículos en su totalidad (Montejo, 2006).

#### **2.3.9. Onda T.**

Se caracteriza por el proceso de repolarización o recuperación ventricular y refleja el nivel de los procesos metabólicos ocurridos en el músculo cardíaco después de producida la fase de despolarización,



producción de la excitación y como consecuencia de esto la contracción cardiaca, puede ser tanto positiva como negativa, representa la repolarización y el llenado de los ventrículos (Tilley y Lee, 2000), cabe indicar que las derivaciones de Einthoven normalmente son positivas, pero puede ser negativa que es por alteraciones patológicas de conducción del corazón (Montejo, 2006).

#### **2.3.10. Segmento S-T.**

El segmento S-T junto a la onda T, forman el complejo de la repolarización ventricular, realmente el segmento S-T y la onda T constituyen un complejo (ST-T). Este segmento aporta los elementos necesarios para conocer el estado de las coronarias, la desplazamiento tanto por encima o por debajo de la línea isoeletrica que sean mayores de 1mm muestran alteraciones cardiacas (Montejo, 2006).

#### **2.3.11. Segmento P-R.**

El segmento PR está comprendido en el segmento isoeletrico entre el final de la onda P y el inicio del complejo QRS, está contenido dentro de ella el intervalo PR (San Román, 2000).

#### **2.3.12. Intervalo Q-T.**

Este intervalo comprende desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda T, se incluyen en este intervalo la despolarización y repolarización ventricular, su longitud mantiene estrecha relación con la frecuencia cardiaca (Montoya y Ynaraja, 2007).



### **2.3.13. Intervalo P-R**

Este intervalo está comprendido desde inicio de la P al inicio del QRS, representa el tiempo que tarda el estímulo desde que activa las aurículas hasta que empieza a despolarizar los ventrículos (San Román, 2000).

### **2.3.14. Onda U**

Es una onda que puede aparecer muy tenuemente en algunos casos. Aparece en el intervalo T-P, casi inmediatamente después de la onda T y antes de la onda P, es muy pequeño (Montejo, 2006), sobre su origen todavía no hay nada claro, unos suponen que corresponde a la activación tardía de algunos sectores del miocardio ventricular o debe a la propagación de la excitación a través de los grandes vasos ventriculares (Fregin, 1985).

### **2.3.15. Eje eléctrico**

El eje eléctrico es la dirección de la corriente eléctrica durante la despolarización ventricular, también se conoce como el eje eléctrico medio del ventrículo, ya que es la expresión vectorial media de la onda de despolarización ventricular, aunque puede calcularse cada uno de los ejes correspondientes a la activación auricular, ventricular y de repolarización ventricular, en la práctica es suficiente el cálculo del eje de la onda de despolarización ventricular, el vector resultante con magnitud y dirección de la suma de todos los potenciales de acción generados por las células cardíacas al activarse durante la despolarización del ventrículo, su dirección del eje eléctrico expresa como una desviación del eje en grados de los seis ejes del sistema de referencia (San Roman,2000).

### 2.3.15.1. Cálculo del eje eléctrico:

- a) Otro sistema es el examen de las seis derivaciones para determinar cuál es la derivación más isoelectrica y más pequeña, el eje eléctrico verdadero corre perpendicular a esta derivación isoelectrica, por lo que la derivación perpendicular será el eje eléctrico principal, si esta derivación es positiva, entonces el eje va en dirección hacia el polo positivo de esa derivación, o se buscará la derivación con la deflexión de onda R de mayor voltaje, el electrodo positivo de esta derivación en el sistema hexaxial nos aproxima al eje eléctrico.
- b) Este método es mediante las tablas en las que se representan los distintos valores del eje eléctrico para cada uno de los valores que existan de la semisuma de los complejos QRS en las derivaciones I y II.
- c) Para calcular el Eje Cardíaco de forma rápida y sencilla solo se debe analizar si el complejo QRS presente en las derivaciones DI y aVF es positivo o negativo, si el complejo QRS en ambas derivaciones es positivo entonces el Eje Cardíaco es normal, lo que quiere decir que este se encuentre entre  $-30^\circ$  y  $90^\circ$  grados, para ser más preciso se cuenta las deflexiones positivas y se resta las negativas en la DI y se grafica en el eje hexaxial y de la misma forma se hace en la aVF y se grafica en el eje hexaxial y la intersección de ellas representa el eje eléctrico que se expresa en grados (Montejo, 2006).

Cada porción muscular del corazón tiene su propio vector, resultante a su vez de la suma de los potenciales de acción de las células de esa área del tejido miocárdico, el electrocardiograma es la representación gráfica de los vectores correspondientes a la activación auricular (onda P), y a la activación ventricular,

que dan lugar al complejo QRS; a la recuperación ventricular (onda T); a la recuperación auricular (onda T), la cual no suele verse en el ECG por quedar incluida en el QRS, esta configuración de los complejos representa la posición del corazón y la dirección de la distribución de la despolarización en cada derivación (San Román, 2000).

## 2.4. VALORES ELECTROCARDIOGRÁFICOS EN TERNEROS

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.*, 2003). 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.*, 2003).

**Tabla 1.** Actividad Funcional del corazón en diferentes edades

|                       | Terneros      |           |
|-----------------------|---------------|-----------|
|                       | Hasta 10 días | Novillas  |
| F.C. (min)            | 132±8.5       | 83±2.0    |
| Duración de P-Q (seg) | 0.11±0.1      | 0.19±0.01 |
| Duración de QRS(seg)  | 0.04±0.01     | 0.07±0.01 |
| Duración Q-T          | 0.21±0.01     | 0.30±0.02 |

Fuente: Montejo (2006).

La transmisión del impulso desde las aurículas a los ventrículos, representado en el electrocardiograma por el intervalo P-Q, con la edad tiende a aumentar, de la misma forma sucede con el índice sistólico auricular y el índice sistólico ventricular en los animales que aumentan cuando llegan a ser adultos, podemos concluir que los indicadores electrocardiográficos en el bovino manifiestan sustanciales cambios con la edad y existe tendencia a aumentar (Montejo, 2006).

**Tabla 2.** Comparación de la amplitud (mV) de las ondas del electrocardiograma en bovinos de diferentes categorías

| Derivación | Ondas | Terneras<br>(n=20) | Terneros<br>(n=20) | Novillas<br>(n=40) |
|------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| IH         | P     | -.09 a             | -.06 a             | -.05 a             |
|            | Q     | -.03a              | -.05 b a           | -.09 b             |
|            | R     | .27 b a            | .3 b a             | .26 b              |
|            | T     | -.09 a             | -.09 a             | -.11 b a           |
| IIH        | P     | .1 b a             | .11 a              | .1 b a             |
|            | Q     | .01 b              | .01 b              | .01 b              |
|            | R     | -.36 b             | -.52 c             | -.25 a             |
|            | T     | .22 b              | .28 a              | .12 d c            |
| IIIH       | P     | .14 b c            | .16 b a            | .15 b a            |
|            | Q     | .03 b              | .03 b              | .09 a              |
|            | R     | -.62 c             | -.62 c             | -.47 b a           |
|            | T     | .29 b              | .29 b              | .22 c              |

Fuente: Pompa (2000).

Los datos recopilados del estudio del “Comportamiento del electrocardiograma en bovinos de la raza Holstein a diferentes edades de uno y otro Sexo”; realizado en la Habana-Cuba a 80 m.s.n.m., en el cual se emplearon 150 animales: se encontró que la amplitud de las ondas se modifica con el avance de la edad, pero existe diferencia en el comportamiento de los grupos etarios atendiendo al sexo. Así, mientras que en los machos

las ondas P y la Q alcanzan mayor amplitud en los terneros que en los sementales jóvenes ( $p < 0.05$ ), entre terneras y novillas no se registran diferencias para estas ondas (Pompa y Col, 2001).

**Tabla 3.** Comparación de la duración (seg) de los componentes electrocardiográficos y frecuencia cardíaca (lpm) en bovinos Holstein por edad y sexo.

| Derivación | Ondas | Ternera<br>(n=20) | Ternero<br>(n=20) | Novilla<br>(n=40) |
|------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| II         | P     | .07 c             | .08 b             | .08 b             |
|            | QRS   | .06 c             | .07 b             | .07 b c           |
|            | T     | .09 a             | .09 a             | .08 a             |
|            | PQ    | .08d              | .07 d             | .13 b a           |
|            | ST    | .14 c             | .13 c             | .23 a             |
|            | IPQ   | .14 c             | .14 c             | .21 b             |
|            | IST   | .23 c             | .22 c             | .31 a             |
|            | IQT   | .29 c             | .3 c              | .38 b a           |
|            | IPT   | .43 d             | .44 d             | .59 b a           |
|            | RR    | .65 c             | .69 b c           | .98 a             |
| FC         | .92 a | .87 a b           | .61 c             |                   |

Fuente: Pompa (2000).

De la tabla 3 se desprende que en todas las ondas del electrocardiograma se observan diferencias entre animales de uno y otro sexo ( $P < 0.05$ ), pero las ondas que difieren no son las mismas en los distintos grupos etarios, de modo que no se manifiesta una tendencia definida en este aspecto. La amplitud de las ondas R y T es mayor en los terneros que en las terneras y la de las ondas P y Q es mayor en las novillas; en la duración de los componentes electrocardiográficos, al igual que en la amplitud, se observan diferencias ( $P < 0.05$ ) en cuanto a su comportamiento, en los machos y en las hembras. En los primeros se observan variaciones en los intervalos PQ, ST, QT, TQ, PT y RR, que se incrementan hasta determinada edad, existiendo diferencias en el complejo QRS, en las



hembras la única onda que no experimenta modificaciones es la T; en general se observa un incremento en la duración de todos los componentes electrocardiográficos de terneras a novillas; los intervalos ST, TQ, RR se acortan y el segmento TP alcanza un valor inferior en las terneras. Las diferencias entre uno y otro sexo, para la duración de los distintos componentes de ECG, se manifestaron en todas las categorías. En los terneros se obtuvieron mayores valores de la onda P y el complejo QRS que en las terneras ( $p < 0.05$ ); mientras que en las novillas el segmento TP y el intervalo TQ fue mayor que en los sementales jóvenes ( $p < 0.05$ ) (Pompa y Col, 2001).

Referente a la amplitud de las ondas en machos es mayor que en las hembras que probablemente se deba al volumen corporal de los sementales jóvenes, en comparación con el de los terneros es mayor que el de las novillas en relación a las terneras, y esto parece ser una de las causas por las cuales entre los primeros existen diferencias para las ondas P y Q. No obstante, para la onda R y para la T, las diferencias aparecen tanto en uno como en otro sexo y entre las terneras y los terneros con una masa corporal similar, y la diferente constitución anatómica de cada sexo y a las diferencias en cuanto al sistema de electro conductividad de los tejidos e intensidad de los potenciales eléctricos generados por el corazón de los machos y de las hembras (Pompa, 2000).

