

## Morfología y polaridad de las ondas electrocardiográficas en caballos (*Equus caballus*) como base para el diagnóstico clínico



### Morphology and polarity of electrocardiographic waves in horses (*Equus caballus*) as a basis for the clinical diagnosis

<http://opn.to/a/LTmrP>

Maikel Camejo Zamora <sup>1\*</sup>, Deborah Masot León <sup>2</sup>, Alberto Pompa Núñez <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Agraria de La Habana (UNAH) "Fructuoso Rodríguez Pérez", Carretera Tapaste y Autopista Nacional, Km 23 ½, CP 32 700, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Centro Ecuestre de La Habana, Cuba

**RESUMEN:** Esta investigación tuvo como objetivo detectar puntos de la superficie corporal de caballos (*Equus caballus*) donde los parámetros morfológicos y de polaridad de las ondas electrocardiográficas manifiesten un comportamiento estable, como base para el diagnóstico clínico de las alteraciones del sistema cardiovascular. Se utilizaron 18 animales de ambos sexos, con un peso corporal promedio de 450 kg, entre 5 y 6 años de edad, en un estado de salud adecuado y con una correcta alimentación. Se distribuyeron de la siguiente forma, según la raza: a) 10 pura raza español, b) 2 árabes, c) 2 mestizos, d) 4 Quarter horse. El muestreo se realizó en horarios tempranos de la mañana en julio de 2016. Se obtuvo que las ondas en las derivaciones bipolares de las extremidades son muy variables y en las monopares aumentadas de miembro aVR, aVL y aVF, por lo que no tienen utilidad para el diagnóstico de las alteraciones electrocardiográficas que no estén relacionadas con arritmias. Se emplearon derivaciones monopares que resultaron estables, como las que se registraron con los electrodos de V1, de V5 y de V6. Se concluye que existen puntos precordiales donde se obtienen registros electrocardiográficos con pocas variaciones en la polaridad y la morfología de las ondas P y T y del complejo QRS, que constituyen una referencia de gran utilidad para detectar otras lesiones del sistema excitoconductor cardíaco, además de las que producen arritmias.

**Palabras clave:** sistema cardiovascular, caballo, ondas P y T, complejo QRS.

**ABSTRACT:** This research is aimed at detecting points on the body surface of horses (*Equus caballus*), where the morphological and polarity parameters of electrocardiographic waves show a stable behavior, as a basis for the clinical diagnosis of cardiovascular system disorders. Eighteen animals of both sexes were used, with an average body weight of 450 kg, between 5 and 6 years of age, in an adequate state of health and with proper nutrition. They were distributed as follows according to race: a) 10 purebred Spanish, b) 2 Arabs, c) 2 mestizos, d) 4 Quarter horse. Sampling was carried out early in the morning in July 2016. As a result, it was obtained that the waves in the bipolar leads of the limbs are very variable, also in those monopolar leads with augmented limbs aVR, aVL and aVF, reason why they are not useful for the diagnosis of electrocardiographic abnormalities not related to arrhythmias. Stable monopolar leads, such as those recorded with the electrodes V1, V5 and V6, were used. It is concluded that there are precordial points where electrocardiographic records are obtained with few variations in the polarity and morphology of the P and T waves and the QRS complex. It is a very useful reference to detect other lesions of the cardiac excitoconductive system, besides those causing arrhythmias.

**Key words:** cardiovascular system, horse, P and T waves, QRS complex.

\*Autor para correspondencia: Maikel Camejo Zamora: E-mail: [maikel@unah.edu.cu](mailto:maikel@unah.edu.cu)

Recibido: 15/02/2019

Aceptado: 20/05/2019

## INTRODUCCIÓN

La técnica electrocardiográfica supone un importante método de diagnóstico en el campo de la cardiología veterinaria moderna. Una evaluación clínica completa del sistema cardiovascular debe incluir un estudio electrocardiográfico, ya que este es el método más exacto del que se dispone para evaluar y caracterizar trastornos del ritmo y conducción eléctrica cardíaca (1).

El diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares en el caballo (*Equus caballus*) es sencillo cuando las fallas son evidentes y están presentes en estado de reposo, situación que se complica cuando las afecciones son subclínicas y/o solo se expresan durante el ejercicio (2). Es importante que el médico veterinario tenga el conocimiento de todos los cambios que puede experimentar un caballo a nivel cardíaco en relación a la edad, género, condición de entrenamiento o en relación con alguna alteración fisiológica concomitante para poder realizar una correcta interpretación de la anomalía observada.

La utilización de la electrocardiografía como técnica diagnóstica en caballos ha estado limitada solo a detectar bloqueos auriculoventriculares y otras arritmias, pero ya se ha empezado a tener en cuenta la morfología de cada una de las ondas que se originan a partir de la despolarización y repolarización de las aurículas y los ventrículos del corazón (2,3). Aún no se dispone de un sistema de derivaciones electrocardiográficas estables que permitan emitir un diagnóstico de las posibles alteraciones cardiovasculares sobre la base de la morfología y la polaridad de las ondas registradas. La descripción de la morfología y de la polaridad de cada onda permite contar con una valiosa referencia para valorar si el electrocardiograma obtenido corresponde a un estado normal o patológico. El presente trabajo tiene como objetivo detectar puntos de la superficie corporal en caballos donde los parámetros morfológicos y de polaridad de las ondas electrocardiográficas manifiesten un comportamiento estable, como base para el diagnóstico clínico de las alteraciones del sistema cardiovascular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos centros de cría: la “Finca Rancho Domingo García Frías” ubicada en la porción centro sur de las provincias actuales La Habana y Mayabeque, y el Centro Ecuestre del Parque Lenin (periferia capitalina) en La Habana.

### Toma y procesamiento de los registros electrocardiográficos

Para efectuar los registros electrocardiográficos, los animales se mantuvieron en un estado de correcto aplomo sobre sus extremidades. Se utilizó un electrocardiógrafo (Fukuda, Denshi FX-2111) de un solo canal, que se calibró con una señal de 1 mV para obtener una deflexión de la aguja de 10 mm sobre el papel de calibración en la escala vertical. La velocidad del registro fue de 25 mm/s.

Las zonas o puntos donde se colocaron los electrodos se depilaron previamente y se frotaron suavemente con alcohol etílico a 75 %, para eliminar las sustancias que pudieran disminuir la conductividad eléctrica (grasas, partículas de polvo y otras); se aplicó pasta conductora para electrocardiograma. Se utilizaron electrodos de pinza (tipo caimán) para el registro de las derivaciones monopares y de placas metálicas para las derivaciones estándares de extremidades, con las que se obtuvo el cero de referencia para las derivaciones monopares aumentadas de miembro y para las pericordiales.

Para estudiar el comportamiento de los grafos-elementos del electrocardiograma en las diferentes derivaciones, se utilizaron 18 animales de ambos sexos, con un peso corporal promedio de 450 kg, entre 5 y 6 años de edad, en un estado de salud adecuado y con una buena alimentación, distribuidos de la siguiente forma según la raza: a) 10 pura raza español, b) 2 árabes, c) 2 mestizos, d) 4 Quarter horse. El muestreo se realizó en horarios tempranos de la mañana en el mes de julio de 2016. Las posiciones en que se colocaron los electrodos se indican en la [Tabla 1](#).

