Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Parámetros electrocardiográficos y concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en cuyes (*Cavia porcellus*) macho de una granja de crianza familiar-comercial sobre el nivel del mar

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Luis Javier ALCANTARA VILLENA

ASESOR

Mg. Roberto César DÁVILA FERNÁNDEZ

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Alcantara L. Parámetros electrocardiográficos y concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en cuyes (*Cavia porcellus*) macho de una granja de crianza familiar-comercial sobre el nivel del mar [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2025.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Luis Javier Alcantara Villena
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46954059
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-0667-8557
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Roberto César Dávila Fernández
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09894279
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6437-0121
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Boris Antonio Lira Mejia
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10131501
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Ysaac Ruben Chipayo Gonzales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10689451
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Manuel Barrios Arpi
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43485699

Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.1.3. Fisiología animal
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Obligatorio. Indique el lugar o lugares y sus coordenadas en **grados decimales GD** donde ha sido realizada la investigación. La ubicación geográfica no está referida a su domicilio, en el caso que no precise un lugar donde se haya realizado la investigación coloque Universidad Nacional Mayor de San Marcos y sus coordenadas geográficas. Ejemplo: Edificio: Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Borja Avenida: Circunvalación #28 Latitud: -12.0454 Longitud: -76.5915
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Febrero 2022 – Abril 2025
URL de disciplinas OCDE	Ciencia veterinaria **https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO

En el **Aula de posgrado** de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día **lunes 28 de abril de 2025**, a las **12:00 horas**, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante **Resolución Directoral Nº 0200-EPMV/FMV-2022, integrado** por los siguientes docentes:

MV. Mg. Lira Mejía, Boris Antonio	**Presidente del Jurado**
MV. Mg. Dávila Fernández, Roberto César	**Asesor de la Tesis**
MV. Mg. Chipayo Gonzales, Ysaac Rubén	**Miembro del Jurado**
MV. Dr. Barrios Arpi, Luis Manuel	**Miembro del Jurado**

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del presidente del Jurado y bajo la dirección de la misma, el Bachiller **LUIS JAVIER ALCANTARA VILLENA,** para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

"Parámetros electrocardiográficos y concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en cuyes (*Cavia porcellus*) macho de una granja de crianza familiar-comercial sobre el nivel del mar"

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria del Asesor de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **Catorce (14).**

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **13:35 horas**, concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

UNMSM Firmado digitalmente por LIRA MEJIA Boris Antonio FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.01.2026 13:25:50 -05:00

Lira Mejía, Boris Antonio; MV. Mg.
Profesor Asociado, Tiempo Completo

UNMSM Firmado digitalmente por DAVILA FERNANDEZ Roberto Cesar FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.01.2026 13:20:46 -05:00

Dávila Fernández, Roberto César; MV. Mg.
Profesor Asociado, Dedicación Exclusiva

UNMSM Firmado digitalmente por CHIPAYO GONZALES Ysaac Ruben FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.01.2026 10:44:49 -05:00

Chipayo Gonzales, Ysaac Rubén; MV. Mg.
Profesor Asociado, Tiempo Parcial 20

UNMSM Firmado digitalmente por BARRIOS ARPI Luis Manuel FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.01.2026 13:41:23 -05:00

Barrios Arpi, Luis Manuel; MV. Dr.
Profesor Asociado, Dedicación Exclusiva

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Roberto César Dávila Fernández en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N° 0103-EPMV/FMV-2021 de la tesis, cuyo título es "Parámetros electrocardiográficos y concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en cuyes *(Cavia porcellus*) macho de una granja de crianza familiar - comercial sobre el nivel del mar", presentado por el bachiller Luis Javier Alcantara Villena para optar el título profesional de **Médico Veterinario ,** CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 4% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional MÉDICO VETERINARIO.

Lima, 19 de Marzo de 2026.

Firma del Asesor

UNMSM
Firmado digitalmente por DAVILA FERNANDEZ Roberto Cesar FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20.03.2026 11:58:53 -05:00

Nombres y Apellidos del asesor: Roberto César Dávila Fernández

DNI: 09894279

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco inmensamente a mi madre Zoyla Villena Valdez, mi abuelita Graciela Valdez Espinoza y mis tíos Alfredo Villena Valdez, David Villena Valdez y Hugo Villena Valdez por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

- A mi asesor Roberto Dávila Fernández y demás docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria – UNMSM que me transmitieron sus enseñanzas.

- A las personas que participaron de manera indirecta en la realización de esta investigación.

- A Fabiola Falcón por brindarme fuerzas y apoyo en todo momento.

- A mis mejores amigos Lucia Barrueta, Remzi Zárate y Edher Ayala por compartir su amistad y apoyo a través de todo este tiempo.

DEDICATORIA

- Dedicado especialmente a mi Madre Zoyla Villena Valdez y mi abuela Graciela Valdez Espinoza por sus consejos y amor incondicional.

- Al ser omnipotente por permitirme tener la dicha de poder estar acompañado de esta familia, amigos y consejeros tan maravillosos a lo largo de mi vida.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS……..…ii
DEDICATORIA……...iii
INDICE…….iv
RESUMEN……....vi
ABSTRACT…….....vii
LISTA DE CUADROS……...viii
LISTA DE FIGURAS……...ix
LISTA DE APÉNDICES…….....x
1. **INTRODUCCIÓN**…….1
2. **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**……...3
2.1 Reseña histórica del cuy (*Cavia porcellus*).....……..…....3
2.2 Descripción taxonómica ……..……...3
2.3 La crianza del cuy en el Perú…….…….4
2.4 Topografía cardiaca del cuy..……..5
2.5 Electrocardiografía ……6
2.5.1 Generalidades……..6
2.5.2 Parámetros electrocardiográficos ……...……7
2.6 Importancia de las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en la crianza del cuy..8
2.6.1 Potasio…….....9
2.6.2 Sodio……10
2.6.3 Cloro……11
2.7 Relación entre los electrolitos séricos y las ondas electrocardiográficas……..11
3. MATERIALES Y MÉTODOS……....14
3.1 Lugar de ejecución del estudio…..…….……...14
3.2 Tamaño muestral……..14

3.3 Estudio electrocardiográfico……15

3.3.1 Equipos y materiales para medición de parámetros ECG……..……...17

3.3.2 Determinación de los parámetros electrocardiográficos……...……17

3.4 Estudio de las concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^-……..…….....20

3.4.1 Equipos y materiales para el análisis de muestras de suero ……..…….……21

3.4.2 Determinación de las concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^-…..…….…...…….21

3.5 Análisis estadístico……..…...…22

4. RESULTADOS…….…….23

5. DISCUSIÓN…….…….26

6. CONCLUSIONES…….……29

7. LITERATURA CITADA…….…….30

RESUMEN

La producción de cuyes cada vez más estricta, conlleva al desarrollo de diversos tipos de patologías. Dentro de estas, se encuentran las alteraciones electrocardiográficas asociadas a alteraciones de electrolitos séricos debido a deficiencias en la alimentación u otra patología que genere su pérdida. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar los parámetros electrocardiográficos y las concentraciones séricas de sodio (Na^+), potasio (K^+) y cloro (Cl^-) en cuyes macho de una granja de crianza familiar – comercial. Se evaluaron 30 cuyes macho clínicamente sanos de una granja ubicada en el distrito de Lurín. Los datos fueron establecidos mediante la media y desviación estándar. Dentro de los parámetros electrocardiográficos se determinó ritmo cardíaco regular, una frecuencia cardiaca entre 297 ± 44.81 lpm; una duración (s) y amplitud (mV) de la onda P de 0.02 ± 0.011 segundos y de 0.12 ± 0.043 mV, respectivamente; para el complejo QRS, la duración fue de 0.02 ± 0.004 s y la amplitud de la onda R de 0.37 ± 0.120 mV; y la onda T presentó una duración 0.03 ± 0.010 s y una amplitud de 0.09 ± 0.024 mV. La duración de los intervalos P-R, Q-T y R-R fueron 0.06 ± 0.01, 0.11 ± 0.01 y 0.21 ± 0.03 segundos; respectivamente. El eje eléctrico medio se presentó entre un valor mínimo de -60° y un valor máximo de +109. Las concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^- fueron 137 ± 10.56; 6.7 ± 1.14 y 105 ± 8.59 mEq/L, respectivamente. Se concluye que el 96.7% de cuyes muestreados no presentaron arritmias cardiacas durante la evaluación electrocardiográfica y las concentraciones de Na^+, K^+ y Cl^- mostraron valores similares con los reportados por otros autores.

Palabras clave: cloro, cuyes, electrocardiograma, potasio, sodio

ABSTRACT

The increasingly strict production of guinea pigs leads to the development of various types of pathologies. These include electrocardiographic alterations associated with serum electrolyte disturbances due to dietary deficiencies or other pathologies that cause electrolyte loss. Therefore, the objective of this study was to determine the electrocardiographic parameters and serum concentrations of sodium (Na^+), potassium (K^+), and chloride (Cl^-) in male guinea pigs from a commercial family farm. Thirty clinically healthy male guinea pigs from a farm located in the Lurín district were evaluated. Data were expressed as mean and standard deviation. Electrocardiographic parameters showed a regular heart rhythm, a heart rate of 297 ± 44.81 bpm; P wave duration (s) and amplitude (mV) of 0.02 ± 0.011 seconds and 0.12 ± 0.043 mV, respectively; the QRS complex duration was 0.02 ± 0.004 s and the R wave amplitude was 0.37 ± 0.120 mV; and the T wave duration was 0.03 ± 0.010 s and amplitude was 0.09 ± 0.024 mV. The durations of the P-R, Q-T, and R-R intervals were 0.06 ± 0.01, 0.11 ± 0.01, and 0.21 ± 0.03 seconds, respectively. The mean electrical axis ranged from a minimum value of -60° to a maximum value of +109°. Serum Na+, K+, and Cl- concentrations were 137 ± 10.56; 6.7 ± 1.14; and 105 ± 8.59 mEq/L, respectively. It was concluded that 96.7% of the sampled guinea pigs did not present cardiac arrhythmias during the electrocardiographic evaluation, and Na+, K+, and Cl- concentrations showed values similar to those reported by other authors.

Keywords: chlorine, guinea pigs, electrocardiogram, potassium, sodium

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. Parámetros electrocardiográficos de la amplitud y duración de la onda P, complejo QRS y Onda T medidos en 50 ms/mV ……....23

CUADRO 2. Duración (en segundos) de los intervalos electrocardiográficos P-R, Q-T y R-R, sobre la derivación II……...…24

CUADRO 3. Concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro de 30 cuyes en etapa de recría y clínicamente sanos……...…….25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sujeción manual del animal para la realización del examen electrocardiográfico…….....16

Figura 2. Aplicación de alcohol en la zona de colocación de electrodos en pinza de cocodrilo…….16

Figura 3. Realización del examen electrocardiográfico con el equipo Fukuda Denshi FX-7102……17

Figura 4. Estimación de la duración y amplitud de la onda P, complejo QRS y onda T…..……18

Figura 5. Determinación de frecuencia cardiaca a velocidad de 50 mm/s …….18

Figura 6. Determinación de intervalos y/o segmentos P-R, Q-T y R-R en la derivación II ……....19

Figura 7. Equipo Catalyst One Idexx para el análisis de suero sanguíneo…….20

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Frecuencia cardiaca obtenida mediante la lectura de las gráficas electrocardiográficas sobre la derivación II…..……....35

Apéndice 2. Medición de amplitud y duración de la onda P, complejo QRS y onda T……..36

Apéndice 3. Valores de la duración (en segundos) de los intervalos P-R, Q-T y R-R……37

Apéndice 4. Medidas del eje eléctrico medio por animal……...38

Apéndice 5. Concentraciones de sodio, potasio y cloro en sangre…….……39

Apéndice 6. Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardiaco. (Tilley, 1992)……..40

1. INTRODUCCIÓN

El cuy doméstico (*Cavia porcellus*) es una especie animal que, por sus cualidades nutritivas y conductuales, ha logrado a través del tiempo obtener una gran importancia en distintas partes del mundo, ya sea como fuente de alimento, animal de investigación o como mascota (Spotorno *et al*. 2007). Gran parte de su población se encuentra ubicada en países de la comunidad andina, teniendo la mayor población el Perú.