Las variaciones de voltaje de las ondas electrocardiográficas han sido asociadas a hipertrofias y a dilatación cardíaca y a modificaciones de la actividad tiroidea, por lo que el aumento de la onda R en adultos y vacas lactantes con respecto a los animales jóvenes puede obedecer a estos factores. Por otra parte, se ha afirmado que el grosor de las paredes libres del ventrículo izquierdo y del septum interventricular se incrementa con el avance de la edad, en general, las diferencias en cuanto a las demandas energéticas y metabólicas parecen influir directamente tanto en la amplitud de las ondas como en la duración de las diferentes porciones del ECG (Pompa y Col, 2001).





En los terneros jóvenes, el eje eléctrico QRS del corazón indica una preponderancia ventricular izquierda, 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 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).

Al evaluar el electrocardiograma de terneros de la raza Holstein en la altura fueron: La Onda P de  $0.02 \pm 0.001$ seg. y  $0.20 \pm 0.023$ mV, a nivel del mar la Onda P fue de  $0.038 \pm 0.01$ seg. y  $0.19 \pm 0.04$ mV. El intervalo RR, se encontró que el ciclo cardiaco es menor en la altura con  $0.34 \pm 0.05$ seg. y mayor a nivel del mar  $0.61 \pm 0.09$ 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  $0.04 \pm 0.01$  s, estos valores son menores a los encontrados a nivel del mar los que



fueron de  $0.13 \pm 0.02$  s y de  $0.016 \pm 0.003$  s. En la contracción, despolarización y contracción de los ventrículos (complejo QRS) en la altura determinan un complejo QRS en terneros con  $0.04 \pm 0.006$  s y de  $1.18 \pm 0.397$  mV. En comparación con los datos obtenidos en terneros a nivel del mar, muestran un QRS con valores de  $0.051 \pm 0.008$  s y  $1.48 \pm 0.01$  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  $0.51 \pm 0.27$  mV y en terneros a nivel del mar, con valores de  $1.08 \pm 0.18$  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).

Se determinó los parámetros electrocardiográficos para los terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, estos parámetros electrocardiográficos se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Parámetros electrocardiográficos del complejo QRS en terneros clínicamente sanos del C.E. Chuquibambilla, según edad y sexo.

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

Mayta, 2021

Entre los 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 terneros y vaquillas, la única diferencia significativa entre los componentes del electrocardiograma fue en la amplitud de onda T (Grupta, *et al.*, 1978).

Comparando los valores de los componentes del ECG neonatal de terneros 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 de los terneros. 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).

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 (Matsui, *et al.*, 2003).

En novillas jersey jóvenes la frecuencia cardíaca calculada a partir de electrocardiogramas osciló entre 59 y 103 lpm, con un promedio de  $79,2 \pm 8,9$  lpm. 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 isoelectrico QRS como máximo en una derivación, siendo así posible evaluar el eje eléctrico de los animales. Por lo tanto, se puede considerar normal para la raza un eje entre  $120$  y  $180^\circ$  y para los datos sobre la duración de las ondas del complejo QRS con promedios de  $0,158 \pm 0,028$  s; mínimo de 0,08 s y máximo de 0,28 s. (Rodrigo, *et al.*, 2014).

La edad y el sexo sobre los parámetros electrocardiográficos en bovinos Holstein, que utilizaron 150 animales según edad y sexo. Los resultados reflejan que la tensión eléctrica de las ondas se modifica con el avance de la edad, pero el comportamiento es diferente cuando comparamos animales de uno y otro sexo. Las ondas R y T son más altas en terneros (0,83 y 0,38 [mV]) que en terneras (0,62 y 0,29 [mV]) y las ondas P y Q son más altas en novillas (0,13 y 0,09 [mV]) que en terneras. reproductoras jóvenes (0.10 y



0.02 [mV]), mientras que la onda P tiene valores mayores en reproductoras adultas (0.02 [mV]). 17 [mV]) que en vacas lecheras (0,12 mV). En la duración de los componentes electrocardiográficos observamos diferencias entre uno y otro sexo. Concluimos que se producen modificaciones en la amplitud de las ondas y en la duración de los componentes del ECG con el avance de la edad. También en los animales machos, el comportamiento es diferente al de las hembras (Pompa et al, 2001).



## CAPITULO III

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de San Pablo, es uno de los ocho distritos de la provincia de Canchis, ubicada en el departamento de Cusco, bajo la administración el Gobierno Regional del Cuzco. Limita por el norte con el distrito de Checacupe, por el sur con el distrito de Sicuani, por el este con el distrito de Nuñoa y por el oeste con los distritos de San Pedro, Combapata y Yanaoca. Está ubicado a 3,466 de altitud. Con una superficie de 524,06 km<sup>2</sup> cuyas coordenadas geográficas son con una Latitud: -14.2019, Longitud: -71.3147 14° 12' 7" Sur, 71° 18' 53" Oeste (SENAMHI, 2018)

#### 3.2. EQUIPOS Y MATERIALES

##### 3.2.1. El Equipo de examen clínico:

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

##### 3.2.2. Equipo electrocardiográfico:

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

##### 3.2.3. El Material clínico:

- Alcohol.
- Gel.

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

### 3.3. DE LOS ANIMALES

Por tratarse de un estudio descriptivo, cuantitativo y analítico, del electrocardiograma en terneros de la raza Fleckvieh, el tamaño muestral fue por conveniencia de 20 terneros que se mostraron clínicamente sanos.

Se utilizaron 20 terneros de la raza Fleckvieh, de los cuales 10 animales fueron hembras y 10 machos, comprendidas entre los 3 y los 6 meses clínicamente sanos, los cuales fueron distribuidos de la siguiente forma:

**Tabla 5.** Distribución de los animales de experimentación.

| Animales | Edad    |         | Total |
|----------|---------|---------|-------|
|          | 3 meses | 6 meses |       |
| Hembras  | 05      | 05      | 10    |
| Machos   | 05      | 05      | 10    |
| Total    | 10      | 10      | 20    |

#### 3.3.1. Evaluación Clínica de los animales.

Se realizó la evaluación clínica de los animales, a fin de que estos animales que se sometieron al estudio electrocardiográfico fueron clínicamente sanos, para los cual se puso énfasis en los sistemas cardiovascular, respiratorio, digestivo y renal.

#### 3.3.2. Criterios de inclusión:

- Animales de la raza Fleckvieh criados en altura
- Edad de los terneros (machos y hembras) comprendidos entre 3 a 6 meses.
- Que sean clínicamente sanos



### 3.3.3. Criterios de exclusión.

- Animales de la raza Fleckvieh que no sean criados en altura.
- Edad que no estén comprendidos entre los 3 y 6 meses de edad.
- Animales que no sean clínicamente sanos
- Animales que sean de otras razas.

### 3.4. FASE EXPERIMENTAL

Los animales seleccionados fueron sometidos a las siguientes consideraciones experimentales:

- Se sujetó al animal en posición de pie inmovilizándolos manualmente, y se ha de esperar por lo menos entre 20 a 25 minutos hasta que el animal se tranquilice.
- Se colocó las pinzas eléctricas adaptadas en los pliegues de las axilas y las babillas respectivamente de los 4 miembros.
- Se procedió a realizar el humedecimiento de las pinzas en el lugar de contacto mediante el uso del atomizador con alcohol.
- Se conectó los terminales de los electrodos del electrocardiógrafo en cada pinza siguiendo el código internacional de colores.
- **Electrodo rojo** : Pliegue de la axila de la extremidad anterior derecha.
- **Electrodo amarillo** : Pliegue de la axila de la extremidad anterior izquierda.
- **Electrodo verde** : Pliegue de la babilla de la extremidad posterior izquierda.
- **Electrodo negro** : Pliegue de la babilla de la extremidad posterior derecha.



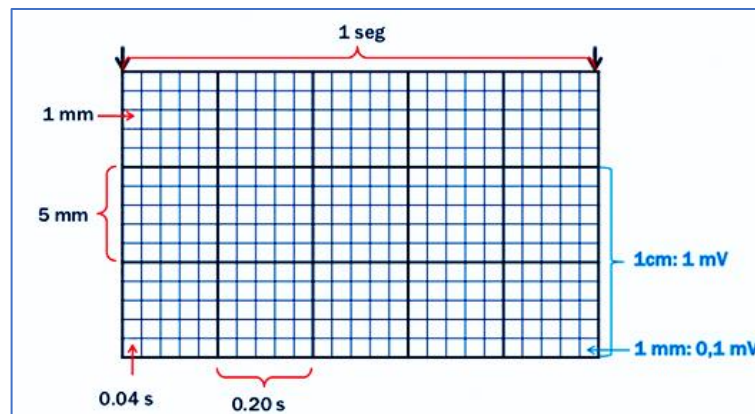
El electrocardiógrafo estuvo a una velocidad de 25mm/seg. a una sensibilidad de 1mV/10mm. Se comenzó el registro electrocardiográfico en modo manual de las derivaciones DI, DII, DIII, aVL, aVR, aVF; cada una por 6 segundos; seguidamente se soltaron las pinzas y se procedió a liberar al animal terminando con el registro (Pompa y Col, 2001).



**Figura 1.** Colocación de electrodos en el ternero



**Figura 2.** Electrocardiograma calibrado a 25 mm por segundo y 10 mv.



**Figura 3.** Papel milimetrado para electrocardiograma

### 3.4.1. Procedimiento de determinación de la frecuencia cardiaca.

Para el cálculo de la frecuencia cardiaca se tuvo en cuenta el promedio de las distancias R-R en la derivación II y en la derivación III, en dos ciclos consecutivos (en centésimas de segundos) y procediendo a dividir 1500 entre el número de cuadraditos entre R y R (Montejo,2006).



**Figura 4.** Frecuencia cardiaca

### 3.4.2. Procedimiento de determinación del ritmo cardiaco.

Se analizó el ritmo cardiaco normal destacando intervalos R-R asimétricos en más de un 20%, seguidamente se observó detenidamente si a cada complejo QRS le antecedía la onda P, siempre que esto sucedió se precisó la distancia existente entre el comienzo de la onda P y la onda Q. Si este intervalo es uniforme, entonces se procedió a asegurar que el impulso salió del nódulo sino auricular y luego a los ventrículos (Montejo, 2006).