### Organización y procesamiento estadístico de la información

El análisis estadístico se basó en la determinación de la frecuencia con que apareció

**Tabla 1.** Posición de los electrodos para obtener diferentes derivaciones bipolares de extremidades, monopolares aumentadas de miembro y monopolares precordiales en caballos./ *Position of the electrodes to obtain different bipolar leads of the limbs, monopolar leads with augmented limbs and precordial monopolar leads in horses.*

Derivaciones	Referencia	Electrodos	Explorador
	Para todas las derivaciones:		
	Amarillo en el metacarpo izquierdo.		
V <sub>1</sub>	Rojo en el metacarpo derecho.	Craneal a la extremidad anterior izquierda a nivel de la articulación del encuentro.	
	Verde en el metatarso izquierdo.		
	Negro en el metatarso derecho		
V <sub>2</sub>	(DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF).	Caudal a la extremidad anterior izquierda a nivel del Olécranon	
V <sub>3</sub>		Caudal a la extremidad anterior izquierda a nivel del Olécranon a un través de mano de V2.	
V <sub>4</sub>		En la línea media ventral del animal por debajo de V3	
V <sub>5</sub>		Craneal a la extremidad anterior derecha a nivel de la articulación del encuentro.	
V <sub>6</sub>		En la línea media dorsal inmediatamente por detrás de la región de la cruz.	

cada tipo de polaridad o de forma de las ondas electrocardiográficas en las distintas derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro.

Los datos se tabularon en Microsoft Excel y se creó una base de datos con los 18 electrocardiogramas obtenidos. La organización en la información, relativa a la frecuencia de aparición de las diferentes polaridades y de las morfologías de las ondas electrocardiográficas, se realizó mediante la confección de matrices de datos con los indicadores analizados. Se confeccionaron tablas de frecuencia univariadas y bivariadas (o tablas de contingencia) y se determinaron estadígrafos de posición (media aritmética, mediana, valores máximo y mínimo), de variación (rango de los valores de las variables y coeficiente de variación).

Para comparar el indicador polaridad de las ondas, catalogados por las derivaciones electrocardiográficas, se consideró el Análisis de Varianza de clasificación doble reportado por la Estadística de libre distribución o Estadística no paramétrica, conocido como dócima de Friedman, por constituir el procedimiento estadístico más conveniente (4). En el caso

analizado se comparan los rangos medio en lugar de las medias aritméticas, que pueden ser reflejadas mediante un gráfico.

Se declaran diferencias estadísticas significativas entre las medianas cuando el valor de  $p \leq 0,05$ .

La información de las tablas de frecuencias bivariadas, o tablas de contingencia, se procesaron mediante el Escalamiento Multidimensional (MDS) (5).

Se evaluó la bondad de ajuste de la solución multidimensional mediante los valores del Stress bruto normalizado y la dispersión explicada (D.A.F).

Para interpretar las medidas de calidad del ajuste obtenida del Escalamiento Multidimensional, Guerra (6) propone una tabla del *Stress*, teniendo en cuenta los valores dados por Kruskal (7,8), como se muestra en la [Tabla 2](#).

La técnica Scaling (MDS), PROXSCAL (Multidimensional Sealing of Proximity) se realizó a través del paquete estadístico IBM. SPSS versión 22.0 (9). La información fue procesada utilizando el software estadístico sobre Windows: Statgraphics Centurion XVI (10).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Tabla 3](#) se muestran valores de frecuencia de la polaridad de las ondas electrocardiográficas en derivaciones bipolares estándares y aumentadas de miembros, donde se puede apreciar que existe gran variabilidad en la polaridad y la morfología de las ondas.

La onda P en las derivaciones bipolares estándares y aumentadas de miembro es positiva

en todas las derivaciones excepto en aVR y aVL, en las que aparece negativa en el 77,7 % y 44,4 % respectivamente. En las derivaciones monopulares ([Tabla 4](#)) se manifiesta igual comportamiento, pero la frecuencia de aparición de las ondas positivas corresponde a las derivaciones V2, V3 y V4 con 77,7 %, 72,2 % y 88,8 % respectivamente, como se observa en la [Figura 1](#).

**Tabla 2.** Interpretación de los valores del Stress (S)./ *Interpretation of Stress (S) values.*

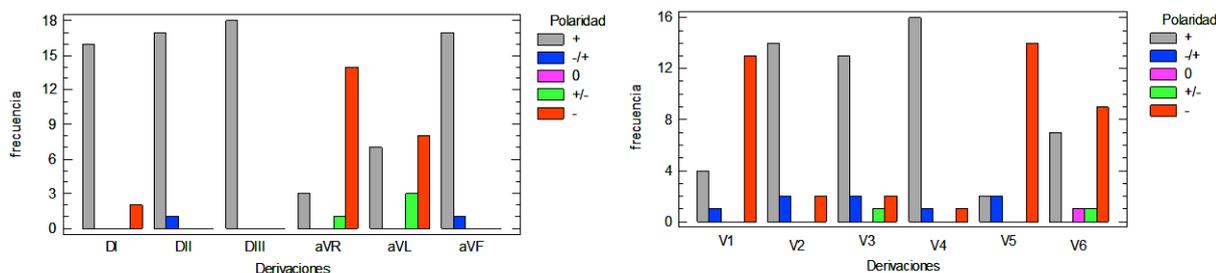
Valores del Stress	Interpretación de la bondad de ajuste
S = 0	Ajuste perfecto
0 < S ≤ 0,025	Ajuste excelente
0,025 < S ≤ 0,05	Ajuste muy bueno
0,05 < S ≤ 0,1	Ajuste bueno
0,1 < S < 0,2	Ajuste regular
0,2 ≤ S ≤ $\sqrt{1 - (2/n)}$	Ajuste pobre

**Tabla 3.** Frecuencia de la polaridad de las ondas electrocardiográficas en derivaciones bipolares estándares y aumentadas de miembros, en caballos./ *Frequency of polarity of electrocardiographic waves in standard bipolar leads with augmented limbs in horses.*

Onda (n=18)	Polaridad	DI	DII	DIII	aVR	aVL	aVF
P	+	16	17	18	3	7	17
	-/+	--	1	--	--	--	1
	0	--	--	--	--	--	--
	+/-	--	--	--	1	3	--
	-	2	--	--	14	8	--
Q	+	2	3	5	7	3	3
	0	9	9	11	9	14	10
	-	7	6	2	2	1	5
R	+	14	8	6	6	13	8
	0	--	--	--	--	--	--
	-	4	10	12	11	5	10
QRS	+	5	--	1	3	7	--
	-/+	5	3	2	4	2	1
	0	--	--	--	--	--	--
	+/-	3	3	4	6	6	4
	-	2	8	8	2	1	8
	+/-/+	1	--	1	3	1	1
	-/+/-	2	4	2	--	1	4
T	+	4	4	10	6	2	5
	-/+	--	10	4	--	--	8
	0	--	1	--	--	--	--
	+/-	1	--	--	7	--	--
	-	13	3	4	5	16	5

**Tabla 4.** Frecuencia de la polaridad de las ondas electrocardiográficas en derivaciones monopolares en caballos./ Frequency of polarity of electrocardiographic waves in monopolar leads in horses.

Onda (n=18)	Polaridad	V1	V2	V3	V4	V5	V6
<b>P</b>	+	4	14	13	16	2	7
	-/+	1	2	2	1	2	--
	<b>0</b>	--	--	--	--	--	1
	+/-	--	--	1	--	--	1
	-	13	2	2	1	14	9
<b>Q</b>	+	--	7	7	8	1	--
	<b>0</b>	16	9	10	9	8	2
	-	2	2	1	1	9	16
<b>R</b>	+	18	3	2	1	15	18
	<b>0</b>	--	--	--	--	--	--
	-	--	15	16	17	3	--
<b>QRS</b>	+	16	1	--	--	6	3
	-/+	1	1	--	--	9	14
	<b>0</b>	--	--	--	--	--	--
	+/-	1	6	10	7	2	1
	-	--	9	8	10	--	--
	+/-/+	--	1	--	--	--	--
	-/+/-	--	--	--	1	1	--
<b>T</b>	+	1	1	2	5	3	5
	-/+	1	6	5	7	2	1
	<b>0</b>	--	--	--	--	--	1
	+/-	1	--	--	--	7	3
	-	15	11	11	6	6	8



**Figura 1.** Frecuencia de aparición de la onda P en las derivaciones bipolares de extremidades, aumentadas de miembro y monopolares, en caballos (*Equus C.*)/ Frequency of appearance of P wave in bipolar leads with augmented limbs and in those monopolar in horses.