En la actualidad, la crianza comercial-familiar mantiene un crecimiento constante que se realiza con la utilización de instalaciones que permiten agrupar a los animales en distintos estratos, logrando un manejo más estricto. Este tipo de crianza se realiza con alimentación a base de subproductos agrícolas y en algunos casos la adición de suplementos, un manejo sanitario más estricto y mejoramiento genético de sus animales reproductores, generando una importante fuente de ingresos a las familias dentro de este sector. Este crecimiento conlleva al aumento de diversos problemas dentro del sistema productivo, mermando sobre los ingresos económicos de los productores. Es por esta razón que entidades del estado, como el INIA, vienen desarrollando diversos proyectos que promuevan un mejor conocimiento y mayor rentabilidad sobre la crianza en cuyes (INIA, 2020).

Debido al riguroso manejo nutricional al cual son sometidos estos animales, pueden producirse alteraciones en la ingesta de sodio, potasio y cloro, entre otros nutrientes. Por ello, un manejo inadecuado durante la administración en la dieta de los animales puede ocasionar diversas patologías relacionadas con una mala alimentación, originando problemas metabólicos, principalmente por alteraciones en el intercambio entre el líquido intracelular y extracelular. Uno de los principales órganos donde puede repercutir esta alteración en la concentración de los iones mencionados es el corazón, actuando directamente sobre la actividad eléctrica cardiaca. En otros países, se realizaron estudios que abarcan estas variables mencionadas, estableciendo parámetros de referencia frente a condiciones de crianza en específico.

Por tal motivo, el presente trabajo tiene por objetivo determinar los parámetros electrocardiográficos y las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro (Na^+, K^+ y Cl^-) en cuyes, provenientes de una granja de crianza familiar - comercial en la etapa de recría, etapa en la que se da un importante requerimiento alimenticio y crecimiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.2 Reseña historia del cuy (*Cavia porcellus*)

Luego de múltiples teorías propuestas a través del tiempo sobre los orígenes geográficos de esta especie animal, y con la ayuda de investigaciones filogenéticas y morfológicas comparativas aplicadas a cuyes de Sudamérica y de Europa, se pudo seguir su rastro genético, llevando a la conclusión de que el cuy proviene de los Andes centrales occidentales, como resultado de la domesticación de cuyes que habitaban en estado salvaje, como *Cavia tschudii*, por parte de la población indígena precolombina, principalmente de habitantes de la sierra peruana. Chauca, (1997) menciona que la mayor presencia de esta especie animal se encuentra en la mayoría de departamentos del Perú, comparado con países como Bolivia y Colombia que solo se encuentran en pocas regiones. Estas poblaciones andinas utilizaban esta especie con fines alimenticios, posteriormente siendo introducidos a Europa como resultado de la colonización española (Spotorno *et al*. 2007; Aliaga, 2009).

Consecuentemente a esta migración del cuy (*Cavia porcellus*) hacia diversas zonas del mundo, se produjo el desarrollo de múltiples usos para esta especie animal, ya sea como sujeto de investigación y/o como mascota debido a su comportamiento dócil. Pero esto no quiere decir que su importancia como fuente alimenticia haya disminuido, más bien obtuvo un crecimiento directo, ya que conocer más sobre esta especie nos permitió tener una visión más clara de su calidad nutritiva. Por ello, un objetivo en la actualidad es mejorar su uso en el sector productivo, que indirectamente beneficiará a muchos sectores que están relacionados al rubro de la crianza del cuy (Sánchez *et al*. 2018).

2.1 Descripción taxonómica

Desde hace muchos años se viene buscando la respuesta a la interrogante sobre el origen del nombre Conejillo de Indias (en nuestro medio llamado “Cuy”) y aproximadamente desde el año 1972, tomaron más fuerza los estudios que permitían conocer más sobre esta especie animal. Además de identificar la importancia de sus características y propiedades, estos eventos permitieron enfocar la interrogante sobre el descendiente salvaje del cuy doméstico (*Cavia porcellus*). A pesar de que aún se mantiene como un tema sin resolver del

todo, estas investigaciones dieron como resultado el establecimiento de un esquema taxonómico lo más actualizado posible.

En la actualidad, debido a sus excelentes características productivas y mejoras genéticas realizadas a través del tiempo, se puede establecer a esta especie animal una clasificación zootécnica que permite realizar una adecuada selección de ejemplares para las distintas funciones en las que se requiera. Esta clasificación está dividida en varias subclasificaciones (Montes, 2012).

2.3 La crianza del cuy (*Cavia porcellus*) en el Perú

El cuy (*Cavia porcellus*) es un animal que tiene sus orígenes en los Andes de Sudamérica, involucrando varios países de la región. En nuestro país, la crianza del cuy se inicia como un sistema de producción campesino, el cual a su vez tiene una relación con la agricultura local (Vivas, 2009). Esta especie se caracteriza por poseer carne de gran valor nutricional, debido a que es una carne magra con un alto nivel de proteínas (20.3%), minerales y un reducido contenido en grasas (7.8%) (Chirinos *et al*. 2008).

En nuestro país se dan 3 tipos de sistema de producción del cuy, entre ellos tenemos la crianza familiar, el sistema familiar – comercial y el sistema comercial. La crianza familiar tiene la característica de proveer un sustento a la familia rural, principalmente de la región andina, donde cada miembro de la familia está involucrado en su crianza. El sistema comercial – familiar está más relacionado a familias que utilizan sub - productos agrícolas como fuente de alimentación para sus cuyes, con cierto grado de inversión en instalaciones y en las mejoras genéticas de sus animales, por lo tanto, realizan un manejo intensivo en sus animales. Por último, el sistema comercial está principalmente enfocado en la mejora genética de sus animales, con el fin de poder alcanzar unos índices de conversión que sean lo más rentable posible, junto a unas características de adaptabilidad y prolificidad adecuadas (Vivas, 2009). El tipo de crianza familiar logró obtener una mayor importancia en años anteriores, pero últimamente la cantidad de granjas que poseen un tipo de crianza tipo familiar – comercial se encuentra en aumento. Este potencial desarrollo de las granjas de producción puede ser causa de la creciente demanda cárnica, que va de la mano con el mejoramiento genético entre las distintas razas de esta especie para ofrecer al mercado un producto que sea de buena calidad y que ofrezca una reducción en los costos de producción debido a las mejores

en las características del cuy doméstico (*Cavia porcellus*) como especie (Gil santos, 2007; Chirinos *et al*. 2008).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), estableció 3 líneas principales de cuyes, siendo estas la raza Perú, Andina e Inti; todas con distintos usos debido a las características que poseen, ya sea de ganancia de peso, prolificidad y adaptabilidad. El INIA viene trabajando en una nueva línea, denominada Interracial, el cual tendría mejores resultados en todas las características ya mencionadas para las demás razas. Por el momento, aún se mantiene en investigación (Portal de transparencia, 2020).

Dentro de los principales problemas existentes dentro de la crianza familiar – comercial y comercial es el alto requerimiento nutricional de estos animales, especialmente dentro de la etapa de recría, donde se da el crecimiento de los cuyes. Por lo tanto, el requerimiento de minerales es sumamente importante para evitar alteraciones metabólicas (Mamani, 2016). Otro inconveniente es el desarrollo de enfermedades infecciosas que ocasionan problemas gastrointestinales; produciéndose una exacerbada pérdida de electrolitos en los animales. Por ello, el manejo nutricional y sanitario es de suma importancia dentro de la crianza de cuyes, debido a que, si se realiza una inadecuada implementación en el proceso de producción, se producirá una merma en el producto final; por lo tanto, el costo de inversión superará a la ganancia, desencadenando grandes pérdidas económicas en las familias que se dedican a este rubro (Chauca, 1997).

2.4 Topografía cardiaca del cuy

Dentro de la mayoría de animales domésticos, el corazón del conejo es el que presenta una mayor similitud con la del cuy doméstico, el cuál presenta una forma alargada cónica con un ápice que tiende a ser puntiagudo (Schiffmann, 2002). El corazón en los cuyes ocupa un gran espacio dentro de la cavidad torácica debido a su gran tamaño, encontrándose principalmente sobre la línea media, con una orientación ventro-caudal y una ligera inclinación hacia la izquierda; estas características son comunes en mamíferos cuadrúpedos. A diferencia de otros cuadrúpedos, el vértice del corazón del cuy no se inclina tan ventralmente debido a la unión extensa que presenta el pericardio al diafragma y al esternón (Stan *et al*. 2015; Hargaden *et al*. 2012).

2.5 Electrocardiografía

2.5.1 Generalidades

Al igual que el corazón de los demás seres vivos, el corazón del cuy consta de un sistema de conducción eléctrica que está basada en la pérdida del potencial eléctrico de reposo de la membrana celular para poder producir el potencial de acción. Este potencial resulta del cambio de la permeabilidad de la membrana celular a los iones de Na^+, Ca^{2+}, K^+ y Cl^-. La despolarización de la membrana inicia en las células marcapasos, para posteriormente estimular a los cardiomiocitos y así, producir la acción mecánica de la contracción y relajación cardiaca (Sacristán, 2018). Por ello, es importante realizar la evaluación electrocardiográfica en animales que poseen alguna patología que pueda alterar la actividad eléctrica del corazón.

La secuencia en las gráficas del ECG que se crea es característica de la diferencia de voltaje entre el miembro anterior izquierdo y el miembro posterior derecho, produciendo desviaciones en el trazado electrocardiográfico que indican cambios de voltaje a distintos niveles del corazón. En términos generales, el trazado comienza con la onda P que es esencialmente la despolarización auricular; continua con el complejo QRS, el cual es indicador de la despolarización ventricular y culminando con la onda T, esta última onda representa la repolarización del músculo ventricular (Klein, 2014).

En los primeros años de esta prueba como uso de investigación en distintas especies, se realizaba colocando al animal en cajas ajustables donde eran inmovilizados y a la vez se conectaban los electrodos, logrando las medidas electrocardiográficas sin necesidad de anestesiar al animal (Richtarik *et al*. 1965). En la actualidad, es considerada una técnica no invasiva que nos permite medir las diferencias de potencial eléctrico que se transmite a través de varios tejidos y de la piel (Ynaraja y Montoya, 2012). Existen estudios donde se busca determinar la seguridad del cuy para su uso como modelo experimental mediante el uso de fármacos anestésicos, indicando que, durante el tiempo de vida media del fármaco, puede llegar a generar alteraciones sobre las ondas electrocardiográficas. A pesar de que estas alteraciones se dan en menor medida que en otros animales, igual son indicativas de un cambio significativo si es que se desea determinar los valores referenciales más exactos para esta especie animal (Hauser *et al*. 2005; Kitagaki *et al*. 2005). Un estudio realizado en Brasil, determinó que la manera más correcta de hacer la medición de los parámetros ECG en cuyes es con el animal consciente, en ambientes tranquilos y silenciosos para que permitan una

sujeción suave, dando resultados de mayor exactitud debido a que no hay presencia de fármacos anestésicos que puedan alterar los patrones ECG (Bothelo *et al*. 2016). Otro factor importante que puede intervenir en la lectura ECG es el peso corporal del animal. Está demostrado que los cobayos que son alimentados con una dieta alta en grasas, y que por lo tanto produce un aumento de su condición corporal, generan lipotoxicidad a nivel de los cardiomiocitos, ocasionando principalmente alteraciones en la actividad eléctrica de las aurículas. La arritmia supraventricular que más está asociada con estos cambios, es la fibrilación auricular (Aromolaran, 2019).

2.5.2 Parámetros electrocardiográficos

Al igual que otras especies animales, como el perro y gato donde se realiza rutinariamente esta prueba, se miden principalmente las derivaciones I, II y III. Son denominadas derivaciones bipolares, estas se obtienen bajo la teoría de Einthoven, que según este autor se forma un triángulo alrededor del corazón debido a la distribución de los electrodos ubicados en los miembros anteriores derecho e izquierdo, y el miembro posterior izquierdo. La derivación I señala la diferencia de voltaje entre el miembro anterior izquierdo y el miembro anterior derecho, la derivación II mide la diferencia de voltaje entre los miembros posterior izquierdo con respecto al anterior derecho, y la derivación III se obtiene de la medida determinada entre el miembro posterior izquierdo y el anterior izquierdo. Es en estas derivaciones donde se pueden medir normalmente las alteraciones electrocardiográficas que se pudieran presentar sobre las ondas P, complejos QRS y onda T (Klein, 2014). También pueden darse alteraciones en la duración de los intervalos P-R y Q-T, siendo de gran ayuda su evaluación para medir el efecto que tienen distintos tipos de fármacos sobre estos parámetros, principalmente evaluado sobre el intervalo QT en cuyes (Bothelo *et al*. 2016; Hamlin *et al*. 2003; Hauser *et al*. 2005). Pruebas realizadas en cuyes bajo un ambiente controlado y tranquilo, determinaron que las derivaciones I, II y III y su uso para el análisis de los distintos parámetros, son los más indicados para esta especie animal (Bothelo *et al*. 2016).