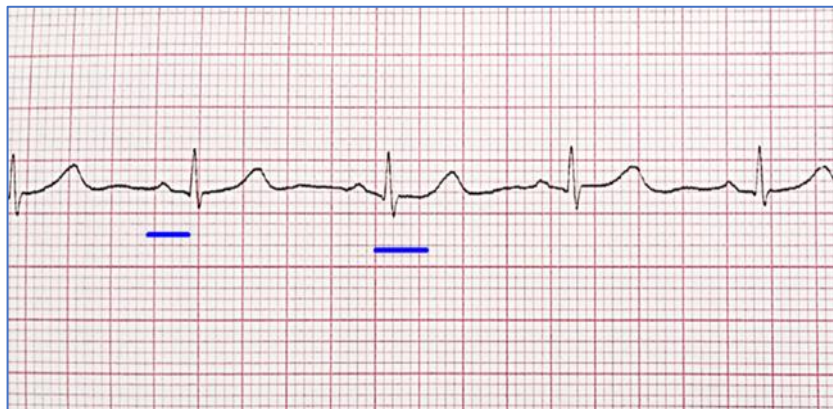


**Figura 5.** Ritmo cardiaco

### 3.4.3. Medición de las ondas, segmentos e intervalos.

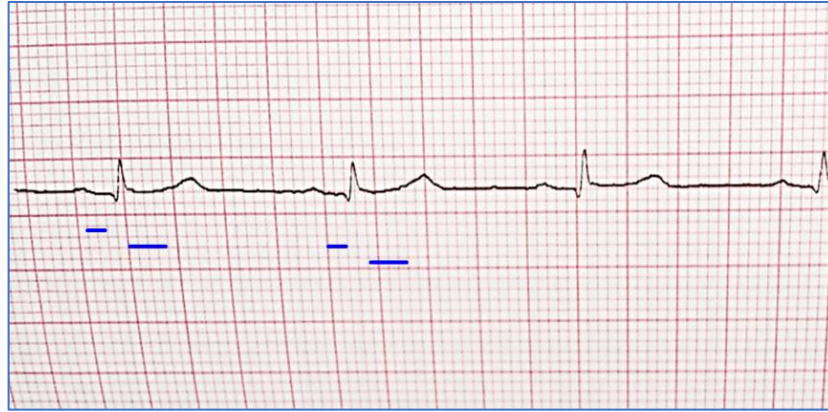
Se midieron los parámetros mensurables, en duración y amplitud de las ondas electrocardiográficas. Los parámetros electrocardiográficos de los terneros de la raza Fleckvieh considerados fueron:

- Duración de las ondas P,QRS y T.
- Amplitud de las ondas P,QRS y T.
- Valor de los segmentos PR y ST.
- Valor de los intervalos P-R, Q-T. (Montejo,2006).



**Figura 6.** Intervalos PR y QT

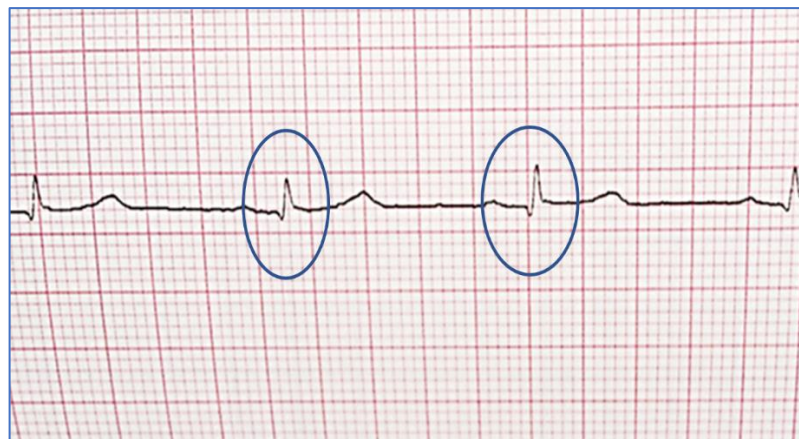




**Figura 7.** Segmentos PR y ST

Se midió en el trazado, el orden de aparición las ondas:

- Onda P: duración, amplitud.
- Onda QRS: duración y amplitud.
- Segmento PR: duración.
- Intervalo PR: duración.
- Segmento ST: duración.
- Intervalo QT: duración.
- Onda T: duración, amplitud (Montejo,2006).

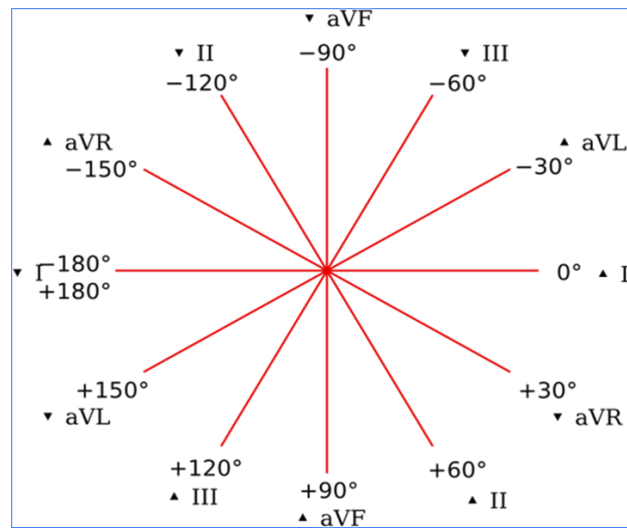


**Figura 8.** Complejo QRS

#### 3.4.4. 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.



**Figura 9.** Eje hexaxial

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En el estudio de la determinación de las características electrocardiográficas en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura, fue conducido mediante un diseño completo al azar, bajo un arreglo factorial de 2 x 2 (sexo y edad), el modelo aditivo lineal fue el siguiente:

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

Donde:

- I = 02 (sexos: macho y hembra)
- J = 02 (edades de 3 y 6 meses)
- $\mu$  = promedio general
- $A_i$  = efecto del estado 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 se recurrió a las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (error estándar e intervalo de confianza).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. VALORES DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE LA FRECUENCIA, AMPLITUD Y DURACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROCARDIOGRÁFICAS

**Tabla 6.** Valores electrocardiográficos de la frecuencia cardiaca y ritmo en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo              | Edad en meses | Media  | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al<br>95% |                    |
|-------------------------|-------------------|---------------|--------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                         |                   |               |        |                    | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Frecuencia.             | Hembra            | 3             | 88,600 | 3,43511            | 84,078                           | 93,122             |
|                         |                   | 6             | 81,600 | 5,22494            | 77,078                           | 86,122             |
| Ritmo.                  | Sinusal y rítmico |               |        |                    |                                  |                    |
| Frecuencia.             | Macho             | 3             | 87,200 | 5,26308            | 82,678                           | 91,722             |
|                         |                   | 6             | 82,200 | 4,91935            | 77,678                           | 86,722             |
| Ritmo.                  | Sinusal y rítmico |               |        |                    |                                  |                    |

Los valores de la frecuencia cardiaca en terneros de la raza Fleckvieh, muestran valores ligeramente superiores en las terneras de 3 meses en relación a las de 6 meses hembras y machos respectivamente, que llevado al análisis estadístico se observó que existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la edad, así mismo se obtuvo diferencia no significativa ( $P \geq 0.05$ ) para el sexo, y para la intersección sexo por edad no mostramos diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ).

Mediante el electrocardiograma se determinó la frecuencia cardiaca en un minuto que se realizó en el electrocardiograma a una velocidad de 25 mm/seg. se tomó el



promedio de las distancias R-R en la DII derivación estándar y DIII en un plano frontal tal como manifiesta Montejo, 2006; San Román, (2000), el sistema nervioso autónomo es el encargado de regular la frecuencia de formación interna de los impulsos, e interviene en la conducción del impulso cardíaco y tiene influencia sobre la contractibilidad cardíaca, tal como lo manifiesta Nelson y Couto, (1999), es por ello que se debe tener en cuenta en la frecuencia cardíaca, el ritmo, la onda P, intervalo P-Q o P-R, complejo QRS en duración o anchura y voltaje o altura, de acuerdo a lo que recomienda Radostis, *et al*, (1994), es así que Montejo, (2006), muestra valores de  $132 \pm 8.5$  lpm en terneros nacidos de hasta de 10 meses y en novillas muestra valores de  $83 \pm 2.0$ , este último es similar a lo obtenido en este trabajo de investigación.

Por otra parte, según lo que reporta Pompa, (2000), muestra 92 lpm para las terneras, seguido de 87 lpm para los terneros y en novillas reporta 61 lpm, datos muy similares a los encontrados en los terneros de la raza Fleckvieh criados en condiciones de altura, puesto que el nódulo sinusal gobierna y origina el automatismo cardíaco, que se ve reflejado en la frecuencia cardíaca que son los latidos cardíacos generados en un minuto tal como indica Severin, (1999); Sanchez y Yen, (2003); a diferencia de lo hallado por Mayta, (2001), quien mostro valores de  $105.5 \pm 4.710$  para terneros machos y de  $107,500 \pm 4,710$  para terneras de la raza *Brown Swiss* del centro experimental Chuquibambilla criados en altura, mostrando diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para esta variable, datos superiores a los hallados en el trabajo de investigación que probablemente se deba a la raza,

Así mismo en novillas jersey jóvenes la frecuencia cardíaca calculada a partir de electrocardiogramas osciló entre 59 y 103 lpm, con un promedio de  $79,2 \pm 8,9$  lpm. y las variación de la frecuencia cardíaca puede ser normal entre las razas de ganado y también puede verse influenciada por la edad como lo manifiesta Rodrigo, *et al.*, (2014),





coincidimos con los valores hallados por este autor, puesto que conforme avanza la edad de los animales se observa que hay diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la edad en los terneros de la raza Fleckvieh, por lo que es importante destacar que la edad es un factor importante en las variaciones de los principales valores de la actividad funcional del corazón, teniendo en cuenta que el electrocardiograma es la herramienta que se usa con más frecuencia para el diagnóstico de las disfunciones eléctricas del corazón (Marriot, 2002), en novillas jersey jóvenes la frecuencia cardíaca calculada a partir de electrocardiogramas osciló entre 59 y 103 lpm, con un promedio de  $79,2 \pm 8,9$  lpm. la variación de la frecuencia cardíaca puede ser normal entre las razas de ganado y también puede verse influenciada por la edad tal como reporta Rodrigo, *et al.*, (2014), que estos valores están dentro los hallados para los terneros que se sometieron a estudio.

Los resultados del trabajo de investigación realizado en terneros de la raza Fleckvieh serán utilizados como valores de referencia para las evaluaciones clínicas de las enfermedades cardíacas que pudieran presentarse en vacunos tal como lo indica García - Sacristan, (1998), estos datos serán importantes como referencia para el diagnóstico de ritmos cardiacos anormales, estando de acuerdo con Gloobe, (1989), que frente a este hecho el 100% de los terneros sometidos a estudio mostraron tener una frecuencia cardíaca rítmica en vista que las complejo QRS le antecede una onda P, el cual indica que el ritmo cardiaco fue sinusal, ya que la excitabilidad se origina en el nódulo sinusal o seno auricular llamado también Keith-Flack, el cual da origen a que el área auricular del corazón se torne electronegativa, mientras la punta del corazón se mantiene electro positiva dando origen a una corriente eléctrica que circula desde el polo negativo al positivo estando de acuerdo con lo que nos manifiesta Guyton y Hall, (2021), hay que indicar que de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, la

electrocardiografía constituyo una técnica sencilla que fue utilizado fácilmente en los terneros de la raza Fleckvieh.