Se calcula entonces el rango promedio para cada columna (los indicadores polaridad de las ondas y derivaciones). Puesto que el valor *-p* es menor que 0,05, existe una diferencia significativa entre las medianas con un nivel de 95,0 % de confianza.

Los resultados que se muestran en la [Tabla 5](#) indican que existen pocas diferencias entre los valores de las columnas 1 y 5, referidas a las polaridades positiva y negativa, respectivamente

en las derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro.

La onda P representa el proceso de excitación auricular. Todas las alteraciones auriculares se resumen en los cambios de P, ya sea en sus dimensiones, aspecto, proporción numérica con respecto al complejo ventricular y a su presencia o ausencia ([11,12,13](#)).

Los valores de polaridad de los parámetros electrocardiográficos en caballos para la onda Q

fueron muy variables (Tabla 3), mayormente fueron cero en las derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro; estos valores se informaron por Broux *et al.* (14). Por el contrario, la variabilidad de la onda Q en las derivaciones monopolares son menores, esto se puede explicar por la ampliación del área cardíaca que aumenta naturalmente durante el crecimiento del animal.

La polaridad de los complejos QRS (Tabla 3) presentó formas negativas frecuentes en DI, DII y aVF con 44,4 % de frecuencias para cada una, porque las ondas Q y S fueron frecuentes en los casos principales y la onda R fue corta. En general se manifiesta una variabilidad en la frecuencia de la polaridad en estas derivaciones, como se muestra en la Figura 2, para las derivaciones bipolares de extremidad y aumentadas de miembro.

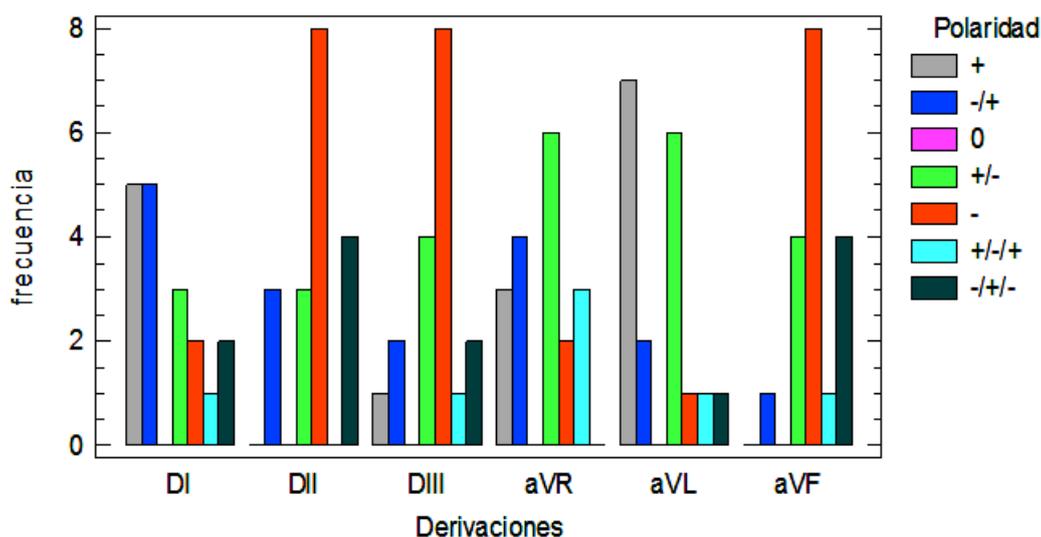
Al aplicar la prueba de Friedman (Tabla 6), se calcula el rango promedio para cada columna. Puesto que el valor *-p* es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de 95,0 % de confianza. De este análisis se infiere que no existe similitud entre los valores de la columna 2, 4 y 5 correspondiente a las polaridades de las ondas bipolares negativa-positiva, positiva-negativa y negativa respectivamente, en el complejo QRS.

La onda T es de polaridad muy variable en las tres derivaciones bipolares de extremidad (Tabla 3). Se manifiesta mayormente negativa en la derivación aVL y DI con 88,8 % y 72,2 %, respectivamente, y mayormente positiva en DIII con 55,5 % de frecuencia de aparición. En la Figura 3 se muestra esta variabilidad de la polaridad con respecto a todas las derivaciones

**Tabla 5.** Prueba de Friedman para comparar los indicadores de polaridad en las diferentes derivaciones de la onda P, en derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro./ *Friedman test to compare the polarity indicators in the different leads of P wave and in bipolar leads with augmented limb.*

Columna	Polaridad	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
1	+	6	4,40
2	-/+	6	3,00
3	0	6	1,50
4	+/-	6	1,70
5	-	6	4,30

Estadístico = 18,5225 Valor-*p* = 0,00097

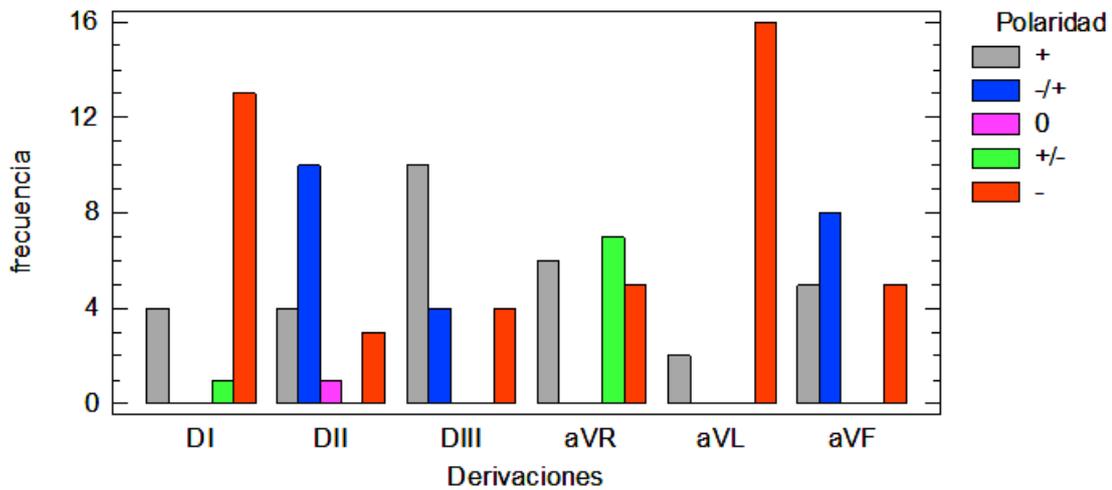


**Figura 2.** Frecuencia de aparición del complejo QRS en las derivaciones bipolares y aumentadas de miembro, en caballos (*Equus C.*)./ *Frequency of occurrence of the QRS complex in bipolar and augmented limb leads in horses (Equus C.)*

**Tabla 6.** Prueba de Friedman para comparar los indicadores de polaridad en las diferentes derivaciones del complejo QRS. / *Friedman Test to compare the polarity indicators in the different leads of the QRS complex.*

Columna	Polaridad	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
1	+	6	4,00
2	-/+	6	5,00
3	0	6	1,33
4	+/-	6	5,66
5	-	6	5,08
6	+/-/+	6	2,91
7	-/+/-	6	4,00

Estadístico = 1,2691 Valor- $p=0,0062$



**Figura 3.** Frecuencia de aparición de la onda T en las derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro, en caballos (*Equus C.*). / *Frequency of occurrence of the T wave in bipolar and augmented limb leads in horses (Equus C.)*

bipolares de extremidad y aumentadas de miembro.