Para la detección de arritmias es preferible hacer los trazados a una velocidad de 25 mm/s, aunque habitualmente esta prueba se realiza a 50 mm/s, especialmente usando la derivación II del electrocardiograma. En esta velocidad de 50 mm/s se puede hacer la lectura del electrocardiograma de manera más adecuada (Ynaraja y Montoya, 2012). Para el estudio sistemático del electrocardiograma, se considera su división en 4 etapas. La primera es determinar las medidas de las ondas, segmentos e intervalos; segundo, la frecuencia cardiaca;

tercero, el ritmo cardíaco, y por último, la determinación del eje eléctrico (Montoya e Ynaraja, 2007).

2.6 Importancia de las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro en la crianza del cuy

Los electrolitos que se concentran principalmente en el suero/plasma, son producto de 2 principales factores: La ingesta por parte de la dieta y el equilibrio ácido – base; por ello, la principal fuente de minerales de cualquier especie animal es la dieta (Ortiz, 2019). En la industria de producción animal, estos alimentos están enriquecidos con diversos minerales, que a su vez pueden influenciar en el balance de electrolitos de la dieta, que es el balance neto entre cationes y aniones fijos (Na + K - Cl, en mEq/kg de dieta) (Guzmán, 2015). El balance electrolítico dietético (BED) ayuda a regular la homeostasis de los fluidos corporales. Un mal suministro en la proporción de estos nutrientes de la dieta ocasiona diversos trastornos de estado metabólico en los animales, repercutiendo en el desarrollo productivo de los cuyes y ocasionando pérdidas económicas a los criadores. Dentro de estos trastornos tenemos alteraciones en el crecimiento de los animales y diversos problemas reproductivos; ocasionando por último la muerte del animal (Ortiz, 2019).

Por ello, es importante que los animales sometidos a un manejo intensivo reciban una dieta ideal que contenga la concentración necesaria de minerales para su buen desarrollo metabólico. Las principales fuentes alimenticias de minerales son la dieta, el agua y el suelo (Minerales en Nutrición animal, 2010); y los factores que suelen alterar su consumo son los relacionados con la calidad de los alimentos y su disponibilidad en la dieta, factores ambientales que ponen al animal en un estado de estrés, y presencia de enfermedades que alterarían su absorción y excreción (Ortiz, 2019).

Dentro de los principales electrolitos séricos tenemos al sodio, potasio y cloro, cada uno con una importancia dentro de la fisiología de los seres vivos. Aunque el establecimiento de los rangos referenciales va a ser determinado por cada laboratorio, tomando en consideración diversos factores intrínsecos (manejo del personal, equipos analíticos, entre otros) y extrínsecos (sexo, edad, manejo productivo, entre otros), ocasionando que estos valores de referencia puedan variar entre distintos laboratorios (Lazo *et al*. 2015; Rabe, 2011). A continuación, se señala la importancia de estos electrolitos séricos en los animales

domésticos, donde su estudio es más amplio, con el fin de llegar a tener una visión más extensa de sus funciones.

2.6.1. Potasio (K+)

El potasio es el catión intracelular más importante, el cual tiene una gran relación con la función muscular, la respiración, la función cardiaca, los impulsos nerviosos y el metabolismo de los carbohidratos (Sirois, 2020).

La regulación de la concentración sérica de potasio en animales que no se encuentren en un estado patológico, se da a través de 2 vías: La primera es mediante la distribución de potasio entre el fluido extracelular y el intracelular, principalmente cuando se produce una elevación de la concentración plasmática de potasio como resultado de la alimentación. Este proceso ocasiona la liberación de insulina, el cual va a actuar sobre la bomba Na^+ - K^+ - ATPasa, aumentando así la captación de K^+ en las células; otra hormona que estimula la captación de K+ es la adrenalina, que también tiene un efecto sobre la bomba Na^+ - K^+ - ATPasa. La segunda vía se da por la excreción renal de potasio, siendo regulada por la acción de la aldosterona sobre las células principales de los túbulos colectores, produciendo la secreción de este catión en estados de hiperkalemia. El potasio es conservado por las células intercaladas tipo A en casos de hipokalemia (Hall, 2016; Stockham *et al*. 2008). En casos de deficiencia de potasio, se observó que los potenciales de acción de las membranas del músculo estriado se encontraban más prolongados y había una elevación del potencial de membrana en reposo (Diercks *et al*. 2004; National Research Council, 1995).

Los principales problemas que generan la alteración de los niveles de potasio son los de origen gastrointestinal, ya sea por pérdida en vómitos y diarreas o por una deficiencia en la ingesta como parte de la dieta debido a que ocasionan desequilibrios ácidos – base por un aumento en la retención de ıones hidrógeno, provocando una reducción de la actividad de la bomba sodio – potasio – ATPasa y una disminución de la secreción de potasio (Hall, 2016).

Dentro de las patologías gastrointestinales, las principales son causadas por parásitos que pueden desencadenar altas tasas de morbilidad y mortalidad en los animales. Este tipo de infecciones gastrointestinales se pueden observar en cuyes sometidos a un manejo productivo intensivo, ocasionadas en su mayoría por parásitos del género *Eimeria spp*. (Suárez *et al*. 2014).

2.6.2. Sodio (Na +)

El sodio es el catión extracelular más importante; por ello, el organismo suele utilizar este electrolito para los diversos sistemas de transporte celular. Además, el sodio está relacionado principalmente con el movimiento de agua (H_2O) entre los espacios extracelulares e intracelulares, debido a cambios producidos sobre este mismo electrolito que repercuten en la presión osmótica como parte de respuestas fisiológicas o patológicas en el animal (Sharkey *et al*. 2010).

La regulación de la concentración sérica de sodio se da a través de 2 mecanismos principales: El primero de ellos es mediante la regulación del volumen sanguíneo, el cual, en casos de disminución del volumen sanguíneo se da una respuesta a través de las células yuxtaglomerulares (ubicadas en el riñón), produciendo la activación del Sistema Renina - Angiotensina – Aldosterona mediante la liberación de renina a nivel renal, el cual activará el angiotensinógeno para formar la angiotensina I, para posteriormente formar la angiotensina II por acción de la enzima convertidora de angiotensina, principalmente a nivel de los capilares pulmonares. La angiotensina II tiene un efecto directo sobre los túbulos renales, aumentando la reabsorción de sodio y agua, por otro lado, la angiotensina II también promueve la liberación de aldosterona por las glándulas suprarrenales; el cual también tiene la función de retener sodio y agua sobre las células tubulares renales. La hipovolemia también ocasiona una disminución de la estimulación de los barorreceptores arteriales, que a su vez estimulará al sistema nervioso central, y produciendo la síntesis de la hormona antidiurética (ADH) en el hipotálamo para ser liberada a través la neurohipófisis, favoreciendo la retención de sodio y agua a nivel renal. La regulación de la osmolalidad plasmática es el segundo mecanismo principal, que va a reaccionar frente a la hiperosmolaridad, estimulando los centros de sed para generar la ingesta de H_2O y liberación de ADH que estimulará principalmente la reabsorción de H_2O por los riñones (Hall, 2016; Stockham *et al*. 2008).

En terneros, se tiene registro de que se producen signos neurológicos cuando hay una pérdida severa de sodio, con concentraciones de sodio por debajo de 100 mEq/L. Se puede dar en casos de diarrea y/o administración de cantidades excesivas de agua, produciendo en los animales una hiponatremia hipotónica, que consiste en la disminución grave de sodio y desplazamiento del líquido extracelular al espacio intracelular. La hipernatremia

principalmente se da en las fases iniciales de diarrea, vómitos o enfermedad renal, siempre que exista una pérdida excesiva de agua en relación a la de electrolitos (Bradford, 2010).

2.6.3. Cloro (Cl -)

La concentración del cloro sérico es casi equivalente a su concentración en el fluido extracelular. El control de las concentraciones séricas de este ion se da principalmente por mecanismos dentro del tracto gastrointestinal. Un mecanismo se da en conjunto con la recaptación de sodio por los enterocitos. También existe una vía paracelular, el cual el cloro es absorbido asociado a un sistema de cotransporte de glucosa y aminoácidos. Por último, otro mecanismo consiste en el intercambio con el ion bicarbonato, y así el cloro pueda ingresar a la circulación sanguínea. A nivel renal, el cloro también tiene cierta reabsorción por medio de las células principales y células intercaladas del túbulo colector. Se reabsorbe como NaCl a través de las células principales; en las células también se da su absorción como NaCl y por medio de un intercambiador Cl-/HCO3-, por lo tanto, posee una participación importante en la regulación del equilibrio ácido - básico (Klein, 2014; Sharkey *et al.* 2010).

En situaciones donde el animal presenta hipercloremia, ésta se debe a pérdidas excesivas de bicarbonato, lo que ocasiona que se mantengan concentraciones elevadas de cloro en sangre. Estas alteraciones se deben principalmente a procesos diarreicos. La principal causa de hipocloremia en animales de producción se debe a pérdidas gastrointestinales, por la presencia de enfermedades que producen vómitos y diarreas. (Stockham *et al.* 2008)

2.7 Relación entre los electrolitos séricos y las ondas electrocardiográficas

Los electrolitos están involucrados dentro de la producción de potencial de acción de las células; por ello, es que las alteraciones en su homeostasis van a repercutir en la despolarización de las células cardiacas (cardiomiocitos y células marcapasos) y, por ende, conllevar a anomalías dentro de las gráficas electrocardiográfica (Klein BG. 2014). Para poder entender mejor la influencia de las concentraciones de los electrolitos séricos, se revisará su importancia dentro del potencial de acción de los cardiomiocitos y las células marcapasos.

La membrana celular se encuentra en un estado de reposo, con un potencial de membrana de -80 mV aproximadamente, donde la membrana plasmática no permite el

ingreso de Na^+ y presenta semipermeabilidad a los iones K^+ y Cl^-. El potencial de acción de los cardiomiocitos comienza con un impulso eléctrico que proviene de las células marcapasos. Este potencial de acción consta de 5 fases: La primera "Fase 0" está caracterizada por la apertura de los canales rápidos de Na^+, para permitir su ingreso hacia el intracelular y producir un cambio instantáneo del voltaje eléctrico de la membrana celular. Continúa la "Fase 1", donde los canales de Na^+ son inactivados rápidamente y comenzará la repolarización de las células mediante el flujo de salida de K^+ durante un breve periodo de tiempo; el ingreso del ion cloro asociado al Calcio puede contribuir a esta fase. La "Fase 2" o de meseta, que tiene una duración de 200 ms aproximadamente; se caracteriza por la activación de los canales lentos de calcio, que junto a una disminución de la corriente de salida de K^+, genera un equilibrio que otorga la forma de meseta a la gráfica en esta fase. En la "Fase 3" los canales de potasio se vuelven a abrir, aumentando su salida hacia el espacio extracelular y cerrándose los canales de calcio, devolviendo la potencial transmembrana al estado de reposo. Por último, en la "Fase 4", la membrana celular llega totalmente al estado de reposo y las concentraciones intracelulares de los iones que participaron en el potencial de acción se restauran mediante bombas iónicas (Na^+/K^+ - ATPasa, Ca^{2+} - ATPasa) y el intercambiador de Na^+/Ca^{2+} (Klein, 2014; Santilli *et al*. 2018).

Estudios en humanos demuestran que las bajas concentraciones de potasio y/o sodio pueden contribuir a la aparición de fibrilación auricular, principalmente por su rol sobre la acción de los nodos sinoatriales y las venas pulmonares (Lu *et al*. 2015). Existe información que indica que la hipokalemia en animales de compañía está asociada en primera instancia a la disminución de la excitabilidad celular y de la velocidad de conducción por un desplazamiento del potencial de reposo a estados más negativos; observándose en las gráficas electrocardiográficas la presencia de alteraciones en la duración de la onda P, aumento del intervalo PQ y aumento de la duración del complejo QRS (Santilli *et al*. 2018).