**Tabla 7.** Valores electrocardiográficos del eje eléctrico en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en<br>meses | Media   | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al<br>95% |                    |
|-------------------------|--------|------------------|---------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                         |        |                  |         |                    | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Eje eléctrico           | Hembra | 3                | 103,800 | 4,32435            | 100,695                          | 106,905            |
|                         |        | 6                | 101,000 | 3,31662            | 97,895                           | 104,105            |
|                         | Macho  | 3                | 107,800 | 2,38747            | 104,695                          | 110,905            |
|                         |        | 6                | 101,000 | 2,73861            | 97,895                           | 104,105            |

El eje eléctrico del corazón muestra resultados que se obtuvieron en todos los casos dirigidos a la derecha que se encontraron entre  $103.8 \pm 4.324$  y  $107 \pm 2.387$  grados, eso indica que el eje eléctrico muestra la dirección de la corriente eléctrica durante la despolarización ventricular en los terneros Fleckvieh criados en condiciones de altura, también se conoce como el eje eléctrico medio del ventrículo, ya que es la expresión vectorial media de la onda de despolarización ventricular estando de acuerdo con lo que indica San Román, (2000). Los datos obtenidos del eje eléctrico del corazón y llevados al análisis estadístico se muestran que se presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el sexo, la edad y la intersección sexo por edad.

Cabe indicar que de los resultados obtenidos en terneros de la raza Fleckvieh, en animales mayores, después del nacimiento y durante el crecimiento inicial de la cría, se producen aumentos dependientes de la edad en los intervalos electrocardiográficos y cambios en la orientación del eje eléctrico medio tal como manifiesta Mendes y Col, (2001), estando de acuerdo con este autor ya que en el estudio se obtuvo diferencia



significativa para la edad en cuanto se refiere al eje eléctrico, esta diferencia significativa probablemente se debe a las condiciones de crianza en altura de la raza Fleckvieh y la adaptabilidad de los animales en esta zona como es el distrito de Sam Pablo de Sicuani – Cusco, se deduce que conforme va aumentando la edad la dirección del proceso de despolarización depende de la edad, hay que destacar que el sexo también hace que haya variación en la dirección del proceso de la conductibilidad eléctrica tal como se obtuvo en este trabajo de investigación, en estudios realizados 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, por lo que contribuye con valores de referencia de vacas Holstein para evaluaciones clínicas tal como lo manifiesta Cedeno, (2016), hay que indicar que la dirección del eje eléctrico obtenida en este trabajo realizado en terneros de la C de 3 y 6 meses de edad, muestra valores que expresa desviación del eje cardiaco en grados en los seis ejes del sistema de referencia, esta variación depende de la edad, estando de acuerdo con lo que indica San Román, (2000), por ello el estudio del electrocardiograma debe ser sistemática y minuciosa.

Por otra parte en los terneros jóvenes, el eje eléctrico del corazón indica una preponderancia ventricular izquierda, es así que 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, como el corazón también está creciendo, debe haber un aumento considerable de la tasa de conducción y de la masa del músculo cardíaco, estando de acuerdo con lo que manifiestan Pessoa, *et al.*, (2014); Lucas De Oliveira, Carmo y Ferreira, (2008), ya que el eje eléctrico tuvo incremento hacia el lado positivo conforme aumenta la edad de los terneros de la raza Fleckvieh. El eje cardiaco se encuentra angulado hacia la izquierda; se obtuvieron valores de  $-120.1^{\circ} \pm 7.30^{\circ}$  estos a comparación de los datos encontrados a nivel del mar que fueron de  $63.7^{\circ} \pm 3.02^{\circ}$



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 variaciones en las características anatómicas y fisiológicas del corazón del bovino de acuerdo a lo que manifiesta Begazo, *et al.*, (2017), no estando de acuerdo con este autor en vista que el eje eléctrico obtenido de  $-120.1 \pm 7.30$  son valores que se encuentran en la zona indeterminada del sistema hexaxial del electrocardiograma y eso se presenta en alteraciones cardiacas, a diferencia de Rodrigo, *et al.*, (2014), que el eje eléctrico que fue calculado en la mayoría de los animales (72%, 31/50) presentaron un eje medio de  $+121^\circ$  a  $+180^\circ$  datos similares a los encontrados en los terneros que se sometieron a estudio, de la misma forma Mayta, (2021) halló valores entre  $109,500 \pm 8,288$  y  $67,000 \pm 8,288$  grados para terneros de 3 y 6 meses de la raza *Brown Swiss*, datos que también se encuentran dentro los hallados en el presente estudio.

**Tabla 8.** Valores electrocardiográficos de la onda P en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en<br>meses | Media | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al |                    |
|-------------------------|--------|------------------|-------|--------------------|---------------------------|--------------------|
|                         |        |                  |       |                    | 95%                       |                    |
|                         |        |                  |       |                    | Límite<br>inferior        | Límite<br>superior |
| P Seg.                  | Hembra | 3                | 0,056 | 0,032863           | 0,030                     | 0,082              |
|                         |        | 6                | 0,048 | 0,030332           | 0,022                     | 0,074              |
|                         | Macho  | 3                | 0,064 | 0,021909           | 0,038                     | 0,090              |
|                         |        | 6                | 0,040 | 0,024495           | 0,014                     | 0,066              |
| P mV.                   | Hembra | 3                | 0,120 | 0,027386           | 0,088                     | 0,152              |
|                         |        | 6                | 0,140 | 0,041833           | 0,108                     | 0,172              |
|                         | Macho  | 3                | 0,120 | 0,027386           | 0,088                     | 0,152              |
|                         |        | 6                | 0,150 | 0,035355           | 0,118                     | 0,182              |

Los valores hallados para la onda P en los terneros de la raza Fleckvieh criados en condiciones de altura, representan la contracción auricular que en todos los casos fueron positivos, es decir que las deflexiones fueron positivas, que mostraron valores de 0.120 a 0.140 mV para hembras de 3 a 6 meses respectivamente, así mismo se muestra que el tiempo de duración de las ondas P en segundos fue mayor en los terneros de 3 meses frente a los de 6. Estos valores representan los parámetros para la onda P en los animales en estudio; llevado al análisis estadístico los valores de las ondas P, mostró no ser significativos ( $P \geq 0.05$ ) para la variable sexo y la intersección sexo por edad, para la duración de la onda P, pero si fue significativo ( $P \leq 0.05$ ) para el sexo. De la misma forma se encontró solamente diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la variable sexo en lo que respecta a la amplitud de la onda P expresada mV.



De acuerdo a los resultados obtenidos 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 y es por el cambio de polaridad, estando de acuerdo con lo que indican Guyton y Hall, (2021), que se inicia en el nódulo sinusal el cual representa la onda P en el electrocardiograma, por lo tanto la electrofisiología cardíaca nace desde la célula miocárdica que produce la despolarización que aumenta la permeabilidad de los canales de sodio, que conlleva a que se cambie la polaridad, siendo positiva intracelularmente y negativa extra celularmente tal como manifiesta Klein y Cunningham, (2010), esta característica se observó en los animales que se sometieron a estudio criados en condiciones de altura.

Natale, (2007) manifiesta que algunas ondas P pueden ser negativas, por lo que se la considera que puede haber algún patología en el nódulo sinusal, que de acuerdo a los resultados obtenidos en ninguno de los casos se dio esta alteración, y el electrocardiograma es la representación gráfica de los vectores correspondientes a la activación auricular de la onda P, estando de acuerdo con San Román, (2000), En los terneros se obtuvieron mayores valores de la onda P que en las terneras ( $P < 0.05$ ); ( $P < 0.05$ ) tal como manifiesta Pompa y Col, (2000), que este autor concluye que se producen modificaciones en la amplitud de las ondas P con el avance de la edad y en los animales machos, el comportamiento es diferente al de las hembras, estando de acuerdo con este autor, ya que los terneros de la raza Fleckvieh mostraron esta característica, y referente a la duración de la onda P, se tiene a Pompa, (2000), quien reporta valores de 0.07 seg, para terneras, de 0.08 seg, para terneros y de 0.08 seg, para novillas datos muy cercanos a los encontrados en los terneros que se sometieron al estudio electrocardiográfico, que están de acorde con lo reportado por Begazo, *et al.*, (2017), con valores para la onda P de  $0.02 \pm 0.001$ seg. y  $0.20 \pm 0.023$ mV, para terneros de la raza

Holstein en altura y a nivel del mar que fue de  $0.038 \pm 0.01$ seg. y  $0.19 \pm 0.04$ mV, datos ligeramente similares a los hallados en terneros de la raza Fleckvieh, que probablemente se deba al factor raza, que muestran una mejor amplitud y duración de las ondas P en terneros de esta raza sometidos a estudio.

**Tabla 9.** Valores electrocardiográficos de complejo QRS en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en<br>meses | Media  | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al<br>95% |                    |
|-------------------------|--------|------------------|--------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                         |        |                  |        |                    | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
|                         |        |                  |        |                    | QRS complejo en<br>seg.          | Hembra             |
|                         |        | 6                | 0,038  | 0,010954           | 0,028                            | 0,048              |
|                         | Macho  | 3                | 0,034  | 0,008944           | 0,024                            | 0,044              |
|                         |        | 6                | 0,036  | 0,011402           | 0,026                            | 0,046              |
| Q mV.                   | Hembra | 3                | -0,080 | 0,067082           | -0,037                           | -0,123             |
|                         |        | 6                | -0,060 | 0,041833           | -0,017                           | -0,103             |
|                         | Macho  | 3                | -0,024 | 0,024083           | -0,019                           | -0,067             |
|                         |        | 6                | -0,062 | 0,038987           | -0,019                           | -0,105             |
| R mV.                   | Hembra | 3                | 0,470  | 0,148324           | 0,356                            | 0,584              |
|                         |        | 6                | 0,500  | 0,136931           | 0,386                            | 0,614              |
|                         | Macho  | 3                | 0,460  | 0,119373           | 0,346                            | 0,574              |
|                         |        | 6                | 0,580  | 0,057009           | 0,466                            | 0,694              |
| S. mV.                  | Hembra | 3                | -0,110 | 0,041833           | -0,067                           | -0,153             |
|                         |        | 6                | -0,160 | 0,041833           | -0,117                           | -0,203             |
|                         | Macho  | 3                | -0,090 | 0,054772           | -0,047                           | -0,133             |
|                         |        | 6                | -0,160 | 0,041833           | -0,117                           | -0,203             |



Se muestra los valores electrocardiográficos del complejo QRS expresado en segundos y los valores de las deflexiones Q, R, y S expresada en mV. Que referente a la duración del complejo QRS expresado en segundos fue muy similares en los terneros machos y hembras de 3 a 6. Cabe indicar que la onda Q mostró deflexiones negativas en todos los terneros, con valores de -0,080 para las hembras de 3 meses y de -0,024 para los terneros machos de 3 meses. En cuanto se refiere a la onda R mostraron deflexiones positivas mayores en hembras de 6 meses con 0.50 mV y de 0.58 para los machos de 6 meses, siendo mayores a los de 3 meses. En las ondas S se mostraron deflexiones negativas que fueron de -0.160 para los terneros de 6 meses machos y hembras, datos mayores que los terneros de 3 meses. Estos datos llevados al análisis estadístico el complejo QRS mostro tener diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la edad; referente a la onda Q muestra tener significancia ( $P \leq 0.05$ ) para el el sexo y la interacción sexo por edad, en cuanto a la onda R muestra ser significativo ( $P \leq 0.05$ ) para el sexo y la interacción sexo por edad; y para la onda S muestra diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la edad.