Se ha planteado que la onda T era muy variable dentro de una misma derivación en todas las especies de animales y que no aportaba los elementos necesarios para establecer un criterio diagnóstico en distintas cardiopatías (15,16). Sin embargo, utilizando las derivaciones bipolares de hombro y la V5 planteadas en la Tabla 1, para el bovino (17), encontramos una gran estabilidad de esta onda, al igual que en las cinco derivaciones monopares que han sido señaladas anteriormente como estables para la onda Q y para la R. Anteriormente se habían reportado solo dos derivaciones donde la onda T es estable en equino (18,19), la V5 y la V1; Aunque la amplitud de las ondas del ECG puede modificarse por hipertrofias del miocardio (20).

Al aplicar la prueba de Friedman (Tabla 7), donde se calcula el rango promedio para cada

columna, se obtiene que el valor  $p$  es mayor o igual que 0,05, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0 % de confianza.

Los resultados mostrados en la Tabla 7 indican que existen pocas diferencias entre las columnas 1, 2 y 5, referidas a las polaridades positiva, bipolar negativa-positiva y negativa, respectivamente, en las derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembro.

Por otra parte, la onda T es predominantemente negativa en DI y aVL, y por lo general en aVF. En las lesiones coronarias en los que T es positiva en V1, esta suele serlo también en otras derivaciones precordiales y de miembros; cuando esa positividad de T en V1 se presenta no asociada a afección cardíaca, se observa una rápida transición de V1 a V2 en la que T se torna claramente negativa (19,21).

**Tabla 7.** Prueba de Friedman para comparar los indicadores de polaridad y derivaciones en la onda T. / *Friedman Test to compare polarity indicators and T wave leads*

Columna	Polaridad	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
1	+	6	4,08
2	-/+	6	3,08
3	0	6	1,66
4	+/-	6	2,33
5	-	6	3,83

Estadístico = 10,7273 Valor-p = 0,029

Los valores de extrapolación de electrocardiogramas en otras especies de animales pueden conducir a errores de interpretación, porque el ECG equino es sorprendentemente diferente de los humanos y caninos. Esta distinción se deriva de las características anatómicas y fisiológicas del corazón equino (2,18).

Pocos estudios se han realizado en el ganado equino, en comparación con los estudios realizados en bovinos y perros (14,22), en cuanto al estudio con valores de polaridad de las ondas en derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembros. Esta ausencia de valores considerados normales dificulta la interpretación del ECG, lo que lleva a extrapolar valores de otras edades, razas e incluso de diferentes especies, enfatizando la importancia de este estudio.

Se comprobó que la polaridad de las ondas electrocardiográficas registradas en derivaciones bipolares de extremidades y aumentadas de miembros manifiesta una alta variabilidad, lo que las convierte en un recurso inservible para establecer un diagnóstico de las alteraciones del sistema cardiovascular, lo que está dado por la posición en la cual se colocan los electrodos en el animal en relación con el eje anatómico del corazón del caballo (*Equus caballus*). En las tres derivaciones estándares la amplitud de las ondas R y Q fue de bajo valor y polaridad muy variable, apareciendo positiva, negativa o nula. La onda T es de polaridad muy variable en las tres derivaciones estándares.

En la Tabla 4 se ilustra la polaridad de las diferentes ondas electrocardiográficas (P, Q, R, complejo QRS y T); se puede apreciar en ellas que existen derivaciones monopolares precordiales en las que esta polaridad es muy estable, como es el caso de la polaridad positiva

que se manifiesta predominantemente en las derivaciones V2, V3 y V4 en la onda P, tal y como fue descrito en el experimento anterior. También es de destacar la polaridad negativa para la onda P en las derivaciones V1 y V5 por encontrarse los electrodos en el mismo plano horizontal de la periferia torácica del animal.

Cuando se calcula el rango promedio para cada columna (los indicadores polaridad de las ondas y derivaciones), puesto que el valor *p* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0 % de confianza. En la Tabla 8 se puede observar que no existen diferencias entre los valores de las columnas 2 y 4, referidas a las polaridades negativa-positiva y positiva-negativa, respectivamente, en las derivaciones monopolares.

La polaridad de las ondas electrocardiográficas está determinada por el campo eléctrico generado en la superficie del corazón y el torso de los vertebrados (23,24).

Se plantea que el aspecto de la onda P es variable, aunque predominantemente positiva en las derivaciones estándares (1,21). Resultados similares se observan en el presente trabajo (Tabla 3), donde se encontró, además, otras derivaciones en las que la onda P adquiere también signo predominantemente positivo, en la V4, aunque ocasionalmente se manifiesta negativa en V1, V5, y V6. También se determinaron derivaciones en las que la polaridad de P es siempre positiva (100 %) como son DII, DIII y aVF. Reef *et al.* (25) han encontrado que en el caballo existen también algunos puntos que originan ondas P con cierta estabilidad en su polaridad.

En la derivación precordial V1 puede ser bifásica (una porción negativa y otra positiva) para la onda P. En esos casos la porción final

electronegativa corresponde a la aurícula izquierda. Es precisamente en dicha derivación V1 donde se le suele observar con mayor nitidez a causa de la posición de dicho electrodo sobre el miocardio auricular; por ello, V1 es la derivación de elección para el diagnóstico de algunas afecciones auriculares, sobre todo de la fibrilación y el flutter auricular (2,20,25).

Como puede observarse en las Tablas 4 y 5, la R es de polaridad positiva (100 %) en V1 y V6; en el resto de las derivaciones aparece predominantemente positiva en V5 y predominantemente negativa en otras (V2, V3 y V4). La onda Q tiene polaridad estable en estas derivaciones señaladas para la onda R. En la Figura 4 se puede observar la estabilidad para la onda R en las derivaciones monopolares con relación a las bipolares de extremidades y

aumentadas de miembro, en caballos (*Equus caballus*.)

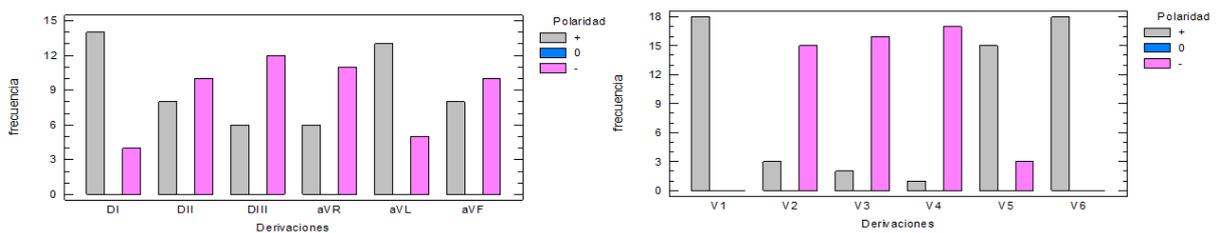
Al calcular el rango promedio para cada columna perteneciente a la frecuencia de aparición de la polaridad de las ondas R en las derivaciones monopolares, puesto que el valor *p* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de 95,0 % de confianza. Los resultados recogidos en la Tabla 9 indican que no existen diferencias entre los valores de polaridad de las columnas 1 y 3, referidas a las polaridades positiva y negativa, respectivamente.