En estados de hiperkalemia, se produce un gradiente transmembrana más bajo y en consecuencia un potencial de reposo de la membrana celular menos electronegativo; estas alteraciones principalmente están documentadas en los miocitos auriculares en comparación con los miocitos ventriculares observándose ausencia de ondas P con la manifestación de parada auricular, esto puede deberse a un retraso en la conducción eléctrica intrauricular, lo que acentúa el aumento de la duración de la onda P y una reducción de su amplitud (Trefz *et al*. 2018; Santilli *et al*. 2018). Aunque esto puede variar dependiendo de qué tan elevados se encuentren los valores de potasio a nivel sanguíneo, pudiendo sumarse aumento de los

intervalos P-R, prolongación del complejo QRS que puede llegar a fusionarse con la onda T, y culminar con la asistolia que llevaría al evento fatal (Diercks *et al*. 2004).

Eventos relacionados con alteraciones en los niveles de sodio sérico se presentan principalmente con casos de hiperkalemia. Estudios en terneros que presentaban diarrea, mostraron ausencia de ondas P con disminución de la amplitud y velocidad de la fase "0" del potencial de acción, por lo que la hiponatremia podría potenciar el efecto cardiotóxico ocasionado por la hiperkalemia (Trefz *et al*. 2018).

Por otra parte, no hay evidencia científica que las alteraciones en la concentración de cloro presenten una relación directa con alteraciones en las ondas electrocardiográficas.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución y periodo de duración

La ejecución del examen electrocardiográfico y la toma de muestras sanguíneas para el presente estudio se realizó en un centro de crianza familiar - comercial, en la costa peruana a 9 m.s.n.m. Una vez obtenido los datos mediante el examen electrocardiográfico y sanguíneo para electrolitos séricos, se procedió a realizar el análisis de la información en la Clínica de Animales Menores (CAMe) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

3.2 Tamaño muestral

Para la determinación del tamaño muestral se tuvo diversas limitaciones. Uno de estos factores fue la disponibilidad de adquisición de estos animales del centro de crianza; además, se utilizó como referencia los tamaños muestrales determinados en otros estudios similares realizados en esta especie animal, tales como los utilizados por Hamlin *et al.* 2003; Hess *et al.* 2007 y Bektemuroğlu *et al*. 2011. Por lo tanto, debido a la accesibilidad limitada de los cuyes que se tuvo del centro de crianza, se pudo realizar la adquisición de 30 cuyes. Estos 30 cuyes (*Cavia porcellus*) machos de la línea Perú, clinicamente sanos, con un peso entre 600 y 800 gramos, provienen de un centro de crianza familiar - comercial de la costa peruana. Se consideraron clínicamente sanos a los cuyes que se encontraban alimentándose adecuadamente, con una condición corporal de 3, en base a un índice corporal en cuyes en la escala de 1 a 5 según Jiménez y Huamán (2010), además de no presentar signos clínicos, como diarreas, decaimiento e inapetencia. Los animales fueron evaluados mediante el examen electrocardiográfico y pruebas sanguíneas (suero para la medición de sodio, potasio y cloro). Para la realización del examen electrocardiográfico se sujetaron manualmente a los cuyes y con un tiempo de acostumbramiento al manejo de 3 - 5 minutos por parte de un operario del

establecimiento, con la finalidad de generar la menor excitación en los animales, y así minimizar las alteraciones obtenidas durante la realización de este procedimiento.

Para la toma de muestra sanguínea, se optó por la recolección de sangre de los animales dentro del mismo centro de crianza. El transporte de las muestras se realizó a temperatura ambiente, debido que se tuvo un tiempo de transporte de 1 hora con 30 minutos aproximadamente, hasta su procesamiento en la CAMe, UNMSM.

3.3 Estudio electrocardiográfico

Para la evaluación electrocardiográfica se utilizó un equipo electrocardiográfico de la marca Fukuda Denshi FX-7102, con uso de papel milimetrado especial y los electrodos utilizados para este equipo son de tipo pinza de cocodrilo. Para la realización del proceso electrocardiográfico, los animales fueron sujetados por el operario en decúbito esternal, colocándolos en el antebrazo izquierdo e inmovilizándolos dorsalmente con la mano derecha, ubicando al animal a una altura paralela al equipo electrocardiográfico (**Fig. 1**). Una vez inmovilizados los cuyes, se procedió a esperar entre 3 a 5 minutos para que se dé el acostumbramiento del animal, debido a que se pudo observar que en este tiempo de sujeción los cuyes comenzaron a mostrarse tranquilos y así lograr minimizar la excitación del animal durante la realización del procedimiento electrocardiográfico. Se utilizaron electrodos con pinza de cocodrilo no traumáticas para evitar molestias en el animal, las cuales siguen un sistema de colores que se distribuyen de la siguiente manera: el electrodo amarillo se coloca en la extremidad anterior izquierda; el de color rojo en la extremidad anterior derecha; el de color verde en la extremidad posterior izquierda; y el de color negro en la extremidad posterior derecha. Estas pinzas se colocan sobre los pliegues cutáneos, a la altura del codo y la patela de las extremidades. Luego se procede a humedecer el área donde se puso cada electrodo para asegurar una buena transmisión eléctrica durante la lectura, utilizando alcohol al 96°. **(Fig. 2**). Después de realizar la preparación del animal, se procedió a la evaluación electrocardiográfica **(Fig. 3)**. Las gráficas fueron obtenidas a una velocidad de 50 mm/s, usando las derivaciones I, II y III. En este estudio, la importancia del uso de estas derivaciones radica en que para determinar el eje eléctrico medio es necesario las derivaciones I y III mediante la utilización de las tablas de Tilley. El uso de la derivación II se fundamenta en su importancia tanto en medicina humana como en investigación de roedores, debido a la presencia de ondas que permiten una mejor visualización. Por ello, sólo se evaluarán estas derivaciones para la determinación de los parámetros electrocardiográficos, y no las derivaciones AVR, AVL y AVF (Farraj *et al*. 2011).



Figura 1. Sujeción manual del cuy para la realización del examen electrocardiográfico.

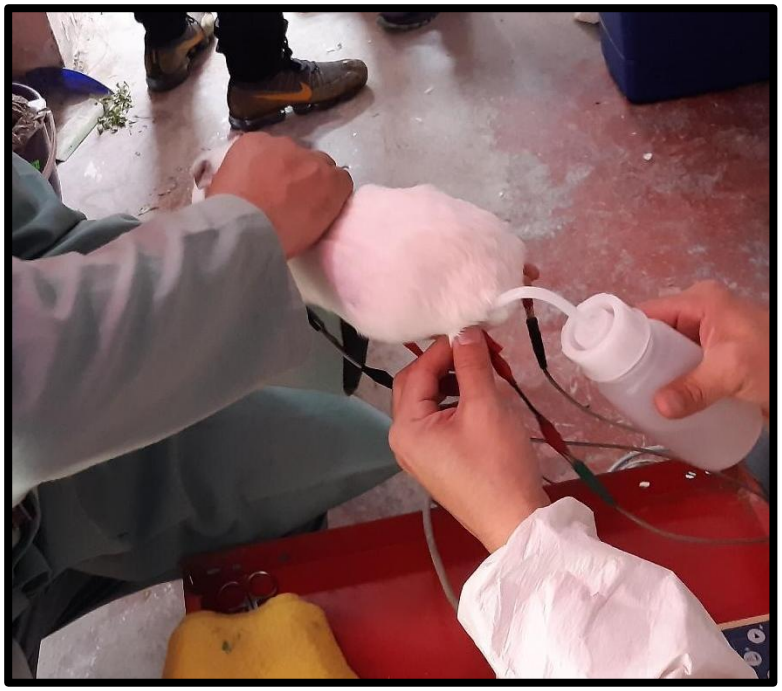

Figura 2. Aplicación de alcohol en la zona de colocación de electrodos en pinza de cocodrilo.

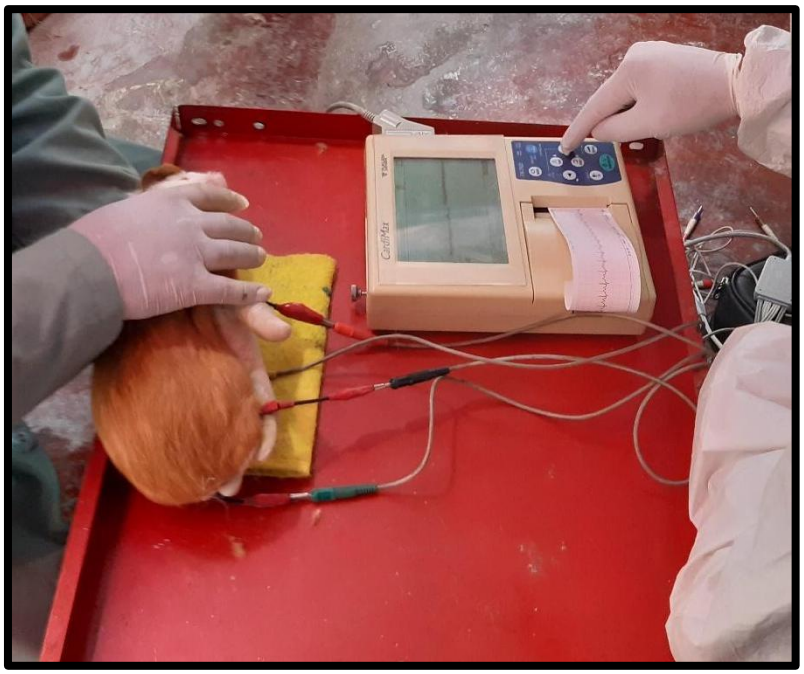

Figura 3. Realización del examen electrocardiográfico por medio del equipo Fukuda Denshi FX-7102

3.3.1 Equipos y materiales para medición de los parámetros del ECG

- Electrocardiógrafo Fukuda Denshi FX-7102
- Papel milimetrado para ECG
- Alcohol 96°
- Guantes de látex
- Cuaderno de anotaciones

3.3.2 Determinación de parámetros electrocardiográficos

Los parámetros electrocardiográficos que se tomaron en cuenta para el presente estudio fue la medición de la duración y amplitud de la onda P, complejo QRS y onda T; la duración de los intervalos y/o segmentos P-R, Q-T y R-R; y frecuencia cardiaca. Estos parámetros fueron evaluados mediante el análisis de la derivación II **(Fig. 4, 5 y 6).** Para la velocidad de 50 mm/s a la que estamos trabajando, la duración por cada segmento de medida de 1 mm corresponde a 0.02 s; para determinar la amplitud se usa una equivalencia de 10 mm para obtener 1 mV, indicando que un 1 mm posee un valor en milivoltios de 0.1 mV.

El método a utilizar para la medición de la frecuencia cardiaca se basa en el número de complejos QRS durante 2 segundos, que equivale a 10 cm a una velocidad de 50 mm/s. Esta cantidad de complejos QRS se multiplica por un factor 30 (Ynaraja y Montoya, 2012), que nos permitirá determinar el total de complejos existentes en un minuto. Por lo tanto, será la cantidad total de latidos durante un minuto.