El electrocardiograma en bovinos es claro, los datos clínicos se acompañan de conocimientos del electrocardiograma, estando de acuerdo con Montejo, (2006), puesto que los aspectos a tener en cuenta del complejo QRS son valores que solamente se refiere a la duración en segundos en la interpretación electrocardiográfica tal como lo menciona Radostis, *et al*, (1994), para luego interpretarlas separadamente las deflexiones de este complejo QRS. Es así que en los terneros de la raza Fleckvieh se obtuvo valores en segundos que representan los parámetros en los animales criados en condiciones de altura, este complejo QRS representa la despolarización y la contracción ventricular derecho e izquierdo, tal como lo menciona Montejo, (2006), en si este complejo representa la despolarización ventricular, es decir, la despolarización en el tabique y





ambos ventrículos. Está formado por tres ondas sucesivas, en ellas se valoran la anchura y forma del complejo de acuerdo a lo que indica Montejo, (2006), Castellano y Peres, (2004).

Cabe indicar que no ocurre lo mismo con la altura (amplitud) del complejo QRS, que, aunque puede variar mucho entre los animales, no lo hace el contorno o la forma del complejo, estando de acuerdo con lo que manifiesta Natale, (2007), siendo la onda presente del complejo QRS en las derivaciones estándar, el mismo que representa la propagación de la excitación que ha alcanzado a ambos ventrículos en su totalidad, eso mismo lo manifiesta Montejo, (2006), este autor indica que la edad es un factor importante en las variaciones del complejo QRS tal como se obtuvo en los terneros sometidos a investigación, donde la edad influye en la duración del complejo QRS, Pompa, (2000) reporto valores de 0.06, 0.07, y 0.07 seg, para las terneras, terneros y novillas respectivamente, datos ligeramente superiores a los encontrados en los terneros sometidos a estudio, esto probablemente se deba al factor raza y condición de altura ya que este autor hizo el estudio en animales Holstein, así mismo Pompa *et al*, (2001) mostro que en los terneros se obtuvieron mayores valores en el complejo QRS que en las terneras ( $p < 0.05$ ), datos que están dentro de los hallados en este estudio, habiéndose encontrado diferencia significativa para el factor edad referente al complejo QRS.

En el complejo QRS en terneros de altura mostro valores de  $0.04 \pm 0.006$  seg, y a nivel del mar con valores de  $0.051 \pm 0.008$  seg, valores reportados por Begazo, *et al.*, (2017), los valores en terneros de la raza *Brown Swiss* criados en altura se asemejan ligeramente a lo obtenido en el estudio electrocardiográfico en terneros de la raza Fleckvieh, esta ligera diferencia se atribuye al factor raza, en la que los terneros de la raza Fleckvieh tienen mejor fuerza de contracción que los terneros de la raza Brown Swiss, que referente a los mencionado por Mayta, (2021), muestra valores de



0.750±0,110, 0,085±0 para terneros machos y hembras respectivamente, así mismo muestra valores de 0,070±0,110 y 0,090±0,110 para terneros de 3 y 6 meses de edad en la raza Brown Swiss, valores muy cercanos a los encontrados en los terneros sometidos a estudio, estando de acuerdo con lo que manifiesta Matsui, *et al.*, (2003), que 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, habiéndose obtenido en novillas de la raza Jersey sobre la duración de las ondas del complejo QRS con promedios de  $0,158 \pm 0,028$  s; mínimo de 0,08 s y máximo de 0,28 s. , estudio realizado por Rodrigo, *et al.*, 2014, valores que están acorde con los hallados en los terneros sometidos a estudio.

En cuanto se refiere a la deflexión de la onda Q esta viene a constituir una onda negativa que precede a la onda R, que se produce por la despolarización de la porción apical y del vértice del septo ventricular tal como lo manifiesta Montejo, (2006), y según el estudio realizado por Cedeno, (2016) muestra diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en vacunos según el sexos para la amplitud de la onda Q, este estudio incorporó a los terneros y vacas Holstein en un solo estudio ,se demostró que, con el aumento de la edad, hay cambios en los componentes del ECG, acertamos con estos resultados ya que los terneros sometidos a estudio muestra diferencia significativa para la condición edad, cabe indicar que en todos los casos se presentó deflexión negativa, esta es una condición en un corazón fisiológicamente sano tal como lo manifiesta Cedeno, (2016); Pompa, *et al.*; (2001). 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, hallando valores para la onda Q en los machos que fue mayor que la de las hembras ( $P < 0.05$ ) según el reporte de Montejo, (2006), esta característica también



se observó en los terneros que se sometieron a estudio, a pesar que son criados en altura muestran esta misma característica de la misma forma Mayta, (2021) encontró deflexiones negativas en la onda Q en los terneros de la raza Brown Swiss,

Referente a la onda R, esta constituye una deflexión u onda positiva del complejo QRS, por lo que esta onda R es la deflexión más importante y suele ser positiva en la derivación II, que se origina por la difusión del impulso hacia la superficie de ambos ventrículos estando de acuerdo con lo que indica Montejo, (2006), para la onda R, las diferencias aparecen entre las terneras y los terneros con una masa corporal similar, y la diferente constitución anatómica de cada sexo y a las diferencias en cuanto al sistema de electro conductividad de los tejidos e intensidad de los potenciales eléctricos generados por el corazón de los machos y de las hembras (Pompa, 2000), que se atribuye a La diferente intensidad metabólica en función del crecimiento es otro factor a tener en consideración, pues se ha observado que tanto la hormona del crecimiento como la tiroxina ejercen un marcado efecto sobre la actividad cardiaca, estando de acuerdo con Pompa y Col, (2001), es así que La onda R, en terneros en la altura, mostraron datos de  $0.51 \pm 0.27$  mV y en terneros a nivel del mar, con valores de  $1.08 \pm 0.18$  mV. el valor de la onda R es positiva manifestado por Begazo, *et al.*, (2017), que comparando con los terneros que se sometieron a estudio mostraron valores muy similares a los hallados para los terneros de la raza Holstein criados en altura.

En cuanto a la onda S, esta muestra una deflexión u onda negativa que sigue a la onda R, que refleja la activación del miocardio en la base de los ventrículos, o de acuerdo a lo manifestado por Natale, (2007), esta onda es importante del complejo QRS en las derivaciones estándar por que representa la propagación de la excitación que ha alcanzado a ambos ventrículos en su totalidad, estando de acuerdo con lo que manifiesta Montejo, (2006), Mayta, (2021) encontró valores negativos para los terneros criados en

altura de la raza Brown Swiss,  $-0.277 \pm 0.143$ ,  $-0,625 \pm 0,143$  para machos y hembras y con valores de  $-0,525 \pm 0,143$ , y  $-0,378 \pm 0,143$  para los terneros de 3 y 6 meses de edad respectivamente, estos valores se asemejan a los obtenidos en terneros de la raza Fleckvieh, que estos valores se considera dentro de los parámetros electrocardiográficos obtenidos para estos terneros criado en condiciones de altura.

**Tabla 10.** Valores electrocardiográficos de la onda T en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en<br>meses | Media | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al<br>95% |                    |
|-------------------------|--------|------------------|-------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                         |        |                  |       |                    | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Onda T seg.             | Hembra | 3                | 0,064 | 0,032863           | 0,028                            | 0,100              |
|                         |        | 6                | 0,056 | 0,043359           | 0,020                            | 0,092              |
|                         | Macho  | 3                | 0,068 | 0,046043           | 0,032                            | 0,104              |
|                         |        | 6                | 0,038 | 0,026833           | 0,002                            | 0,074              |
| Onda T mV               | Hembra | 3                | 0,150 | 0,070711           | 0,065                            | 0,235              |
|                         |        | 6                | 0,180 | 0,103682           | 0,095                            | 0,265              |
|                         | Macho  | 3                | 0,160 | 0,082158           | 0,075                            | 0,245              |
|                         |        | 6                | 0,170 | 0,097468           | 0,085                            | 0,255              |

Se muestran los valores para la onda T en duración y voltaje, siendo para los terneros hembras de  $0.064 \pm 0.032$  y  $0.056 \pm 0.043$  de 3 y 6 meses respectivamente, y con valores para la onda T en cuanto a su duración fueron los más bajos en los machos de 3 y 6 meses con valores de  $0.16 \pm 0.082$  y  $0.17 \pm 0.097$  respectivamente. Llevado al análisis estadístico este valores muestra que existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la duración en segundos de la onda T para el sexo, no existiendo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) para las otras variables en cuanto se refiere al voltaje y duración de la onda T.



Entendiendo que el estímulo de los nervios simpáticos izquierdos produce arritmias de la unión atrio ventricular o arritmias ventriculares, se manifiesta por las alternaciones de la Onda T, tal como lo manifiesta Gunningha, (2009), que caracteriza el proceso de repolarización o recuperación ventricular después de producida la fase de despolarización, tal como instruye Montejo, (2006), asimismo muestra la recuperación ventricular mediante la onda T y a la recuperación auricular, estando de acuerdo con lo que manifiesta San Román, (2000), cabe indicar que entre terneros y vaquillas, la única diferencia significativa entre los componentes del electrocardiograma fue en la amplitud de onda T (Grupta, *et al.*, 1978), coincidimos con este autor ya que en el estudio se demostró que existe incremento de la onda T conforme aumenta la edad, por lo tanto esta onda esta influenciada por el factor edad.

Pompa, (2000) muestra valores de 0.90, 0.90 y 0.80 mV para la onda T en terneras, terneros y vaquillas, que son datos muy cercanos a los obtenidos, ya que en condiciones de altura es probable que la deflexión positiva sea un poco más incrementada en los terneros de la raza Fleckvieh, ya que la onda T refleja el estado de repolarización cardiaca que esta influenciada por la edad como se muestra en los resultados obtenidos, revisando la literatura no proporciona mayores datos sobre la onda T en terneros especialmente criados en altura, lo que no da a mayor discusión sobre este tema.