El complejo QRS es uno de los grafoelementos que más se ha tomado en cuenta en los estudios electrocardiográficos (24,26,27), por su importancia en la interpretación clínica del electrocardiograma. Este representa la despolarización ventricular antes de la

**Tabla 8.** Prueba de Friedman para comparar los indicadores de polaridad en las diferentes derivaciones de la onda P, en derivaciones monopolares aumentadas de miembro. / *Friedman Test to compare the polarity indicators in the different leads of P wave in monopolar leads with augmented limb.*

Columna	Polaridad	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
1	+	6	4,66
2	-/+	6	2,58
3	0	6	1,91
4	+/-	6	2,41
5	-	6	3,41

Estadístico = 13,91 Valor-p = 0,0075



**Figura 4.** Frecuencia de aparición de la onda R en las derivaciones bipolares, aumentadas de miembro y monopolares, en caballos (*Equus C.*). / *Frequency of occurrence of the R wave in bipolar, with augmented limb and monopolar leads in horses (Equus C.)*

**Tabla 9.** Prueba de Friedman para comparar los indicadores de polaridad en las diferentes derivaciones de la onda R, en derivaciones monopolares. / *Friedman Test to compare the polarity indicators in the different leads of the R wave (monopolar leads)*

Columna	Polaridad	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
1	+	6	2,50
2	-/+	6	1,16
3	0	6	2,33

Estadístico = 6,90 Valor-p = 0,031

contracción de los ventrículos y su gráfica depende de la derivación utilizada, siendo predominantemente negativa en la derivación V4 utilizada habitualmente. La onda Q no aparece en algunos registros y la onda S tiene una forma muy variable.

En las tres derivaciones estándares la amplitud de las ondas R y Q fue de bajo valor y polaridad muy variable, apareciendo positiva, negativa o nula (Tabla 2), lo que hace que estas dos ondas le confieran al complejo QRS una gran variabilidad que también ha sido encontrada por otros investigadores, tanto en equino (18,28) como en otras especies de animales domésticos (29,30).

En la Tabla 3 se muestra una frecuencia en la polaridad de la onda T predominantemente negativa en las derivaciones monopoles V1, V2, y V3 con valores de 88,8 %, 94, 4 % y 88,8 %, respectivamente. Es de destacar la aparición frecuente de valores bifásicos de esta onda en todas las derivaciones, teniendo su mayor número de aparición en las derivaciones V2, V3 y V4 con valores de 33,3 %, 27,8 % y 38,8 %, respectivamente. Solo aparece una onda con polaridad nula en la derivación V6.

En la Figura 5 se puede observar la estabilidad para la onda T en las derivaciones monopoles con relación a las bipolares de extremidades y aumentadas de miembro, en caballos.

La onda T es de polaridad muy variable en las tres derivaciones estándares. Se ha planteado que la onda T era muy variable dentro de una misma derivación en todas las especies de animales y que no aportaba los elementos necesarios para establecer un criterio diagnóstico en distintas cardiopatías (31,32,33). Sin embargo, utilizando las derivaciones bipolares de hombro y la V5 planteadas en la Tabla 1 (34), se observa una gran estabilidad de esta onda, al igual que en las cinco

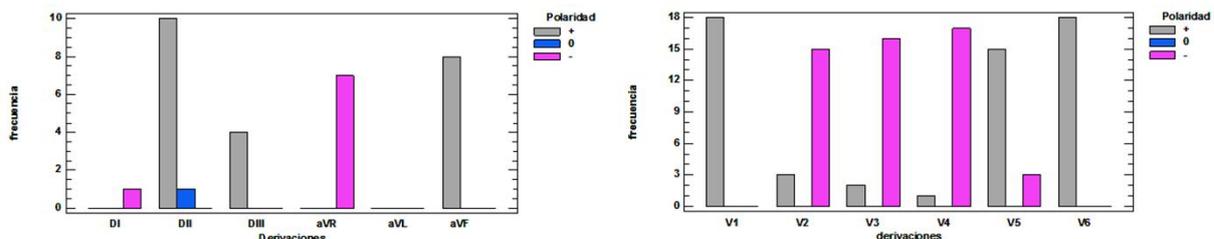
derivaciones monopoles precordiales que han sido señaladas anteriormente como estables para la onda Q y para la R. Anteriormente se habían reportado solo dos derivaciones donde la onda T es estable en equino (17,32), la V5 y la V1.

Aunque la amplitud de las ondas del ECG puede modificarse por hipertrofias del miocardio (14,13) o por acción de algunos fármacos (33), en la amplitud de la onda T se reportan pocas modificaciones en los estudios efectuados (35,36), lo que reafirma que la inestabilidad encontrada se debe más al punto de derivación utilizado que a la variabilidad de la polaridad de esta onda bajo diferentes condiciones.

Se demostró que la frecuencia de aparición de una polaridad determinada para cada una de las ondas del electrocardiograma en las derivaciones monopoles precordiales tiene poca variabilidad, por lo que su estabilidad permite emplearlas con fines diagnósticos en alteraciones del sistema cardiovascular.

En las Tablas 10, 11 y 12 se muestra la frecuencia con que aparece cada una de las formas de ondas del ECG equino en las derivaciones bipolares de extremidades, aumentadas de miembro y precordiales.

El análisis de morfología se hace a partir de las cantidades de formas que aparece por cada tipo de onda. En la onda P (Tabla 10) predominaron las formas 1 y 2 acuminada y redondeada con polaridad positiva en las derivaciones bipolares de extremidades (DI, DII y DIII) y monopoles precordiales (V3, V4, V5 y V6), la forma 9 y 10 acuminada y redondeada con polaridad negativa en las derivaciones monopoles aumentadas de miembro (aVR y aVF) y monopolar precordiales V1 y V6. Existen seis nuevas formas de morfología con relación a las descritas en el bovino (34), la forma 14 en DI, aVR y las formas



**Figura 5.** Frecuencia de aparición de la onda T en las derivaciones bipolares de extremidades, aumentadas de miembro y monopoles, en caballos (*Equus C.*). / Frequency of occurrence of the T wave in bipolar, with augmented limb and monopolar leads in horses (*Equus C.*)

de la 15-19 predominantemente en las derivaciones monopares (V2, V3, V4, V5 y V6).

El análisis de las frecuencias de aparición de las formas de ondas por Escalamiento Multidimensional arrojó los siguientes valores del Stress normalizado y de la dispersión normalizada para la morfología de la onda P (0,021 y 0,98), como se muestra en la [Tabla 13](#).

Esto indica que el ajuste de los datos es excelente, según lo descrito en la [Tabla 2](#).

La razón aducida para seleccionar dos dimensiones y obtener el mapa 1 ([Figura 6](#)) es que los índices de ajuste de esta solución denotan que dicho mapa representa fielmente, de forma visual, los datos de categorización facilitados y de forma tabulada para cada una de las morfologías de las ondas por los registros

**Tabla 10.** Codificación de la onda electrocardiográfica P./ *P electrocardiographic wave coding.*

		Onda P																		
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Morfología																				
Derivación (n = 18)	DI	6	9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	DII	11	2	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIII	8	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	aVR	0	0	0	1	0	0	1	0	7	4	2	1	0	1	0	0	0	1	0
	aVL	2	3	0	0	0	0	0	0	7	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	aVF	9	1	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	V1	0	2	0	1	0	0	0	1	4	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	V2	1	4	0	2	1	1	3	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	V3	4	4	0	0	1	0	5	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	V4	4	4	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2
	V5	7	2	0	1	0	0	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	2
	V6	3	4	0	0	0	0	0	2	2	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0