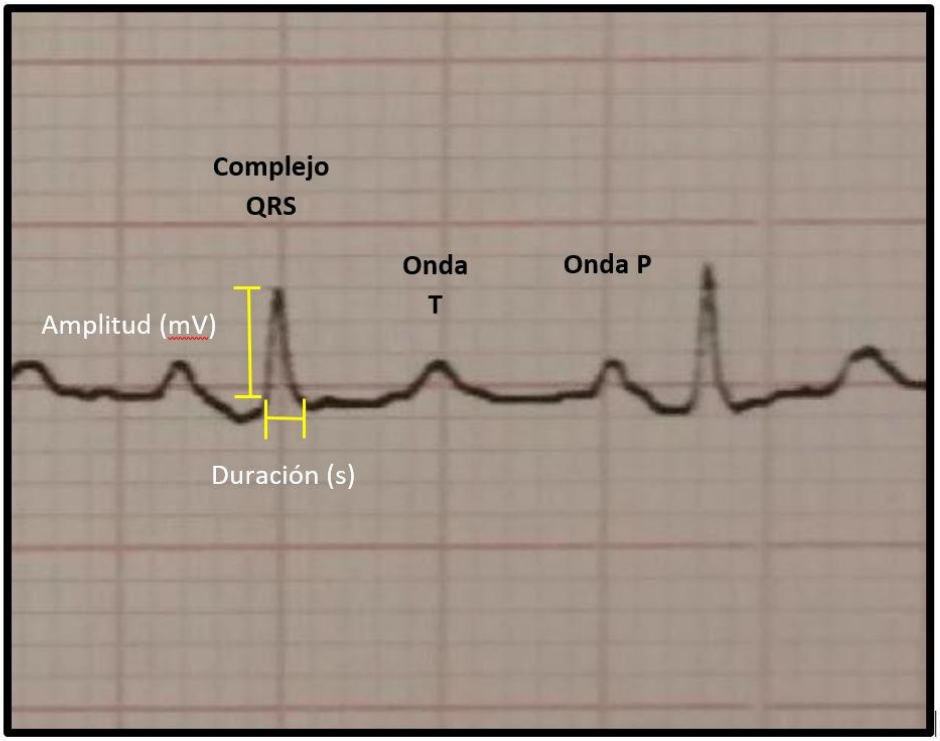

Figura 4. Estimación de la duración y amplitud de la onda P, complejo QRS y onda T.

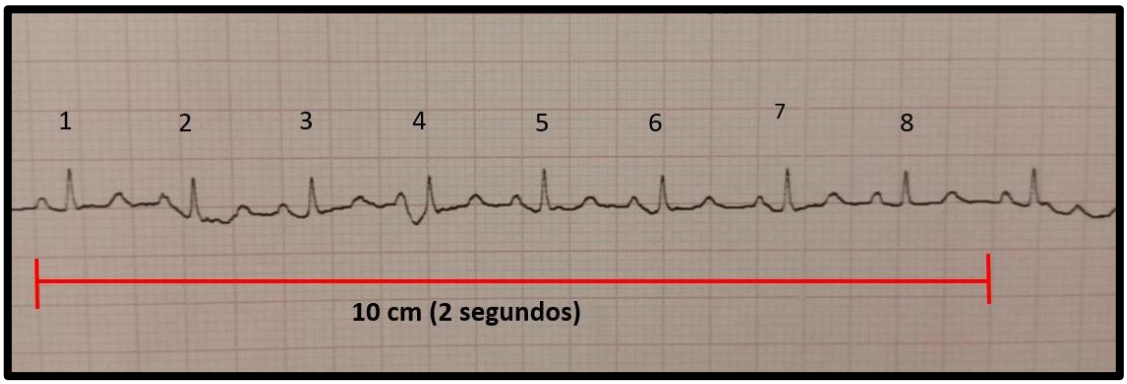

Figura 5. Determinación de frecuencia cardiaca a velocidad de 50 mm/s en la derivación II.

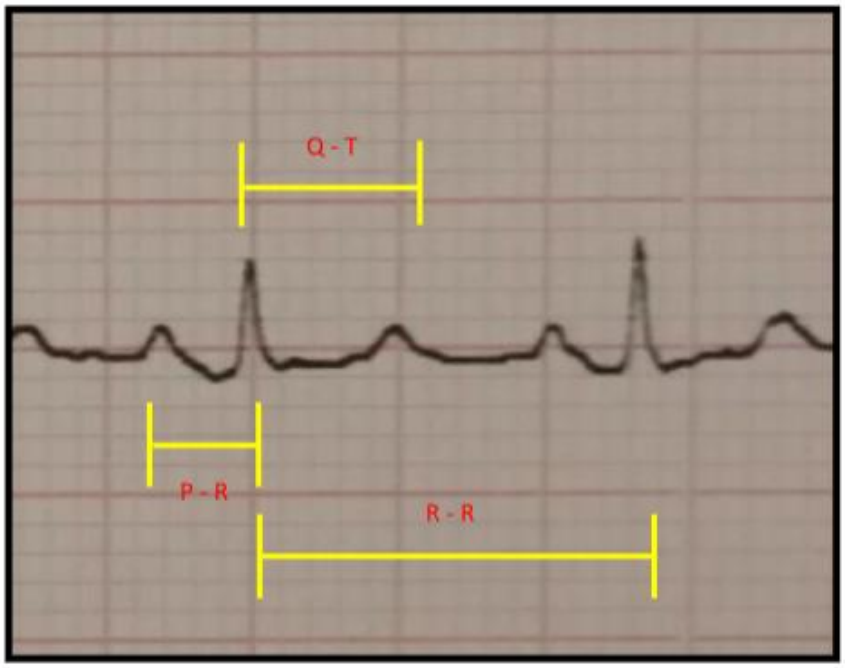

Figura 6. Determinación de intervalos y/o segmentos P-R, Q-T y R-R en la derivación II

El método de medición para determinar el eje eléctrico se realizó mediante el uso de las derivaciones I y III y las tablas matemáticas para el cálculo del eje cardíaco en la especie canina y felina (Tilley, 1992; Ynaraja y Montoya, 2012). Este cálculo se obtuvo midiendo la cantidad de cuadros verticales que ocupa cada onda en el complejo QRS. Tomando como punto de referencia la línea basal de cada gráfica, el tamaño de la onda R representaría cuadros positivos, a los que tendría que sumarse los cuadros que representan el tamaño de las ondas Q y S. Por lo general, estas ondas tienen un valor negativo debido que se encuentran opuestas a la onda R, la suma de estos valores daría un valor numérico y su ubicación dentro de las tablas matemáticas de Tilley (1992), nos permite determinar el ángulo para el eje eléctrico, en base a los resultados obtenidos mediante el cálculo descrito sobre las derivaciones I y III **(Apéndice 7).**

3.4 Estudio de las concentraciones séricas de Na^+, K+ y Cl^-

Para la toma de las muestras sanguíneas, se optó la venopunción de la vena cefálica o safena, debido a que se puede realizar con el animal consciente (Nucleus, 2012; Castro-Sesquen *et al*. 2011). El procedimiento comenzó con la desinfección de la zona de punción, utilizando alcohol a 96°; luego se procedió a realizar la venopunción con una jeringa de tuberculina extrayendo aproximadamente 1 ml de sangre. Las muestras de sangre recolectadas fueron vaciadas en tubos con gel separador (tapa amarilla) con capacidad de 800 ul. Luego de esperar 20 a 30 minutos aproximadamente para la formación del coágulo, se realizó la centrifugación de estas a 3000 rpm durante 5 minutos para poder mantener el suero aislado del paquete celular, y así evitar que los cambios producidos en las células ocasionen alteraciones en los resultados. Se extrajo entre 300 a 400 µl de suero de cada tubo y se colocó en viales de polipropileno. Los viales fueron trasladados a la CAMe de la FMV – UNMSM a temperatura ambiente, para que puedan ser procesados por el equipo Catalyst One Idexx (Fig. 7). Para el procesamiento en este equipo fue necesario colocar 300 ul de suero en recipientes especiales para muestra. Se ingresó la información correspondiente a cada animal en el sistema interno del equipo Catalyst One Idexx para poder realizar la identificación de los resultados de éstos, y así lograr un manejo ordenado y claro de los datos obtenidos. El análisis del suero de cada muestra por el equipo Catalyst One Idexx tuvo una duración de 15 minutos aproximadamente.



Figura 7. Equipo Catalyst One Idexx para el análisis de suero sanguíneo

3.4.1 Equipos y materiales para el análisis de muestras de suero

- ✓ Equipo Catalyst One Idexx
- ✓ Tuberculinas
- ✓ Tubo con gel separador para colecta de sangre de 800 ul
- ✓ Viales de polipropileno de 2 ml
- ✓ Pocillos de 300 µl
- ✓ Micropipeta
- ✓ Centrífuga
- ✓ Caja de Tecnopor
- ✓ Gel refrigerante
- ✓ Algodón
- ✓ Guantes de látex

3.4.2 Determinación de las concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^-

Las concentraciones séricas de sodio, potasio y cloro se obtuvieron usando el equipo Catalyst One Idexx, el cual usa una tecnología de potenciometría directa mediante el método de cambio de fluorescencia. El fundamento de esta metodología radica en la interacción de los analitos con reactivos específicos, ocasionando un cambio de color que provoca fluorescencia, el cual se mide mediante el uso de sensores específicos de iones para producir en un resultado numérico basado en la intensidad (fluorometría) (Fowlie, 2020). Todo este proceso nos brinda resultados en un tiempo aproximado de 15 minutos por muestra, una vez ingresadas en el equipo. La seguridad de los resultados obtenidos se debe al tipo de kits que utiliza, teniendo varias capas que minimizan las impurezas (Operator guide, 2020). Debido a que este equipo no tiene valores de referencia estandarizados para cuyes, trabajamos en base a la media y desviación estándar de los datos obtenidos de los 30 animales.

3.5 Análisis estadístico

Para este estudio de tipo descriptivo, la información que fue obtenida luego de realizar el estudio electrocardiográfico y bioquímico de electrolitos, procedió a ser almacenada en una base de datos del programa Microsoft Office Excel para una mejor organización de datos al momento de realizar el análisis estadístico. Los datos se dividieron en base al tipo de variables que cada análisis utilizará para la obtención de sus resultados, siendo estas variables la duración y amplitud de la onda P, complejo QRS y onda T; la duración de los intervalos y/o segmentos P-R, Q-T y R-R; frecuencia cardiaca, eje eléctrico medio y concentraciones de Na^+, K^+ y Cl^-. Una vez divididos los datos por cada prueba a utilizar (Electrocardiográfica y concentraciones de Na^+, K^+ y Cl^-), se procedió a realizar las pruebas estadísticas de la media y desviación estándar.

4 RESULTADOS

Para los valores de frecuencia cardiaca obtenidos en los 30 cuyes, presentaron valores mínimo y máximo de 210 lpm y 360 lpm, respectivamente con una media y desviación estándar de 297 ± 44.81 lpm.

De los resultados obtenidos para la evaluación de los parámetros de la onda P, complejo QRS y onda T; se pudo apreciar que la duración (s) y amplitud (mV) de la onda P es de 0.02 ± 0.011 segundos y de 0.12 ± 0.043 mV, respectivamente. Para el complejo QRS, la duración es de 0.02 ± 0.004 s y la amplitud de la onda R de 0.37 ± 0.12 mV. Por último, la onda T presentó una duración 0.03 ± 0.01 s y una amplitud de 0.09 ± 0.024 mV **(Cuadro 1)**.

Cuadro 1. Parámetros electrocardiográficos de la amplitud y duración de la onda P, complejo QRS y Onda T medidos en una velocidad de 50 mm/s

		"n"	Media	Desviación estándar	Valores extremos	
					Mínimo	Máximo
Onda P	**Amplitud (mV)**	30	0.12	± 0.043	0.05	0.2
	Duración (s)	30	0.02	± 0.011	0.02	0.06
Onda R	**Amplitud (mV)**	30	0.37	± 0.12	0.2	0.7
Complejo QRS	**Duración (s)**	30	0.02	± 0.004	0.02	0.04
Onda T	**Amplitud (mV)**	30	0.09	± 0.024	0.05	0.2
	Duración (s)	30	0.03	± 0.01	0.02	0.04

Tras el análisis de los datos obtenidos de los 30 animales, se determinó la media y desviación estándar de la duración de los intervalos P-R, Q-T y R-R; estos resultados pueden observarse en el cuadro 2.

Cuadro 2. Duración (en segundos) de los intervalos electrocardiográficos P-R, Q-T y R-R, sobre la derivación II.

Intervalos	**"n"**	**Media (s)**	**Desviación estándar**	**Valores extremos**	
				Mínimo	**Máximo**
P-R (s)	30	0.06	± 0.001	0.04	0.08
Q-T (s)	30	0.11	± 0.01	0.08	0.14
R-R (s)	30	0.21	± 0.03	0.16	0.28

Luego, se determinó el valor del eje eléctrico medio mediante la evaluación del complejo QRS sobre las derivaciones I y III de las gráficas electrocardiográficas, según la tabla de Tilley (2012). Los 30 cuyes en estudio presentaron resultados muy variados, encontrándose datos con un valor extremo mínimo y máximo de -60° y +109°, respectivamente. Estos resultados pueden visualizarse en el **apéndice 6**.