## 4.2. VALORES DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE LOS INTERVALOS Y SEGMENTOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS

**Tabla 11.** Valores electrocardiográficos del intervalo PR y QT en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en meses | Media | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al<br>95% |                    |
|-------------------------|--------|---------------|-------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                         |        |               |       |                    | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Intervalo PR en<br>seg. | Hembra | 3             | 0,184 | 0,016733           | 0,151                            | 0,217              |
|                         |        | 6             | 0,212 | 0,055857           | 0,179                            | 0,245              |
|                         | Macho  | 3             | 0,188 | 0,010954           | 0,155                            | 0,221              |
|                         |        | 6             | 0,220 | 0,037417           | 0,187                            | 0,253              |
| Intervalo QT en<br>seg. | Hembra | 3             | 0,328 | 0,026833           | 0,296                            | 0,360              |
|                         |        | 6             | 0,356 | 0,045607           | 0,324                            | 0,388              |
|                         | Macho  | 3             | 0,324 | 0,032863           | 0,292                            | 0,356              |
|                         |        | 6             | 0,372 | 0,026833           | 0,340                            | 0,404              |

Los valores para los intervalos PR y QT, esta duración en segundos fue similar para el sexo y para la edad en los terneros de la raza Fleckvieh, criados en condiciones de altura, con valores que oscilan entre 0.220 y 0.184 seg. Para el intervalo PR, en cambio para el intervalo QT se mostraron valores entre 0.324 a 0.372 seg. Llevado al análisis estadístico estos datos obtenidos en los terneros mostraron ser significativos ( $P \leq 0.05$ ) para la variable sexo en el intervalo PR y QT.

Entendiendo que el intervalo PR se registra como una línea breve isoelectrica, tanto positiva como negativa, y se denomina Intervalo PR de acuerdo a lo que manifiesta Natale, (2007), que los valores que obtuvimos en los animales en estudio, lo consideramos como parámetros electrocardiográficos para los terneros de la raza Fleckvieh, es así que



Pompa, (2002) reporta valores de 0.08, 0.07, 0.13 seg. para las ternera, terneros y vaquillas respectivamente, que son valores casi cercanos a los obtenidos en los terneros sometidos a estudio, referente a la duración de los componentes electrocardiográficos, se observan diferencias ( $P < 0.05$ ) en cuanto a su comportamiento, en los machos y en las hembras en las variaciones en los intervalos PQ, TQ, que se incrementan hasta determinada edad, existiendo diferencias significativa y en las hembras la única onda que no experimenta modificaciones es la T. de acuerdo a lo que manifiestan Pompa y Col, (2001), en los terneros Fleckvieh, mostro casi la misma característica que esta se debe a que son criados en condiciones de altura, este intervalo expresa el tiempo que tarda el impulso eléctrico en llegar desde el nódulo de Keith-Flack o nódulo sinusal hasta producir la excitación ventricular. Por lo tanto, corresponde al tiempo que dura la conducción aurículo – ventricular, estando de acuerdo con lo que indica Montejo, (2006), se debe mencionar que estos valores se muestran como parámetros para esta raza de terneros criados en la altura.

Referente al intervalo QT, en el método Einthoven, presenta un cambio significativo después de los 35 días de edad, según lo mencionado por Montejo, (2006) y según lo reportado por Pompa, (2000), observó variaciones el intervalo QT, que se incrementan hasta determinada edad, así mismo hubo diferencia significativa en la duración del intervalo QT entre los sexos, ya que 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. Según lo reportado por Cedeno, (2016), estamos de acuerdo con estos autores en vista que este intervalo disminuye cuando se aumenta la frecuencia cardiaca y puede encontrarse incrementada en bradicardias, pero los resultados hallados para los animales en estudio son parámetros para estos animales criados en altura.

**Tabla 12.** Valores electrocardiográficos del segmento PR y ST en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| Electro-<br>cardiograma | Sexo   | Edad en<br>meses | Media | Desvío<br>estándar | Intervalo de confianza al |                    |
|-------------------------|--------|------------------|-------|--------------------|---------------------------|--------------------|
|                         |        |                  |       |                    | 95%                       |                    |
|                         |        |                  |       |                    | Límite<br>inferior        | Límite<br>superior |
| Segmento PR en<br>seg.  | Hembra | 3                | 0,045 | 0,041990           | 0,009                     | 0,081              |
|                         |        | 6                | 0,059 | 0,039079           | 0,023                     | 0,095              |
|                         | Macho  | 3                | 0,041 | 0,029380           | 0,005                     | 0,077              |
|                         |        | 6                | 0,049 | 0,039487           | 0,013                     | 0,085              |
| Segmento ST en<br>seg.  | Hembra | 3                | 0,092 | 0,017889           | 0,074                     | 0,110              |
|                         |        | 6                | 0,100 | 0,020000           | 0,082                     | 0,118              |
|                         | Macho  | 3                | 0,096 | 0,021909           | 0,078                     | 0,114              |
|                         |        | 6                | 0,104 | 0,016733           | 0,086                     | 0,122              |

Los valores hallados para el segmento PR y ST en los terneros de la raza Fleckvieh, criados en condiciones de altura, los valores para el segmento PR para las hembras y machos de 3 meses fueron menores a los de 6 meses, y en cuanto al segmento ST se tiene que los terneros hembras y machos de 6 meses mostraron valores mayores que los de 3 meses. Llevado al análisis estadístico estos valores se tiene que para el segmento PR muestra diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la variable sexo en el segmento ST, sin que se muestre diferencia significativa para la variable sexo e interacción sexo por edad para el segmento PR y ST.

El segmento ST alcanza un valor inferior en las terneras. Las diferencias entre uno y otro sexo, para la duración de los distintos componentes de ECG, se manifestaron en todas las categorías, es así que los terneros obtuvieron mayores valores, mientras que en las novillas el segmento ST y el intervalo TQ fue mayor que en los sementales jóvenes





( $p < 0.05$ ) tal como manifiesta Pompa y Col, (2001), y según San Román, (2000), el segmento PR está comprendido en el segmento isoelectrico entre el final de la onda P y el inicio del complejo QRS, que muestra el tiempo que demora en llegar la despolarización desde la contracción auricular hasta el nódulo aurículo ventricular, está por lo general es isoelectrica, en vista que no hay información en cuanto a este segmento en terneros criados en altura no da motivo a mayor discusión, si antes mencionar que los valores hallados para los terneros de la raza Fleckvieh son los parámetros para este segmento ya que estos valores fueron obtenidos de los animales criados en altura.



## V. CONCLUSIONES

1. La frecuencia cardiaca fue mayor en hembras y machos de 3 meses con valores de 88.6 y 87.2 lpm respectivamente y menor en las hembras y machos de 6 meses con 81 y 82 lpm, siendo estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ ) para la edad, todos mostraron ser rítmicos y sinusal; el eje eléctrico fue positivo, siendo las hembras y machos de 3 meses los que mostraron desviación a la derecha y los machos y hembras de 6 meses su eje fue normal dentro de los  $0$  y  $90^\circ$ ; las ondas P mostraron una duración entre 0.40 a 0.64 seg, y una amplitud de 0.12 a 0.15 mV para el sexo y la edad, fue significativo ( $P \leq 0.05$ ) para las variables sexo en la duración y amplitud; el complejo QRS fue mayor en machos y hembras de 6 meses 0.038 y 0.036 seg. respectivamente y menor en 3 meses con 0.340y 0.30 seg respectivamente, fue significativo ( $P \leq 0.05$ ) para la edad; la onda Q fue negativa con valores que oscilan entre -0.024 a -0.082 mV; la onda R fue positiva con valores de 0.48 a 0.58 mV; la onda S fue negativa con valores de 0.090 a 0.160 mV. La onda T mostro una duración mayor en hembras y machos de 6 meses con 0.180 y 0.170 seg. la amplitud de la onda T fue de mayor en hembras y machos de 3 meses con valores de 0.064 y 0.068 mV, con diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la variable edad en las ondas Q, S, y T.
2. Referente a los intervalos PR fue mayor en hembras y machos de 6 meses con valores 0.212 a 0.220 seg. mientras que el intervalo QT fue muy similar en hembras y machos de 3 y 6 meses. En lo que respecta a los segmentos PR se obtuvo valores mayores para las hembras y machos de 3 y 6 meses con valores de 0.049 y 0.59 seg. respectivamente. El segmento ST mostro valores mayores en hembras y machos de 6 meses con datos 0.100 y 0.104 seg. respectivamente, mostraron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el sexo en los intervalos y segmentos.



## VI. RECOMENDACIONES

1. Evitar que los terneros se muevan, durante la toma electrocardiográfica, debido a que se pueden presentar artefactos en el registro electrocardiográfico.
2. Utilizar los puntos que facilitan en los terneros la colocación de los electrodos, situándolos en los pliegues axilares y pliegue de la babilla en las cuatro extremidades.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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
- 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, Faculda de Medicina  
Veterinaria e Zootecnia, Universidad Estadual Paulista, Distrito de Rubião Junior,  
Cx. Postal 560, Botucatu, SP. 18618-970, Brazil. E-mail: [mege@fmvz.unesp.br](mailto:mege@fmvz.unesp.br)
- Coleman MG, Y Robson MC. (2005). *Am J Vet Res* 2005;66: pp 233-237
- DeRoth, L. (1980). Electrocardiographic parameters in normal lactating Holstein cow.  
*Can. Vet. J.* 21: 271-277.
- Fregin, F. (1985). Electrocardiography. *Veterinary. Clinical: Equine Practice.*1:419-432.
- Ganong, W. (2010). *Fisiología Médica*. México: Interamericana- Mc Graw Hill.
- Garcia-Sacristan, A. (2018). *Fisiología Veterinaria*. Editorial Tebar Flores. 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](http://www.usab-tm.ro/vol7MV/69_vol7.pdf)
- Gloobe, H. (1999). *Anatomía Aplicada del Bovino*. Costa rica: IICA/CATIE.
- Gupta P, Patel C, Patel H, Narayanaswamy S, Malhotra B, Green JT, et al. (2008). T(p-  
e)/QT ratio as an index of arrhythmogenesis. *J Electrocardiol*; 41: 567-74.
- Gunningha, JC. 2009. *Fisiología Veterinaria*, Elsevier; N°: 4 edición. España.