**Tabla 11.** Codificación de la onda electrocardiográfica QRS./ *QRS electrocardiographic wave coding*

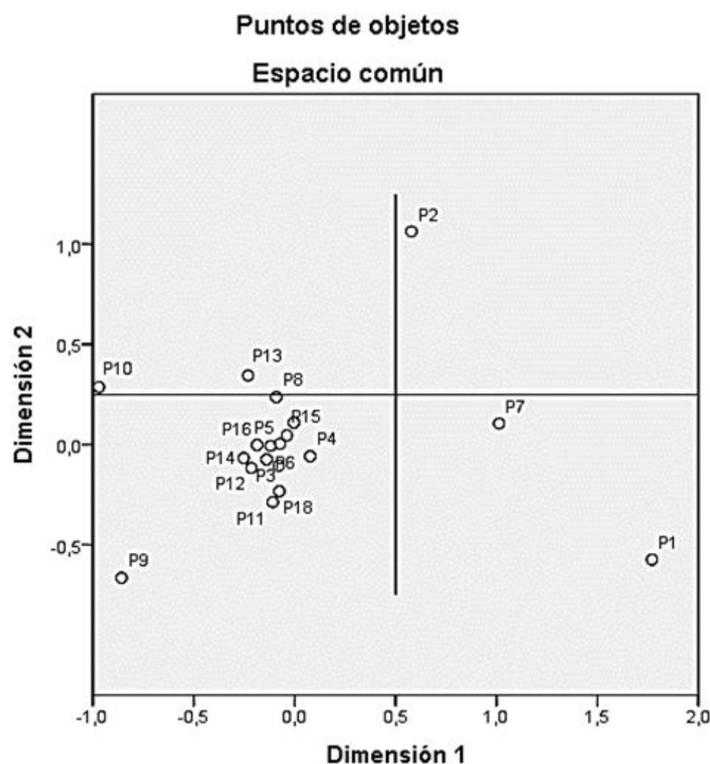
		Complejo QRS																										
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Morfología																												
Derivación (n = 18)	DI	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	
	DII	0	1	0	1	0	3	0	1	0	0	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0
	DIII	1	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	5	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	aVR	2	0	1	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3
	aVL	8	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
	aVF	0	0	1	2	1	1	0	0	1	0	0	6	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
	V1	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	V2	2	0	0	1	1	3	2	1	1	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3	1	0	0	1	1	1	5	1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V4	0	0	0	1	0	0	4	1	0	0	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	V5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	V6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

**Tabla 12.** Codificación de la onda electrocardiográfica T./ *T electrocardiographic wave coding*

		Onda T																	
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Morfología																			
Derivación (n = 18)	DI	2	2	0	1	0	1	0	0	7	2	1	1	0	0	0	0	0	1
	DII	1	1	1	2	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	0	5	0	1
	DIII	1	0	0	8	0	1	0	0	3	0	1	1	0	0	0	3	0	0
	aVR	0	2	0	3	0	5	0	0	4	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	aVL	1	0	0	1	0	0	0	0	9	1	1	4	0	0	0	0	0	1
	aVF	2	0	0	5	0	1	0	0	3	0	0	0	0	2	3	1	0	1
	V1	0	0	0	0	0	1	0	0	10	2	0	4	0	0	0	0	0	1
	V2	0	0	0	1	0	0	1	0	9	0	0	1	0	1	0	4	0	1
	V3	1	0	0	2	0	0	2	0	10	0	0	0	0	1	0	1	0	1
	V4	1	0	0	3	0	0	1	0	8	0	0	1	0	0	1	0	0	2
	V5	0	0	0	3	0	4	0	0	4	0	0	4	1	0	1	1	0	0
	V6	0	2	0	3	0	2	0	1	4	1	0	2	1	0	0	0	1	1

**Tabla 13.** Bondad del análisis multidimensional realizado con los datos de categorización./ *Goodness-of-Fit assessment in multidimensional analysis with categorization data*

Medidas de estrés y de ajuste	
Estrés bruto normalizado	0,021
Dispersión contada para (D.A.F.)	0,980



**Figura 6.** Ponderación de cada sujeto a cada eje. Datos de categorización para la onda P. / *Weighting of each subject to each axis. Categorization data for the P wave*

electrocardiográficos; el error cometido fue mínimo en esta estimación. Es decir, que la proximidad entre dos objetos se corresponde con su distancia en el mapa.

En la [Figura 6](#) se observa la representación simultánea de morfología de las ondas y derivaciones electrocardiográficas para la onda P. Se infiere que las formas de ondas 1, 2, 7, 9 y 10 son las que mayor frecuencia de aparición tienen en correspondencia al grupo de las demás formas, debido a que estas se encuentran más distantes; ello indica una mayor estabilidad de las ondas que tienen formas redondeadas positivas y acuminadas negativas en todas las derivaciones del electrocardiograma. Estas ondas aparecen contrarias por la diferente distribución en la que se colocan los electrodos en la superficie del animal. Sin embargo, la frecuencia de aparición del resto de las morfologías son semejantes en cada una de las derivaciones electrocardiográficas (Bipolares de extremidades, monopoles aumentadas de miembro y monopoles precordiales), lo cual expresa la baja frecuencia de aparición de estas morfologías en particular.

En el complejo QRS mostrado en la [Tabla 11](#) predominó la forma 1 acuminada y redondeada

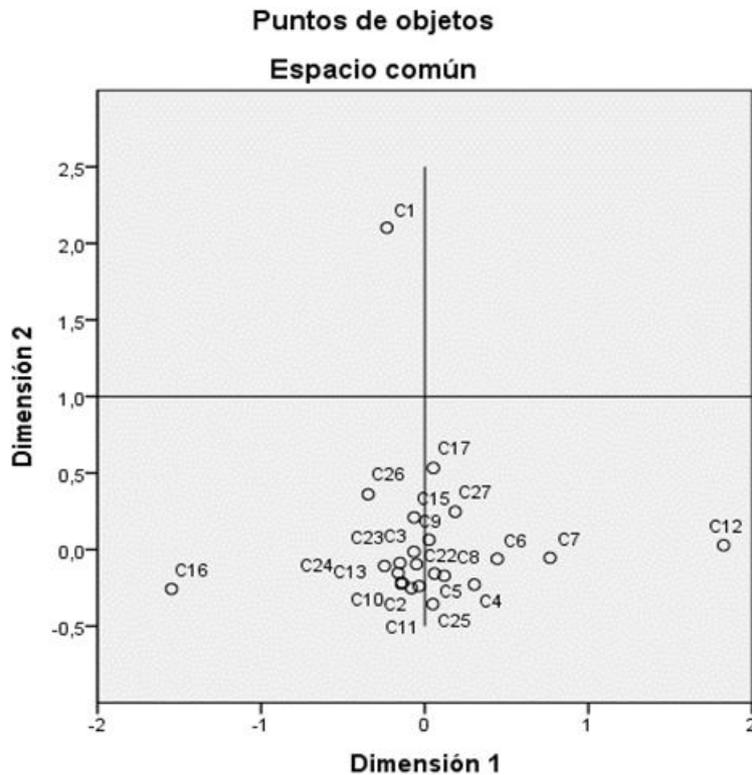
con polaridad positiva en las derivaciones bipolares de extremidades y monopoles aumentadas de miembro (DI, aVR y aVL) y monopoles precordiales (V1 y V2), la forma 12 acuminada y redondeada con polaridad negativa en las derivaciones bipolares de extremidades y aumentada de miembro (DII, DIII y aVF) y monopoles precordiales (V2, V3 y V4). Existen cinco nuevas formas de morfología con relación a las del bovino ([34](#)), la forma 23 en DI, las formas de la 24-27 con un predominio de frecuencia en las derivaciones bipolares de extremidades y monopoles aumentadas de miembro. Esta variabilidad se debe a las posiciones en las que se colocan los electrodos en el animal con respecto al eje anatómico del corazón ([37,38](#)).

El análisis de las frecuencias de aparición de las formas de ondas por Escalamiento Multidimensional arrojó los siguientes valores del Stress normalizado y de la dispersión normalizada para la morfología del complejo QRS (0,015 y 0,98) como se muestra en la [Tabla 14](#); esto indica que el ajuste de los datos es excelente ([Tabla 2](#)).