Durante la evaluación de los parámetros electrocardiográficos, se pudo determinar que el 96.67 % de los cuyes presentaban un ritmo cardíaco regular (Derivación II). Sin embargo, uno de los animales (3.33%), evidenció la presencia de focos ectópicos auriculares. Este mismo animal no presentó alteración en la concentración de sodio, potasio y cloro.

Respecto a la evaluación de sodio, potasio y cloro en suero, se observa los valores obtenidos para su media y desviación estándar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^- en 30 cuyes en etapa de recría y clínicamente sanos.

Electrolitos séricos	Media	Desviación estándar	Valores extremos	
			Mínimo (mEq/L)	Máximo (mEq/L)
Sodio	137	± 10.56	121	175
Potasio	6.7	± 1.14	4.8	>10.0*
Cloro	105	± 8.59	92	138

(*) Señala el valor de un animal que mostró una medición del potasio por encima de lo detectable por el equipo de análisis.

5 DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó los parámetros electrocardiográficos en cuyes de una granja de crianza familiar - comercial, adicionalmente se determinó las concentraciones séricas de Na+, K+ y Cl-; debido a la importancia de estos electrolitos en la fisiología eléctrica del corazón. Por lo tanto, la recolección de datos en cuyes sobre estos parámetros de estudio permitirá tener un enfoque para estudios futuros.

Dentro de los parámetros electrocardiográficos evaluados, los resultados hallados para la frecuencia cardiaca fueron de 297 ± 44.81 lpm, el cual mostró similitud con los datos reportados por Bothelo et al. (2016), donde reportaron una frecuencia cardiaca que variaba de 191.7 a 381 lpm. También se pudo encontrar similitud con lo reportado por Hauser et al. 2005, que comparaba los parámetros cardiovasculares de cuyes anestesiados y no anestesiados, mostrando una frecuencia cardiaca en los cuyes no anestesiados de 250 a 300 lpm. Los resultados hallados para la longitud y amplitud de las ondas P y onda T, mostraron similitud con los valores encontrados por Bothelo et al (2016); sin embargo, la duración del complejo QRS que varió de 0.02 a 0.04 s, es similar a los valores descritos por Hess et al (2007) que oscilaban de 0.017 a 0.019 s; pero difieren de los valores encontrados por Bothelo et al (2016), que se encontraban entre 0.041 y 0.091 s. Esta diferencia en la duración del complejo QRS con otros autores, podría atribuirse al uso de distintas técnicas como telemetría, sujeción manual, al momento de la obtención de las gráficas ECG.

En la evaluación de la duración de los intervalos P-R, Q-T y R-R, se obtuvo una duración de 0.06 ± 0.001 (s), 0.11 ± 0.01 (s) y 0.21 ± 0.03 (s), respectivamente. El resultado para el intervalo P-R, mostró similitud con los valores expuestos por Hess et al. (2007) y Bothelo et al. (2016). A la vez, los resultados para los intervalos Q-T y R-R también mostraron semejanza con los valores de cuyes no anestesiados, obtenidos en estudios que buscaban comparar diferencias de esta variable entre animales conscientes y anestesiados (Hamlin et al. 2003; Hauser et al., 2005; Hess et al. 2007 y Bothelo et al. 2016). Según Hess (2007), el valor promedio que determinó la duración del intervalo R- R, bajo un estudio de implantación de electrodos para la evaluación telemétrica, fue de 0.22 ± 0.007 segundos; el cual muestra una gran similitud con los datos que se estableció para el intervalo R-R, siendo

éste entre 0.18 y 0.23 segundos. Por lo tanto, se establece que, el manejo cuidadoso de los cuyes durante la inmovilización permite obtener datos confiables de estos parámetros electrocardiográficos en cuyes sometidos a una crianza familiar - comercial.

El eje eléctrico medio obtenido de los 30 animales se encontró dentro de un valor mínimo de -60° y un valor máximo de +109°, siendo un rango mucho mayor comparado al rango de 0° a 60° del eje eléctrico establecido por Bothelo *et al*. (2016) Esta gran dispersión entre los valores hallados, se puede relacionar al hecho de que se utilizó un modelo de determinación del eje eléctrico medio establecido para caninos y felinos (Tilley, 1992). Además, se debe tener en cuenta que factores como la edad, peso de los cuyes, posicionamiento durante la inmovilización pueden influenciar en la medición de este parámetro.

Por otro lado, las concentraciones de sodio, potasio y cloro hallados en el presente estudio mostraron similares con los datos reportados por Hargaden *et al.* (2012), donde establecen valores para Na^+, K^+ y Cl^- de 121-126 mEq/l, 4-6 mEq/l y 96-98 mEq/l; respectivamente. De igual manera, se obtuvieron resultados similares a los mostrados por Kitagaki *et al*. (2005), donde se reportaron valores de 133 ± 3 mEq/l, 102 ± 7 mEq/l y 4.9 ± 1 mEq/l para Na+, K+ y Cl-, respectivamente. Además, Fabianek y Appleton (1964) reportaron concentraciones de 140 mEq/l para el Na^+, 9.1 mEq/l para K^+ y 115 mEq/l para Cl^- en cuyes macho, donde se pudo observar similitud con los datos de nuestro estudio. Las variaciones pueden estar relacionadas con el tipo de alimentación, método de extracción de sangre, factores técnicos en la metodología analítica. Debido a que en una muestra del presente estudio se obtuvo un valor de K^+ mayor a 10 mEq/L y no presentaba hemólisis, se debería considerar alguna otra patología asociada a hiperkalemia. Además, este cuy presentó una duración (en segundos) elevada de la onda P y un eje eléctrico medio de -60°. Estos hallazgos estarían relacionados con la mayor sensibilidad del tejido auricular que poseen los cuyes con respecto a alteraciones electrocardiográficas, ya que existe una susceptibilidad por parte del tejido auricular a estos cambios homeostáticos (Amorolaran, 2019; Diercks *et al*. 2004). Según Uribe *et al.* (2005) y Santilli. (2018), en casos de hiperkalemia se puede observar aumentos en la duración de la onda P ocasionados por el retraso en la conducción eléctrica auricular. También se indica que elevaciones extremas del potasio en sangre están asociadas a mortalidad en los animales. Por lo tanto, sería necesario complementar con más exámenes que puedan ayudar a determinar la causa exacta de esta alteración.

De los 30 cuyes sometidos al examen electrocardiográfico, solo el 3.3% (1/30) presentó focos ectópicos auriculares. El animal que presentaba esta alteración electrocardiográfica no tenía hiperkalemia, por lo tanto, no pudo establecerse como una causa de esta patología. Además, otros estudios indican que en ratas la estimulación adrenérgica por catecolaminas, especialmente noradrenalina, sobre el músculo cardiaco que se extiende a la vena pulmonar proximal puede desencadenar la producción de potenciales de acción sobre el músculo cardíaco de la aurícula izquierda. (Maupoil *et al.* 2007; Doisne *et al.* 2009). Por lo tanto, la estimulación de las venas pulmonares puede producir de manera independiente una actividad de marcapasos sobre la aurícula izquierda (Cheung, 1981), pudiendo llegar a ocasionar focos ectópicos auriculares. Al existir una relación entre el factor estimulante del manejo con la liberación de catecolaminas, no se descarta la posibilidad de que este factor esté involucrado en la presencia ocasional de focos ectópicos en este único cuy. Por otro lado, a pesar de que en el 96.7% (29/30) no pudo observarse la presencia de arritmias al momento exacto de la evaluación electrocardiográfica, no se tiene información si existe presencia de estas alteraciones en las gráficas ECG en algún otro momento del día; por ello en animales que evidencien este tipo de alteración sin presencia de cambios en la concentración sérica de K+ sería necesario realizar una evaluación tipo Holter modificado a cuyes, el cual nos permitirá determinar si la alteración en el ECG fue ocasionada por el estrés del animal o alguna otra patología cardiaca. (Santilli *et al*. 2018; Kittleson, 2000).

6 CONCLUSIONES

- De los cuyes evaluados, se determinó que el 96.7% no presentaron arritmias cardiacas durante la evaluación electrocardiográfica y las concentraciones séricas de Na^+, K^+ y Cl^- mostraron valores similares con los reportados por otros autores.

7 LITERATURA CITADA

1. ***Aliaga L, Moncayo R, Rico E, Caycedo A. 2009***. Producción de cuyes. Lima, Perú: Fondo Editorial UCSS. 791p.
2. ***Aromolaran AS. 2019.*** Mechanisms of electrical remodeling in lipotoxic guinea pig heart. Biochem Biophys Res Commun 519(3): 639-644.
3. ***Bradford PS. 2010***. Medicina Interna de Grandes Animales. 4ª ed. Madrid: Elsevier. 1868 p.
4. ***Bothelo AFM, Oliveira MS, Soto-Blanco B, Melo MM. 2016.*** Computerized electrocardiography in healthy conscious guinea pigs (*Cavia porcellus*). Pesq Vet Bras 36(12): 1203-1208.
5. ***Caldin M. 2013.*** Electrolitos: Sodio, Potasio y Cloro. En: Cerón JJ. Análisis Clínicos en Pequeños Animales. Ed. Buenos Aires: Intermédica Editorial. p 237-256.
6. ***Carbó R, Guarner V. 2003.*** Cambios en el metabolismo cardíaco y su posible aprovechamiento en la terapéutica (Parte I). Arch Cardiol Méx p 218-229.
7. ***Castro - Sesquen YE. Gilman RH, Yauri V, Angulo N, Verastegui M, Velásquez DE, Sterling CR, Martin D, Bern C. 2011***. Cavia porcellus as a model for experimental infection by Trypanosoma cruzi. Am J Pathol 281-288.
8. ***Chauca L. 1997.*** Produccion de Cuyes (Cavia porcellus). 1ed. Roma: FAO. 93 p.
9. ***Cheung DW. 1981.*** Electrical activity of the pulmonary vein and its interaction with the right atrium in the guinea-pig. J Physiol 314: 445 – 456.
10. ***Chirinos O, Muro Mesones K, Concha W, Otiniano J, Quezada J, Rios V. 2008***. Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño. – Lima. Universidad ESAN. Serie Gerencia Global 8.
11. ***Diercks DB, Shumaik GM, Harrigan RA, Brady WJ, Chan TC. 2004.*** Electrocardiographic manifestations: Electrolyte abnormalities. J Emerg Med Vol 27(2): 153-60.
12. ***Doisne N, Maupoil V, Cosnay P, Findlay I. 2009.*** Catecholaminergic automatic activity in the rat pulmonary vein: electrophysiological differences between cardiac muscle in the left atrium and pulmonary vein. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 297(1): H102 - H108.
13. ***Fabianek J, Appleton HD. 1964.*** Serum electrolyte pattern of normal and scorbutic guinea pigs. Arch Int Physiol Biochim. 72 (1): 66-69.
14. ***Farraj AK, Hazari MS, Cascio WE. 2011.*** The Utility of the Small Rodent Electrocardiogram in Toxicology. Toxicol Sci 121(1): 11-30.