- Guyton y Hall, 2021. Tratado de Fisiología Medica. 14<sup>a</sup> edición 2021, Elsevier Saunders.
- Klein, B. Cunningham, J. (2010). Fisiología Veterinaria. España: Elsevier.
- Lama Toro, A. (2004). Historia de la Medicina. Einthoven. El hombre y su invento. *Rev Méd Chile*, 132(1), 260-264.
- Lama Toro, A. (2004). Manual de Electrocardiografía Básica. México: Editorial Mediterráneo.
- 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.
- Matsui, K. Sugano, S. (2003): Species differences in the changes in heart and T-wave amplitude after autonomic blockade in Thoroughbred horses, Ponies, cows, pigs, goats and chickens. *Jpn. J. Vet. Sci.* 49(4): 637-644. 46(4): 505-510
- Matsui, K. Sugano, S. Masuyama, I. AMADA, A. Kano, Y. (2003): Alterations in the heart rate of Thoroughbred horse, Pony and Holstein cow through pre- and post-natal stages. *Jpn. J. Vet. Sci.*
- Mayta, A. M. (2001). Morfología y polaridad del complejo qrs del electrocardiograma en terneros con insuficiencia cardiaca a 3910 metros de altitud. Tesis para optar el ttitulo de Medico Veterinario y Zootecnista de la FMVZ de la UNA Puno – Peru.
- Mendes, L. Camacho, A. Alves, A. Borges, A. Souza, R. Ferreira, W. (2001). Valores Electrocardiográficos Normales para Becerros holandeses. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, p.35-38
- 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. (2007) Medicina cardiovascular de Pequeños Animales. Barcelona, ed. Multimédica, 603 p
- Moreno, L. (2000). Como entender un electrocardiograma. Editorial Madrid Días de Santos.
- Natale. A. (2007). Handbook of Cardiac Electrophysiology. Inglaterra: Informa-Healthcare.
- Nelson, R. & Couto, C. (1999). Manual de Medicina Interna de Pequeños Animales. Madrid
- Nelwan SP, (2001). Correction of ECG variations causedy body position changes and electrode placement during ST-T monitoring (2001)
- Oliveira, P.C.L.; Paneto, J.C.C.; Calles Neto, J.F. *et al.* (2008). Estandarización de la técnica de ejecución y parámetros electrocardiográficos normales, en derivaciones periféricas, para bovino indio adulto (*Bos taurus indicus*) de la raza Nellore. Revista Ceres, v.55, n.3, p.224-230.
- Olivera, R (2011) Mal de altura y su comportamiento actual en bovinos de la sierra central del Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- 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 República de Cuba
- Pompa A. N. (2000). 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
- Pompa, A. (2000). "Comportamiento del electrocardiograma (ECG) en bovinos 297 de la raza Holstein a diferentes edades de uno y de otro sexo". *Revista de Salud Animal*, 23(1), 49.
- Pompa, A. (2019a). Morfología y Polaridad del Complejo QRS del electrocardiograma en el ganado bovino. *Revista de Salud Animal*, 41(2), 1-9.
- Programa de Mejora de la Raza bovina Fleckvieh. 2011. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Asociación Nacional de Criadores de Ganado Vacuno Fleckvieh-Simmental, centro oficial de genética animal: Centro de Selección y Reproducción Animal de Movera-Zaragoza (CENSYRA de la Comunidad Autónoma de Aragón), España. 34 pp.
- Rezakhani 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 Ferreira<sup>1</sup>, Rafael Moraes Aboin<sup>1</sup>, Héric Garcia de Deus<sup>1</sup>, Mere Erika Saito<sup>2</sup>, Leticia Andreza Yonezawa<sup>2</sup>. 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](http://www.ser.ufpr.br/veterinary).
- San Román, F. (2000). *Canis et Felis: Interpretación de Electrocardiogramas*. México: Luzan, 5ta edición.
- 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.
- SENAMHI (2018), Servicio Nacional de Hidrología y meteorología, registros mensuales de variaciones climatológicas, Perú.



- Severin, G. (1999). Manual de Cardiología Veterinaria. Buenos Aires.
- Soares, J.L.M.F. et al. (2002). Métodos diagnósticos. Porto Alegre: Artmed, 1080p.
- Sudhakara, B. y Sivajothi, S. (2016). Electrocardiographic Parameters of Normal Dairy Cows during Different Ages. *Journal of Veterinary Science & Medicine*, 4(1), 1-4.
- Tilley, L., Lee, N. (2000). Electrocardiografía práctica en pequeños animales, manual de consulta rápida: Multimedica España
- Torio, R. MLSGS. (1998). Principios basicos de electrocardiografía veterinaria II. *Consulta de Medicina Veterinaria*; (46): p. 59-66.
- Velez, D. (2006). Electrocardiografía práctica. Marban España.
- Zendejas, F. (2001). Posibilidades y Limitaciones de la Electrocardiografía Canina. México: McGraw Hill.





## ANEXOS

**ANEXO 1.****Tabla 13.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la frecuencia cardiaca en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig.  |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|-------|
| SEXO        | 1  | 0,800             | 0,800          | 0,035 | 0,854 |
| EDAD        | 1  | 180,000           | 180,000        | 7,912 | 0,013 |
| SEXO * EDAD | 1  | 5,000             | 5,000          | 0,220 | 0,646 |
| Error       | 16 | 364,000           | 22,750         |       |       |
| Total       | 19 | 549,800           |                |       |       |

**Tabla 14.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del eje electrico en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F      | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|--------|------|
| SEXO        | 1  | 20,000            | 20,000         | 1,865  | ,191 |
| EDAD        | 1  | 115,200           | 115,200        | 10,741 | ,005 |
| SEXO * EDAD | 1  | 20,000            | 20,000         | 1,865  | ,191 |
| Error       | 16 | 171,600           | 10,725         |        |      |
| Total       | 19 | 326,800           |                |        |      |

**Tabla 15.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda P por segundo en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig.  |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|-------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,000  | 1,000 |
| EDAD        | 1  | ,001              | ,001           | 1,662 | ,216  |
| SEXO * EDAD | 1  | ,000              | ,000           | ,416  | ,528  |
| Error       | 16 | ,012              | ,001           |       |       |
| Total       | 19 | ,014              |                |       |       |

**Tabla 16.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda P por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en condiciones de altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,111  | ,743 |
| EDAD        | 1  | ,003              | ,003           | 2,778 | ,115 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,000              | ,000           | ,111  | ,743 |
| Error       | 16 | ,018              | ,001           |       |      |



|       |    |      |
|-------|----|------|
| Total | 19 | ,021 |
|-------|----|------|

**Tabla 17.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del complejo QRS en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | 5,000E-6          | 5,000E-6       | ,047  | ,832 |
| EDAD        | 1  | ,000              | ,000           | 1,163 | ,297 |
| SEXO * EDAD | 1  | 4,500E-5          | 4,500E-5       | ,419  | ,527 |
| Error       | 16 | ,002              | ,000           |       |      |
| Total       | 19 | ,002              |                |       |      |

**Tabla 18.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda Q por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,004              | ,004           | 1,746 | ,205 |
| EDAD        | 1  | ,000              | ,000           | ,194  | ,665 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,004              | ,004           | 2,014 | ,175 |
| Error       | 16 | ,033              | ,002           |       |      |
| Total       | 19 | ,042              |                |       |      |

**Tabla 19.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda R por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,006              | ,006           | ,421  | ,526 |
| EDAD        | 1  | ,028              | ,028           | 1,931 | ,184 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,010              | ,010           | ,695  | ,417 |
| Error       | 16 | ,233              | ,015           |       |      |
| Total       | 19 | ,277              |                |       |      |

**Tabla 20.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda S por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,242  | ,629 |
| EDAD        | 1  | ,018              | ,018           | 8,727 | ,009 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,001              | ,001           | ,242  | ,629 |
| Error       | 16 | ,033              | ,002           |       |      |



|       |    |      |
|-------|----|------|
| Total | 19 | ,052 |
|-------|----|------|

**Tabla 21.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda T por segundos en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,169  | ,686 |
| EDAD        | 1  | ,002              | ,002           | 1,245 | ,281 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,001              | ,001           | ,417  | ,527 |
| Error       | 16 | ,023              | ,001           |       |      |
| Total       | 19 | ,026              |                |       |      |

**Tabla 22.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos de la onda T por mV en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | Sig.  |
|-------------|----|-------------------|----------------|------|-------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,000 | 1,000 |
| EDAD        | 1  | ,002              | ,002           | ,250 | ,624  |
| SEXO * EDAD | 1  | ,000              | ,000           | ,062 | ,806  |
| Error       | 16 | ,128              | ,008           |      |       |
| Total       | 19 | ,130              |                |      |       |

**Tabla 23.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del intervalo PR en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,146  | ,707 |
| EDAD        | 1  | ,005              | ,005           | 3,659 | ,074 |
| SEXO * EDAD | 1  | 2,000E-5          | 2,000E-5       | ,016  | ,900 |
| Error       | 16 | ,020              | ,001           |       |      |
| Total       | 19 | ,024              |                |       |      |

**Tabla 24.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del intervalo QT en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F     | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|-------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,157  | ,698 |
| EDAD        | 1  | ,007              | ,007           | 6,278 | ,023 |
| SEXO * EDAD | 1  | ,001              | ,001           | ,435  | ,519 |
| Error       | 16 | ,018              | ,001           |       |      |



|       |    |      |
|-------|----|------|
| Total | 19 | ,026 |
|-------|----|------|

**Tabla 25.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del segmento PR en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | Sig. |
|-------------|----|-------------------|----------------|------|------|
| SEXO        | 1  | ,000              | ,000           | ,152 | ,701 |
| EDAD        | 1  | ,001              | ,001           | ,424 | ,524 |
| SEXO * EDAD | 1  | 4,500E-5          | 4,500E-5       | ,032 | ,861 |
| Error       | 16 | ,023              | ,001           |      |      |
| Total       | 19 | ,024              |                |      |      |

**Tabla 26.** ANDEVA de los valores electrocardiográficos del segmento ST en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura.

| F de V      | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F    | Sig.  |
|-------------|----|-------------------|----------------|------|-------|
| SEXO        | 1  | 8,000E-5          | 8,000E-5       | ,216 | ,648  |
| EDAD        | 1  | ,000              | ,000           | ,865 | ,366  |
| SEXO * EDAD | 1  | ,000              | ,000           | ,000 | 1,000 |
| Error       | 16 | ,006              | ,000           |      |       |
| Total       | 19 | ,006              |                |      |       |