En la [Figura 7](#) se representan los datos de categorización facilitados, de forma tabulada, para cada una de las morfologías de las ondas por

**Tabla 14.** Bondad del análisis multidimensional realizados con los datos de categorización./ *Goodness-of-Fit assessment in multidimensional analysis with categorization data*

Medidas de estrés y de ajuste	
Estrés bruto normalizado	0,015
Dispersión contada para (D.A.F.)	0,980



**Figura 7.** Ponderación de cada sujeto a cada eje. Datos de categorización para el complejo QRS./ *Weighting of each subject to each axis. Categorization data for the QRS complex.*

los registros electrocardiográficos; el error cometido fue mínimo en esta estimación. Es decir, que la proximidad entre dos objetos se corresponde con su distancia en el mapa.

En la [Figura 7](#) se observa la representación simultánea de morfología de las ondas y derivaciones electrocardiográficas para el complejo QRS. Se infiere que las formas de ondas 1, 12 y 16 son las que mayor frecuencia de aparición tienen en correspondencia al grupo de las demás formas por encontrarse estas más distantes, lo que indican una mayor estabilidad de las ondas que tienen formas puntiagudas positivas y puntiagudas negativas, mayormente en las derivaciones monopoles precordiales del electrocardiograma. También estas ondas aparecen contrarias por la diferente distribución en la que se colocan los electrodos en la superficie del animal, en específico para las derivaciones V1 y V6. La frecuencia de aparición del resto de las morfologías son semejantes en

cada una de las derivaciones electrocardiográficas (bipolares de extremidades, monopoles aumentadas de miembro y monopoles precordiales), lo cual expresa la baja frecuencia de aparición de estas morfologías en particular.

En la [Tabla 12](#) se observa la frecuencia de aparición de la onda T en las diferentes derivaciones. La forma 9, acuminada puntiaguda con polaridad negativa, fue predominante en las derivaciones monopoles precordiales V1 y V4; la forma 4 acuminada y redondeada con polaridad positiva predominó en la derivación bipolar de extremidades DIII. Existen dos nuevas formas de morfología con relación a las del bovino ([39](#)), la forma 17 en DI y la forma 18 con un predominio de frecuencia en las derivaciones monopoles precordiales (V1, V2, V3, V4 y V6). Los valores obtenidos para esta onda son similares a los determinados por Vélez ([2](#)) en caballos criollos colombianos en las derivaciones

DI y DII, pero difieren de los reportados en la derivación DIII. En las derivaciones V1 y V5 coinciden con los registrados en caballos de deporte por Dörner (1).

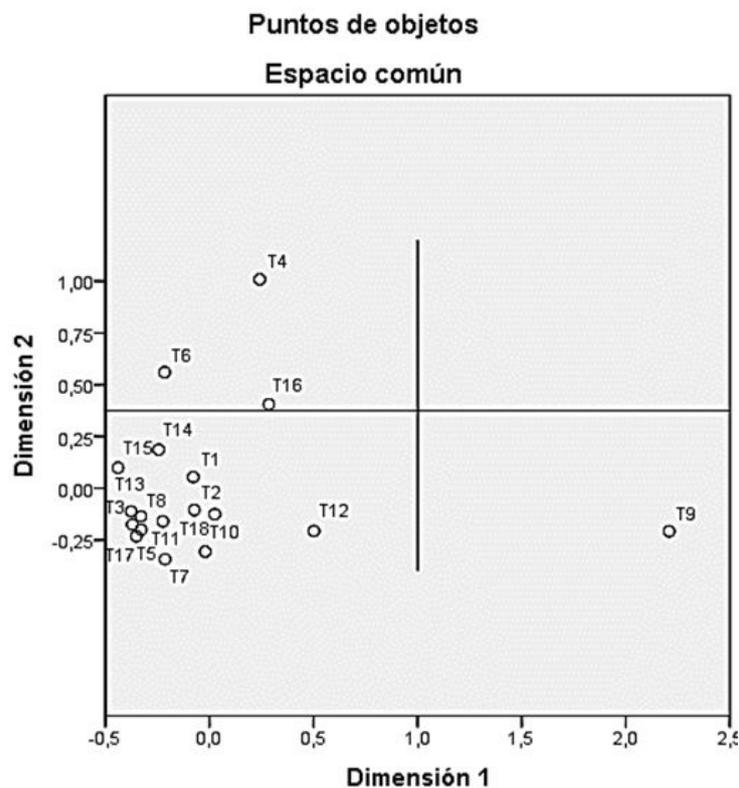
El análisis de las frecuencias de aparición de las formas de ondas por Escalamiento Multidimensional arrojó los siguientes valores del Stress normalizado y de la dispersión normalizada para la morfología de la onda T (0,015 y 0,98) como se muestra en la [Tabla 15](#); esto indica que el ajuste de los datos es excelente ([Tabla 2](#)).

En la [Figura 8](#) se representa fielmente, de forma visual, los datos de categorización facilitados, de forma tabulada para cada una de las morfologías de las ondas por los registros electrocardiográficos; el error cometido es mínimo en esta estimación. Es decir, que la disimilitud entre dos objetos se corresponde con su distancia en el mapa.

En la [Figura 8](#) se observa la representación simultánea de morfología de las ondas y derivaciones electrocardiográficas para la onda T. Se infiere que las formas de ondas 4 y 9 son las que mayor frecuencia de aparición tienen en correspondencia al grupo de las demás formas por encontrarse estas más distantes, lo que indica una mayor estabilidad de las ondas que tienen formas redondeadas positivas y puntiagudas negativas mayormente en las derivaciones bipolares de extremidades y monopolares precordiales. También estas ondas aparecen contrarias por la diferente distribución en la que se colocan los electrodos en la superficie del animal. La frecuencia de aparición del resto de las morfologías son semejantes en cada una de las derivaciones electrocardiográficas, lo cual expresa la baja frecuencia de aparición de estas morfologías en particular.

**Tabla 15.** Bondad del análisis multidimensional realizado con los datos de categorización./ *Goodness-of-Fit assessment in multidimensional analysis with categorization data*

Medidas de estrés y de ajuste	
Estrés bruto normalizado	0,017
Dispersión contada para (D.A.F.)	0,980



**Figura 8.** Ponderación de cada sujeto a cada eje. Datos de categorización para la onda T./ *Weighting of each subject to each axis. Categorization data for the T wave.*

Se plantea que la onda T es muy variable dentro de una misma derivación en todas las especies de animales, por lo que no aporta los elementos necesarios para establecer un criterio diagnóstico en distintas cardiopatías (37). Sin embargo, cuando se utilizan las derivaciones bipolares de extremidades DI y DIII planteadas en la [Tabla 1](#), se observa una gran estabilidad de esta onda al igual que en las cinco derivaciones monopolares que se han señalado anteriormente como estables para la onda Q y para la R ([Tablas 4 y 5](#)).

El análisis morfológico de cada una de las ondas que componen el ECG obtenido por las distintas derivaciones estándares ha sido realizado por algunos investigadores; todos coinciden en que existen diversos tipos de formas, tanto para la onda P como para el complejo QRS y la onda T, en el caballo (40,41) y en otras especies de animales (30,39).

Se comprobó que las derivaciones menos estables en la polaridad presentan también la mayor proporción de ondas morfológicamente diferentes y, por consiguiente, una mayor cantidad de combinaciones posibles entre ellas; es elevado también el número de combinaciones suigéneris, por tanto, resulta baja la cantidad de animales incluidos en las 24 combinaciones más frecuentes que fueron tabuladas ([Tabla 16](#)).

La codificación establecida, que permitió obtener los datos de la [Tabla 7](#), constituye un

punto de referencia para el estudio y la interpretación de los registros electrocardiográficos, tanto en el ganado equino y bovino como en otras especies de animales domésticos, así como para la caracterización de los procesos patológicos que afectan de alguna manera la actividad cardíaca.