15. ***Fowlie S. 2020.*** Electrolyte analysis in dogs with hypoadrenocorticism: A comparison of two in-house analysers with a reference laboratory. Master's Thesis in Veterinary Medicine. University of Glasgow p 94.
16. ***García JA, Reding A, López JC. 2013.*** Cálculo del tamaño de la muestra en investigación de educación médica. Inv Ed Med 2(8): 217 – 224.
17. ***Gil-Santos V. 2007.*** Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. Arch. Latinoam Prod Anim 15(1): 216-217.
18. ***Guzmán-Pino SA, Solà-Oriol D, Davin R, Manzanilla EG, Pérez JF. 2015***. Influence of dietary electrolyte balance on feed preference and growth performance of postweaned piglets. J Anim Sci 93(6): 2840-2848.
19. ***Hamlin RL, Kijtawornrat A, Keene BW, Hankub DM. 2003***. QT and RR Intervals in Conscious and Anesthetized Guinea Pigs with Highly Varying RR Intervals and Given QTc-Lengthening Test Articles. Toxicol Sci 76(2): 437-42.
20. ***Hall JE***. **2016.** Guyton y Hall Tratado de fisiología médica. 13° ed. Barcelona: Elsevier. 1145 p.
21. ***Hargaden M, Singer, L. 2012***. Anatomy, Physiology, and Behavior. The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents p 585-586.
22. ***Hauser DS, Stade M, Schmidt A, Hanauer G. 2005.*** Cardiovascular parameters in anaesthetized guinea pigs: A safety pharmacology screening model. J Pharmacol Toxicol Methods 52 (1): 106 – 14.
23. ***Hess P, Rey M, Wanner D, Steiner B, Clozel M. 2007***. Measurements of blood pressure and electrocardiogram in conscious freely moving guineapigs: a model for screening QT Interval prolongation effects. Lab Anim 41(4): 470-80.
24. ***Kitagaki M, Yamaguchi M, Nakamura M, Sakurada K, Suwa T, Sasa H. 2005***. Age-related changes in haematology and serum chemistry of Weiser-Maples guinea pigs (*Cavia porcellus*). Lab Anim 39(3): 321-330.
25. ***Kittleson, M.; R. Kienle. 2000***. Medicina cardiovascular de pequeños animales. 2º edición. Edit. Multimédica. Barcelona-España. p 603.
26. ***Klein BG. 2014.*** Cunningham Fisiología Veterinaria. 5ª ed. Barcelona: Elsevier. 586 p.
27. ***Lu Y-Y, Cheng C-C, Chen Y-C, Lin Y-K, Chen S-A, Chen Y-J. 2015.*** Electrolyte Disturbances Differentially Regulate Sinoatrial Node and Pulmonary Veins Electrical Activity: a Contribution to Hypokalemia or Hyponatremia-induced Atrial Fibrillation. Heart Rhythm. 13(3): 781-8.
28. ***Mamani TD. 2016***. Evaluación de dos niveles de energía y dos sistemas de alimentación en dietas altas en fibra durante la reproducción de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Agr. La Molina. p 128.

29. ***Maupoil V, Bronquard C, Freslon JL, Cosnay P, Findlay I. 2007.*** Ectopic activity in the rat pulmonary vein can arise from simultaneous activation of alpha1- and beta1-adrenoceptors. Br J Pharmacol. 150(7): 899 – 905.
30. ***Minerales en la Nutrición Animal. 2010.*** Zootecnia. [Internet]. Disponible en: https://alejandrajaimeperez.wordpress.com/2010/06/03/minerales/.
31. ***Montes T. 2012***. Universidad Nacional Agraria La Molina. [Internet], Disponible en: https://www.agrobanco.com.pe/.
32. ***Montoya JA, Ynaraja E. 2007.*** Manual práctico de Electrocardiografía en pequeños animales. Barcelona: Elsevier. p 234.
33. ***Mourelle AC, Herrero E, Ricca M. 2013.*** Recomendaciones para manipulación y sujeción de ratas y ratones de laboratorio. Spei Domus 9(19): 39-47.
34. ***National Research Council (US) Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. 1995.*** Nutrient Requirements of Laboratory Animals: Fourth Revised Edition, Washington (DC): National Academies Press (US); [Internet] [1995]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927/ doi: 10.17226/4758.
35. ***Nucleus. 2012.*** Salamanca: Universidad de Salamanca. [Internet], [Abril 2012]. Disponible en: https://nucleus.usal.es/ .
36. ***Portal de Transparencia. 2020.*** Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. [Internet], [9 octubre 2020]. Disponible en: https://www.inia.gob.pe/
37. ***Operator guide. 2020.*** USA: IDEXX Laboratories. [Internet]. Disponible en: https://www.idexx.com/files/catalyst-one-operators-guide-en.pdf
38. ***Ortiz MJ. 2019.*** Niveles séricos y correlaciones del Calcio, Fosforo y Magnesio en cuyes del CIP Majes, Arequipa. Tesis de Medico Veterinario. Univ. Nac. del Altiplano. p 17-20.
39. ***Rabe H. 2011***. Referenzwerte blutchemischer Parameter bei Meerschweinchen bestimmt mit dem Vettest® 8008 [Reference ranges for biochemical parameters in guinea pigs for the Vettest®8008 blood analyzer]. Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere. 39(3):170-5.
40. ***Richtarik A, Woolsey TA, Valdivia E. 1965.*** Method for recording ECG´s in unanesthetized guinea pigs. J Appl Physiol 20(5): 1091 – 1093.
41. ***Sacristán AG. 2018***. Fisiología Veterinaria. Ed Madrid: Tébar Flores. 1296 p.
42. ***Sánchez D, Barba L, Morales A, Palmay J. 2018.*** Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. Mesc:3-6.
43. ***Santilli R, Sydney N, Pariaut R, Perego M. 2018.*** Electrocardiography of the dog and cat: Diagnosis of Arrhythmias. 2ª ed. Milano: p 348.
44. ***Stan F, Damian A, Dezdrobitu C, Martono C, Gudea A. 2015***. Heart topography and pericardic ligaments of guinea pigs. Scientific Works Series C. Vet Med Vol 1 LXI(1): 58 – 61.

45. ***Schiffmann, H., Flesch, M., Hauseler, C., Pfahlberg, A., Bohm, M., and Hellige, G. 2002.*** Effects of different inotropic interventions on myocardial function in the developing rabbit heart. Basic Res Cardiol. 97, 76–87.
46. ***Spotorno AE, Manríquez G, Fernández A, Marín JC, Gonzáles F, Wheeler J. 2007.*** Domestication of guinea pigs from a southern Peru-Noethern Chile wild species and their middle pre-columbian mummies. En: The Quintessential Naturalist: Honoring the Life and Legacy of Oliver P. Pearson. University of California Publications in Zoology 134: 367-388.
47. ***Suarez FA, Morales S, Eglinton A. 2014***. Universidad Científica del Sur. Vol. 11 Núm. 1 [6 mayo 2016], [Internet]. Disponible en: https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/cientifica/article/view/182
48. ***Stockham SL, Scott MA. 2008.*** Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology. 2rd ed. Oxford: Blackwell. 495 – 525 p.
49. ***Sirois M. 2020.*** Laboratory Procedures for Veterinay Technicians. 7ª ed. Norcross: Elsevier. 424 p.
50. ***Sharkey LC, Radin J. 2010.*** Manual of Veterinary Clinical Chemistry: A Case Stusy Approach. 1ª ed. New York: Teton NewMedia. 424 p.
51. ***Tilley, LP. 1992.*** Essentials of canine and feline electrocardiography. Interpretation and treatment. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 470 p.
52. ***Trefz FM, Lorenz I, Constable PD. 2018.*** Electrocardiographic findings in 130 hospitalized neonatal calves with diarrea and associated potassium balance disorders. J Vet Intern Med. 00: 1-15.
53. ***Uribe W, Duque M, Medina E. 2005.*** Electrocardiografía y arritmias. Ed. Bogotá: Export Editores. 144 p.
54. ***Vivas JA. 2009***. Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*). Universidad Nacional Agraria. 9-10.
55. ***Wagner, J.E., 1976***. Introduction and Taxonomy. In: Wagner, J.E., Manning, P.J. The Biology of the Guinea Pig. Academic Press, London 1–4.
56. ***Ynaraja E, Montoya JA. 2012.*** Manual de electrocardiografía clínica canina. 2ª ed. Zaragoza: Servet editorial. 202 p.
57. ***Zendejas FJ, Ocampos L. 1981***. Posibilidades y limitaciones de la electrocardiografía canina. Ciencia veterinaria 3: 468-507.

8 APÉNDICES

Apéndice 1. Frecuencia cardiaca obtenida mediante la lectura de las gráficas electrocardiográficas sobre la derivación II.

Animales	Frecuencia cardiaca (lpm)
1	240
2	240
3	300
4	210
5	330
6	330
7	240
8	330
9	360
10	240
11	360
12	300
13	360
14	240
15	330
16	240
17	330
18	330
19	300
20	330
21	300
22	360
23	330
24	270
25	270
26	300
27	330
28	270
29	240
30	300

Apéndice 2. Medición de amplitud y duración de la onda P, complejo QRS y onda T.

Animal	Onda P		Complejo QRS		Onda T	
	Amplitud (mV)	Duración (s)	Amplitud (mV)	Duración (s)	Amplitud (mV)	Duración (s)
1	0.1	0.03	0.3	0.04	0.1	0.04
2	0.1	0.04	0.4	0.02	0.1	0.04
3	0.1	0.02	0.3	0.02	0.1	0.02
4	0.1	0.04	0.3	0.02	0.1	0.02
5	0.2	0.04	0.4	0.02	0.1	0.04
6	0.1	0.04	0.5	0.02	0.1	0.02
7	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.04
8	0.05	0.02	0.2	0.02	0.1	0.04
9	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.02
10	0.1	0.04	0.2	0.02	0.1	0.04
11	0.1	0.02	0.2	0.02	0.1	0.02
12	0.1	0.06	0.4	0.02	0.2	0.04
13	0.1	0.02	0.2	0.02	0.1	0.04
14	0.1	0.04	0.4	0.02	0.1	0.04
15	0.2	0.02	0.3	0.02	0.1	0.02
16	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.02
17	0.2	0.04	0.5	0.02	0.1	0.02
18	0.2	0.04	0.6	0.02	0.1	0.02
19	0.2	0.04	0.4	0.02	0.1	0.04
20	0.1	0.02	0.2	0.02	0.1	0.02
21	0.15	0.02	0.5	0.02	0.05	0.02
22	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.02
23	0.1	0.02	0.7	0.02	0.1	0.02
24	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.02
25	0.1	0.02	0.3	0.02	0.05	0.02
26	0.2	0.02	0.4	0.02	0.05	0.02
27	0.1	0.02	0.3	0.02	0.1	0.04
28	0.1	0.02	0.3	0.02	0.1	0.04
29	0.1	0.03	0.5	0.02	0.1	0.04
30	0.1	0.02	0.4	0.02	0.1	0.04

Apéndice 3. Valores de la duración (en segundos) de los intervalos P-R, Q-T y R-R.

Animal	Intervalo P-R (s)	Intervalo Q-T (s)	Intervalo R-R (s)
1	0.04	0.12	0.20
2	0.06	0.10	0.24
3	0.06	0.12	0.20
4	0.08	0.12	0.28
5	0.06	0.12	0.18
6	0.08	0.10	0.18
7	0.06	0.12	0.26
8	0.06	0.12	0.20
9	0.05	0.08	0.16
10	0.06	0.12	0.24
11	0.08	0.10	0.16
12	0.06	0.12	0.22
13	0.06	0.10	0.18
14	0.06	0.12	0.24
15	0.06	0.10	0.20
16	0.06	0.12	0.26
17	0.04	0.10	0.22
18	0.06	0.10	0.18
19	0.06	0.12	0.20
20	0.06	0.10	0.18
21	0.06	0.10	0.22
22	0.06	0.10	0.16
23	0.06	0.10	0.18
24	0.06	0.12	0.24
25	0.06	0.10	0.22
26	0.08	0.12	0.22
27	0.06	0.10	0.18
28	0.06	0.14	0.22
29	0.08	0.12	0.26
30	0.07	0.12	0.22

Apéndice 4. Medidas del eje eléctrico medio por animal.

Animal	Eje eléctrico
1	+19°
2	+41°
3	+46°
4	0°
5	+53°
6	-11°
7	0°
8	-45°
9	+25°
10	+109°
11	+30°
12	-60°
13	+90°
14	+30°
15	-23°
16	+23°
17	+55°
18	+8°
19	0°
20	0°
21	+5°
22	+4°
23	-7°
24	+18°
25	+7°
26	+5°
27	+7°
28	+131°
29	+35°
30	-11°

Apéndice 5. Valores de los niveles de electrolitos (Na+, K+ y Cl-) en sangre.