## ANEXO 2.

### Valores electrocardiográficos obtenidos en terneros de la raza Fleckvieh criados en altura

| Sexo   | Edad    | Frecuencia cardiaca | Eje eléctrico |
|--------|---------|---------------------|---------------|
| HEMBRA | 3 MESES | 87,00               | 105,00        |
| HEMBRA | 3 MESES | 92,00               | 103,00        |
| HEMBRA | 3 MESES | 84,00               | 98,00         |
| HEMBRA | 3 MESES | 92,00               | 103,00        |
| HEMBRA | 3 MESES | 88,00               | 110,00        |
| HEMBRA | 6 MESES | 85,00               | 100,00        |
| HEMBRA | 6 MESES | 78,00               | 104,00        |
| HEMBRA | 6 MESES | 88,00               | 105,00        |
| HEMBRA | 6 MESES | 82,00               | 98,00         |
| HEMBRA | 6 MESES | 75,00               | 98,00         |
| MACHO  | 3 MESES | 94,00               | 105,00        |
| MACHO  | 3 MESES | 85,00               | 109,00        |
| MACHO  | 3 MESES | 80,00               | 111,00        |
| MACHO  | 3 MESES | 87,00               | 108,00        |
| MACHO  | 3 MESES | 90,00               | 106,00        |
| MACHO  | 6 MESES | 79,00               | 105,00        |
| MACHO  | 6 MESES | 86,00               | 98,00         |
| MACHO  | 6 MESES | 82,00               | 101,00        |
| MACHO  | 6 MESES | 76,00               | 99,00         |
| MACHO  | 6 MESES | 88,00               | 102,00        |



| Sexo   | Edad    | Duración onda P | Amplitud onda P | Complejo QRS | Onda Q | Onda R | Onda S |
|--------|---------|-----------------|-----------------|--------------|--------|--------|--------|
| HEMBRA | 3 MESES | 0,080           | 0,150           | 0,040        | 0,150  | 0,600  | 0,150  |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,020           | 0,100           | 0,020        | 0,050  | 0,500  | 0,050  |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,080           | 0,100           | 0,030        | 0,150  | 0,400  | 0,100  |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,020           | 0,150           | 0,040        | 0,000  | 0,250  | 0,150  |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,080           | 0,100           | 0,020        | 0,050  | 0,600  | 0,100  |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,080           | 0,200           | 0,050        | 0,100  | 0,700  | 0,100  |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,020           | 0,100           | 0,040        | 0,050  | 0,400  | 0,150  |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,080           | 0,100           | 0,020        | 0,000  | 0,350  | 0,200  |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,020           | 0,150           | 0,040        | 0,100  | 0,500  | 0,200  |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,040           | 0,150           | 0,040        | 0,050  | 0,550  | 0,150  |
| MACHO  | 3 MESES | 0,040           | 0,100           | 0,040        | 0,050  | 0,550  | 0,100  |
| MACHO  | 3 MESES | 0,080           | 0,150           | 0,030        | 0,000  | 0,600  | 0,150  |
| MACHO  | 3 MESES | 0,080           | 0,100           | 0,040        | 0,010  | 0,300  | 0,100  |
| MACHO  | 3 MESES | 0,040           | 0,100           | 0,040        | 0,050  | 0,450  | 0,000  |
| MACHO  | 3 MESES | 0,080           | 0,150           | 0,020        | 0,010  | 0,400  | 0,100  |
| MACHO  | 6 MESES | 0,040           | 0,150           | 0,050        | 0,000  | 0,600  | 0,150  |
| MACHO  | 6 MESES | 0,020           | 0,100           | 0,040        | 0,100  | 0,600  | 0,200  |
| MACHO  | 6 MESES | 0,040           | 0,150           | 0,020        | 0,080  | 0,500  | 0,150  |
| MACHO  | 6 MESES | 0,020           | 0,200           | 0,030        | 0,050  | 0,550  | 0,100  |
| MACHO  | 6 MESES | 0,080           | 0,150           | 0,040        | 0,080  | 0,650  | 0,200  |



| Sexo   | Edad    | Onda T duracion | Ondat T amplitud | Intervalo PR | Interval o QT | Segmento PR | Segmento ST |
|--------|---------|-----------------|------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| HEMBRA | 3 MESES | 0,080           | 0,100            | 0,160        | 0,340         | 0,020       | 0,080       |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,040           | 0,250            | 0,200        | 0,300         | 0,012       | 0,100       |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,020           | 0,100            | 0,180        | 0,340         | 0,100       | 0,080       |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,080           | 0,100            | 0,180        | 0,300         | 0,080       | 0,120       |
| HEMBRA | 3 MESES | 0,100           | 0,200            | 0,200        | 0,360         | 0,012       | 0,080       |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,020           | 0,200            | 0,160        | 0,320         | 0,080       | 0,080       |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,080           | 0,100            | 0,160        | 0,400         | 0,014       | 0,120       |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,020           | 0,250            | 0,260        | 0,300         | 0,100       | 0,080       |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,120           | 0,050            | 0,280        | 0,360         | 0,080       | 0,100       |
| HEMBRA | 6 MESES | 0,040           | 0,300            | 0,200        | 0,400         | 0,020       | 0,120       |
| MACHO  | 3 MESES | 0,100           | 0,100            | 0,180        | 0,340         | 0,014       | 0,080       |
| MACHO  | 3 MESES | 0,120           | 0,050            | 0,200        | 0,300         | 0,060       | 0,080       |
| MACHO  | 3 MESES | 0,020           | 0,250            | 0,180        | 0,280         | 0,080       | 0,120       |
| MACHO  | 3 MESES | 0,020           | 0,200            | 0,200        | 0,360         | 0,012       | 0,120       |
| MACHO  | 3 MESES | 0,080           | 0,200            | 0,180        | 0,340         | 0,040       | 0,080       |
| MACHO  | 6 MESES | 0,040           | 0,100            | 0,260        | 0,360         | 0,012       | 0,100       |
| MACHO  | 6 MESES | 0,010           | 0,300            | 0,180        | 0,360         | 0,014       | 0,120       |
| MACHO  | 6 MESES | 0,040           | 0,250            | 0,200        | 0,400         | 0,040       | 0,080       |
| MACHO  | 6 MESES | 0,080           | 0,100            | 0,260        | 0,400         | 0,100       | 0,120       |
| MACHO  | 6 MESES | 0,020           | 0,100            | 0,200        | 0,340         | 0,140       | 0,100       |



### ANEXO 3.

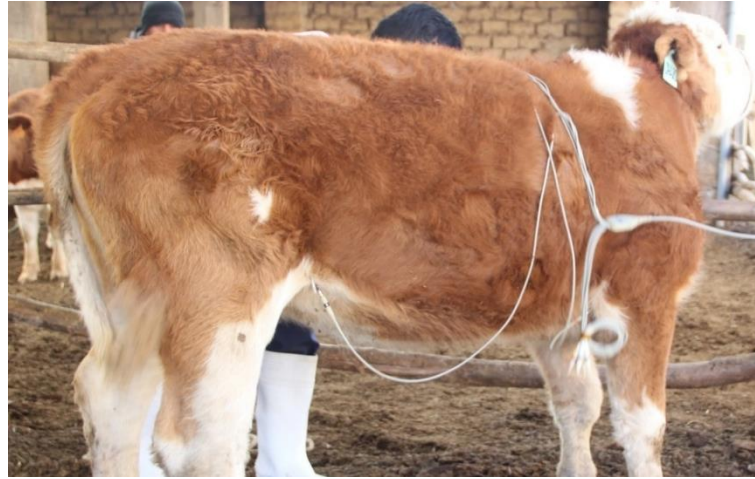
#### ELECTROCARDIOGRAMA EN TERNEROS.



**Figura 10.** Terneros para electrocardiograma



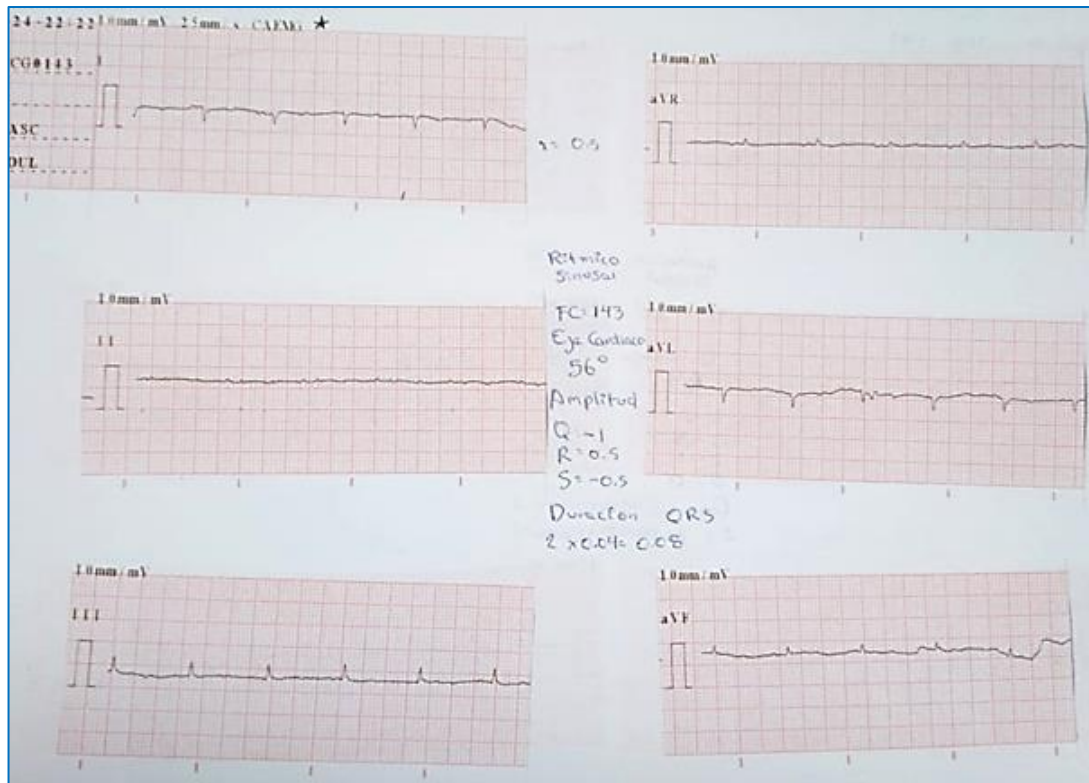
**Figura 11.** Selección de os terneros para electrocardiograma



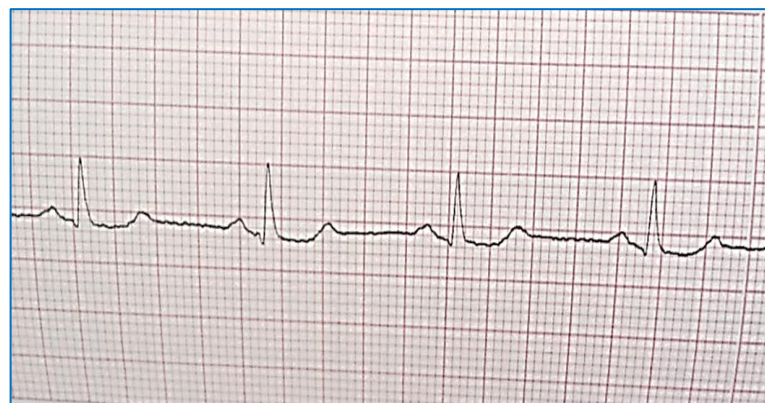
**Figura 12.** Colocación de los electrodos



**Figura 13.** Impresión del electrocardiograma



**Figura 14.** Lectura e interpretación del electrocardiograma



**Figura 15.** Interpretación electrocardiográfica