Animal	Na+ (mEq/L)	K+ (mEq/L)	Cl- (mEq/L)
1	132	5.3	100
2	128	4.8	99
3	136	6.5	105
4	137	6.8	103
5	127	5.6	97
6	175	7.8	138
7	156	7.0	120
8	140	7.2	108
9	132	6.5	100
10	136	5.7	105
11	135	7.8	104
12	157	>10.0	119
13	134	6.6	100
14	134	7.0	103
15	131	6.5	100
16	132	9.2	104
17	121	5.6	92
18	136	6.4	103
19	134	7.6	102
20	137	6.9	107
21	153	7.9	116
22	135	6.9	102
23	135	6.4	105
24	141	7.1	109
25	130	5.1	99
26	133	6.6	103
27	136	6.7	102
28	128	9.9	101
29	134	5.5	102
30	135	5.4	102

Apéndice 6. Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardiaco. (Tilley, 1992)

Derivación III Positiva	**Derivación I Positiva**																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
0,5	90	60	49	44	41	39	38	37	36	35	35	34	33	33	33	32	32	32	32	32	32	31
1,0	90	71	60	53	49	46	44	42	41	40	39	38	37	36	35	35	34	34	34	33	33	32
1,5	90	76	67	60	55	52	49	47	45	44	43	41	39	38	38	37	36	36	36	35	35	33
2,0	90	79	71	65	60	56	53	51	49	47	46	44	42	41	40	39	38	38	37	37	36	35
2,5	90	81	74	68	64	60	57	54	52	51	49	47	45	43	42	41	40	39	39	38	38	36
3,0	90	82	76	71	67	63	60	57	55	53	52	49	47	45	44	43	42	41	40	39	39	37
3,5	90	83	78	73	69	66	63	60	58	56	54	51	49	47	46	44	43	42	42	41	40	38
4,0	90	84	79	75	71	68	65	62	60	58	56	53	51	49	47	46	45	44	43	42	42	39
4,5	90	85	80	76	73	69	67	64	62	60	58	55	53	51	49	48	47	45	44	43	43	40
5,0	90	85	81	77	74	71	68	66	64	62	60	57	55	52	51	49	48	47	46	45	44	41
6,0	90	86	82	79	76	73	71	69	67	65	63	60	57	55	53	52	50	49	48	47	46	43
7,0	90	87	83	81	78	75	73	71	69	67	65	63	60	58	56	54	53	51	50	49	48	44
8,0	90	87	84	82	79	77	75	73	71	69	68	65	62	60	58	56	55	53	52	51	50	46
9,0	90	87	85	82	80	78	76	74	73	71	69	67	64	62	60	58	57	55	54	53	52	48
10,0	90	88	85	83	81	79	77	76	74	72	71	68	66	64	62	60	58	57	56	54	53	49
11,0	90	88	86	84	82	80	78	77	75	73	72	70	67	65	63	62	60	59	57	56	55	50

12,0	90	88	86	84	82	81	79	78	76	75	73	71	69	67	65	63	61	60	59	57	56	52
13,0	90	88	86	84	83	81	80	78	77	76	74	72	70	68	66	64	63	61	60	59	58	53
14,0	90	88	87	85	83	82	80	79	78	77	75	73	71	69	67	66	64	63	61	60	59	55
15,0	90	88	87	85	84	82	81	80	78	77	76	74	72	70	68	67	65	64	62	61	60	55
20,0	90	89	88	87	85	84	83	82	81	80	79	77	76	74	72	71	70	68	67	65	65	60

Derivación	Derivación I Positiva																					
III Negativa	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
0,5	-90	-30	0	11	16	19	21	22	23	24	25	26	26	27	27	27	28	28	28	28	28	29
1,0	-90	-60	-30	-11	0	7	11	14	16	18	19	21	22	23	24	25	25	26	26	26	27	27
1,5	-90	-71	-49	-30	-16	-7	0	5	7	11	13	16	18	20	21	22	23	23	24	24	25	26
2,0	-90	-76	-60	-44	-30	-19	-11	-5	0	4	7	11	14	16	18	19	20	21	22	22	23	25
2,5	-90	-79	-67	-53	-41	-30	-21	-14	-8	-4	0	6	9	12	14	16	17	19	20	20	21	23
3,0	-90	-81	-71	-60	-49	-39	-30	-22	-16	-11	-7	0	5	8	11	13	15	16	17	18	19	22
3,5	-90	-82	-74	-65	-55	-46	-38	-30	-23	-18	-13	-6	0	4	7	10	12	14	15	16	17	21
4,0	-90	-83	-76	-68	-60	-52	-44	-37	-30	-24	-19	-11	-5	0	4	7	9	11	13	14	15	19
4,5	-90	-84	-76	-71	-64	-56	-49	-42	-36	-30	-25	-16	-9	-4	0	3	6	8	10	12	13	18
5,0	-90	-85	-79	-73	-67	-60	-53	-47	-41	-35	-30	-21	-14	-8	-4	0	3	6	8	9	11	16
6,0	-90	-86	-81	-76	-71	-66	-60	-54	-49	-44	-39	-30	-22	-16	-11	-7	-3	0	3	5	7	13
7,0	-90	-86	-82	-78	-74	-69	-65	-60	-55	-51	-46	-38	-30	-23	-18	-13	-9	-6	-3	0	2	10
8,0	-90	-87	-83	-80	-76	-72	-68	-64	-60	-56	-52	-44	-37	-30	-24	-19	-15	-11	-8	-5	-2	7
9,0	-90	-87	-84	-81	-78	-74	-71	-67	-64	-60	-56	-49	-42	-36	-30	-25	-20	-16	-13	-9	-7	3
10,0	-90	-87	-85	-82	-79	-76	-73	-70	-67	-63	-60	-53	-47	-41	-35	-30	-25	-21	-17	-14	-11	0
11,0	-90	-88	-85	-83	-80	-77	-75	-72	-69	-66	-63	-57	-51	-45	-40	-35	-30	-26	-22	-18	-15	-3
12,0	-90	-88	-86	-83	-81	-79	-76	-74	-71	-68	-66	-60	-54	-49	-44	-39	-34	-30	-26	-22	-19	-7
13,0	-90	-88	-86	-84	-82	-80	-77	-75	-73	-70	-68	-63	-57	-52	-47	-43	-38	-34	-30	-26	-23	-10

14,0	-90	-88	-86	-84	-82	-80	-78	-76	-74	-72	-69	-65	-60	-55	-51	-46	-42	-38	-34	-30	-27	-13
15,0	-90	-88	-87	-85	-83	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-67	-62	-58	-53	-49	-45	-41	-37	-33	-30	-16
20,0	-90	-89	-87	-86	-85	-83	-82	-81	-79	-78	-76	-73	-70	-67	-63	-60	-57	-53	-50	-47	-44	-40

Derivación III Positiva	Derivación I Negativa																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0		-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
0,5	90	150	180	-169	-164	-161	-159	-158	-157	-156	-155	-154	-154	-153	-153	-153	-152	-152	-152	-152	-152	-151
1,0	90	120	150	169	180	-173	-169	-166	-164	-162	-161	-159	-158	-157	-156	-155	-155	-154	-154	-154	-153	-153
1,5	90	109	131	150	164	173	180	-175	-172	-169	-167	-164	-162	-160	-159	-158	-157	-157	-156	-156	-155	-154
2,0	90	104	120	136	150	161	169	175	180	-176	-173	-169	-166	-164	-162	-161	-160	-159	-158	-158	-157	-155
2,5	90	101	113	127	139	150	159	166	172	176	180	-174	-171	-168	-166	-164	-163	-161	-160	-160	-159	-157
3,0	90	99	109	120	131	141	150	158	164	169	173	180	-175	-172	-169	-167	-165	-164	-163	-162	-161	-158
3,5	90	98	106	115	125	134	142	150	157	162	167	174	-180	-176	-173	-170	-168	-166	-165	-164	-163	-159
4,0	90	97	104	112	120	128	136	143	150	156	161	169	175	180	-176	-173	-171	-169	-167	-166	-165	-161
4,5	90	96	102	109	116	124	131	138	144	150	155	164	171	176	180	-177	-174	-172	-170	-168	-167	-162
5,0	90	95	101	107	113	120	127	133	139	145	150	159	166	172	176	180	-177	-174	-172	-171	-169	-164
6,0	90	94	99	104	109	114	120	126	131	136	141	150	158	164	169	173	177	180	-177	-175	-173	-167
7,0	90	94	98	102	106	111	115	120	125	129	134	142	150	157	162	167	171	174	177	180	-178	-170
8,0	90	93	97	100	104	108	112	116	120	124	128	136	143	150	156	161	165	169	172	175	178	-173
9,0	90	93	96	99	102	106	109	113	116	120	124	131	138	144	150	155	160	164	167	171	173	-177
10,0	90	93	95	98	101	104	107	110	113	117	120	127	133	139	145	150	155	159	163	166	169	180
11,0	90	92	95	97	100	103	105	108	111	114	117	123	129	135	140	145	150	154	158	162	165	177
12,0	90	92	94	97	99	101	104	106	109	112	114	120	126	131	136	141	146	150	154	158	161	173
13,0	90	92	94	96	98	100	103	105	107	110	112	117	123	128	133	137	142	146	150	154	157	170

14,0	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	111	115	120	125	129	134	138	142	146	150	153	167
15,0	90	92	93	95	97	99	101	103	105	107	109	113	118	122	127	131	135	139	143	147	150	164
20,0	90	92	93	94	95	97	98	99	101	102	104	107	110	113	117	120	123	127	130	133	136	150

Derivación III Negativa	Derivación I Negativa																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
0,5	-90	-120	-131	-136	-139	-141	-142	-143	-144	-145	-145	-146	-147	-147	-147	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-149
1,0	-90	-109	-120	-127	-131	-134	-136	-138	-139	-140	-141	-142	-143	-144	-145	-145	-146	-146	-146	-147	-147	-148
1,5	-90	-104	-113	-120	-125	-128	-131	-133	-135	-136	-137	-139	-141	-142	-142	-143	-144	-144	-144	-145	-145	-147
2,0	-90	-101	-109	-115	-120	-124	-127	-129	-131	-133	-134	-136	-138	-139	-140	-141	-142	-142	-143	-143	-144	-145
2,5	-90	-99	-106	-112	-116	-120	-123	-126	-128	-129	-131	-133	-135	-137	-138	-139	-140	-141	-141	-142	-142	-144
3,0	-90	-98	-104	-109	-113	-117	-120	-123	-125	-127	-128	-131	-133	-135	-136	-137	-138	-139	-140	-141	-141	-143
3,5	-90	-97	-102	-107	-111	-114	-117	-120	-122	-124	-124	-129	-131	-133	-134	-136	-137	-138	-138	-139	-140	-142
4,0	-90	-96	-101	-105	-109	-112	-115	-118	-120	-122	-124	-127	-129	-131	-133	-134	-135	-136	-137	-138	-138	-141
4,5	-90	-95	-100	-104	-107	-111	-113	-116	-118	-120	-122	-125	-127	-129	-131	-132	-133	-135	-136	-137	-137	-140
5,0	-90	-95	-99	-103	-106	-109	-112	-114	-116	-118	-120	-123	-125	-128	-129	-131	-132	-133	-134	-135	-136	-139
6,0	-90	-94	-98	-101	-104	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-120	-123	-125	-127	-128	-130	-131	-132	-133	-134	-137
7,0	-90	-93	-97	-99	-102	-105	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-120	-122	-124	-126	-127	-129	-130	-131	-132	-136
8,0	-90	-93	-96	-98	-101	-103	-105	-107	-109	-111	-112	-115	-118	-120	-122	-124	-125	-127	-128	-129	-130	-134

9,0	-90	-93	-95	-98	-100	-102	-104	-106	-107	-109	-111	-113	-116	-118	-120	-122	-123	-125	-126	-127	-128	-132
10,0	-90	-92	-95	-97	-99	-101	-103	-104	-106	-108	-109	-112	-114	-116	-118	-120	-122	-123	-124	-126	-127	-131
11,0	-90	-92	-94	-96	-98	-100	-102	-103	-105	-107	-108	-110	-113	-115	-117	-118	-120	-121	-123	-124	-125	-130
12,0	-90	-92	-94	-96	-98	-99	-101	-102	-104	-105	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-119	-120	-121	-123	-124	-128
13,0	-90	-92	-94	-96	-97	-99	-100	-102	-103	-104	-106	-108	-110	-112	-114	-116	-117	-119	-120	-121	-122	-127
14,0	-90	-92	-93	-95	-97	-98	-100	-101	-102	-103	-105	-107	-109	-111	-113	-114	-116	-117	-119	-120	-121	-125
15,0	-90	-92	-93	-95	-96	-98	-99	-100	-102	-103	-104	-106	-108	-110	-112	-113	-115	-116	-118	-119	-120	-125
20,0	-90	-91	-92	-93	-95	-96	-97	-98	-99	-100	-101	-103	-104	-106	-108	-109	-110	-112	-113	-115	-115	-125