## CONCLUSIONES

Se comprobó que existen puntos pericordiales donde se obtienen registros electrocardiográficos con pocas variaciones en la polaridad y la morfología de las ondas P y T y del complejo QRS, los que constituyen una referencia de gran utilidad para detectar lesiones del sistema excitoconductor cardíaco, además de las que producen arritmias.

## REFERENCIAS

1. Dörner C. Evaluación electrocardiográfica de equinos fina sangre de carrera Clínicamente Sanosen Período de Amansa. [Trabajo de Diploma]. Santiago, Chile: Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias; 2009. h. 106.
2. Vélez M. Valoración cardíaca mediante electrocardiografía y ecocardiografía de Caballos Criollo Colombiano pacientes de la Clínica Veterinaria Lasallista. [Trabajo de Diploma]. Caldas, Antioquia: Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias; 2014. h. 34.

**Tabla 16.** Combinaciones más frecuentes de P-QRS-T. P y T discordantes (A y B), P y T concordantes positivas (C y D) y negativas E y F. / *Most frequent frequent combinations of P-QRS-T. P and T are discordant (A and B), P and T are concordant positive (C and D) and negative (E and F).<sup>o</sup>*

Fila	Combinaciones			
A				
B				
C				
D				
E				
F				

3. Camejo M. Modelación Física-Matemática de la actividad eléctrica ventricular cardíaca en equinos. [Tesis de Maestría]. Mayabeque, Cuba: UNAH; 2016. pp. 1-3.
4. Siegel S, Castellan N. Estadística no paramétrica aplicada a las Ciencias de la Conducta. 4ta ed. México: Editorial Trillas. 1995; p. 57.
5. Guerrero F, Ramírez M. El análisis de escalamiento multidimensional: una alternativa y un complemento a otras técnicas multivariantes. Madrid, España: Asociación Española de Profesores Universitarios de Matemática para la Economía y la Empresas. 2002; pp. 3-6.
6. Cuba. Guerra C. Escalamiento Óptimo y Multidimensional. Aplicaciones. Güines: Centro Universitario. 2009; p. 15.
7. Perú. Flores J. Algoritmo de Kruskal. Lima: UNAP. 2013; pp. 1-9.
8. Mora M, González M. Caracterización del fracaso empresarial en Colombia: Un enfoque con Escalado Multidimensional. Comisión de Estudios al exterior: Documento de Trabajo 1109. Universidad de Salamanca. España. 2009; p. 37.
9. Copyright IBM Corporation IBM. SPSS Statistics [en línea]. Estados Unidos de América; 04 marzo 2013 [Citado 22 agosto 2018]. Disponible en: Disponible en: <http://www.ibm.com/copytrade/shtml.java> .
10. StatPoint Technologies, Inc. Statgraphics Centurion XVI [en línea]. Estados Unidos de América; 01 octubre 2000 [Citado 22 agosto 2018]. Disponible en: Disponible en: <http://www.statgraphics.com> .
11. Smith B. Medicina Interna de Grandes Animales. 4ta ed. Clay. American: Elsevier Mosby. 2010; p. 83.
12. Camejo M, Pompa A, Vázquez Y, Morales Y. Parámetros electrocardiográficos de sementales equinos en tres derivaciones monopares. Salud Animal [en línea] febrero 2017 [Citado 22 febrero 2018]; 39 (1). Disponible en: Disponible en: <http://www.censa.edu.cu/index.php/2015/12/01/revista-de-salud-animal/> . ISSN 2224-4697.
13. Temis tecnología. El Corazón: la Bomba de Funcionamiento Continuo. Análisis Electrocardiográfico de su Actividad [en línea]. España; 17 julio 2017 [Citado 13 marzo 2018]. Disponible en: Disponible en: <http://www.temis-tech.com.ar> .
14. Broux B, Decloedt A, Verheyen C, Pardon B, Van N, De D, Van G. Supraventricular premature beat associated qrs morphology varies with coupling interval: preliminary results [en línea]. Alemania: IAM International Animals of Medicine; 12 mayo 2015 [Citado 15 marzo 2018]. Disponible en: Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/274610840> .
15. Hiraga A, Sugano S. History of research in Japan on electrocardiography in the race horse. Journal of Equine Science [en línea] noviembre 2015 [Citado 10 junio 2015]; 1 (26). Disponible en: 10.1294/jes.26.1.
16. Decloedt A, Broux B, De D, Deprez P, Van G, Vera L, *et al.* Effect of sotalolol on heart rate, QT interval, and atrial fibrillation cycle length in horses with atrial fibrillation. Journal of Veterinary Internal Medicine [en línea] abril 2018 [Citado 22 febrero 2018]; 1 (7). Disponible en: Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jvim.15055> [Consulta: 22 febrero 2018]. ISSN DOI: 10.1111/jvim.15055.
17. Pompa A. Derivaciones electrocardiográficas en el bovino Holstein en condiciones tropicales. [Tesis de Doctorado]. La Habana: Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. 1990; hh. 42-68.
18. Castejón F, Herrera F, Santiesteban R, Riber C. Efecto del ejercicio sobre el electrocardiograma en el caballo andaluz. Universidad de Córdoba, España [en línea] agosto 1983 [Citado 22 febrero 2018]; 32 (123). Disponible en: Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3147?locale-attribute=es> .
19. Pereira L, Dias M, Tinoco S, Salles R, Soares F. Gender Differences Induced Changes in Serum Hematologic and Biochemical Variables in Mangalarga Marchador Horses After a Marcha Gait Competition. Journal of Equine Veterinary Science [en

- línea] abril 2016 [Citado 22 mayo 2018]; 1 (43). Disponible en: Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.093> [Consulta: 22 mayo 2018]. ISSN DOI: 10.1016/j.jevs.2016.04.093.
20. Hellman T, Kiviniemi T, Vasankari T, Nuotio I, Biancari F, Bah A, *et al.* Prediction of ineffective elective cardioversion of atrial fibrillation: a retrospectivemulti-center patientcohortstudy. *BMC Cardiovascular Disorders* [en línea] diciembre 2017 [Citado 15 febrero 2018]; 17 (33). Disponible en: Disponible en: Disponible en: Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/312513127> [Consulta: 15 febrero 2018]. ISSN DOI 10.1186/s12872-017-0470-0.
21. Honda N, Dörner C, Godoy A. Efectos del entrenamiento sobre variables electrocardiográficas en equinos Fina Sangre de Carrera. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 2013;28(1):2-7.
22. Mayoral I, Ynaraja E, Caro A. Utilidad clínica del electrocardiograma: valor práctico, usos y limitaciones. ¿el electrocardiógrafo puede ser una herramienta útil y necesaria o sólo un juguete para algunos especialistas?: clínica veterinaria de pequeños animales. *Avepa*. 1995;15(2):81-94.
23. Zerquera F. *Nociones de electrocardiografía*. Cuba: Editorial Ciencias Médicas; 2012. ISBN 978-959-212-749-4.
24. Pérez O. *Electrocardiograma. Elementos prácticos*. Cuba: Editorial Ciencias Médicas ; 2011. ISBN 978-959-212-656-5.
25. Reef V, Bonagura J, Buhl R, McGurrin M, Schwarzwald C, Van G, Young L. Recommendations for Management of Equine Athletes with Cardiovascular Anormalities. *Jornal Vet Intern Med*. 2014;28(1):749-761.
26. Lightowler C. *Manual de Cardiología del Caballo*. Buenos Aires, Argentina: Chinfield S.A. 2006; p. 1736.
27. Giuseppe L. Influencia de los cambios posturales en el electrocardiograma. *Revista Colombiana de Cardiología* [en línea] agosto 2014 [Citado 06 marzo 2015]; 21. Disponible en: Disponible en: <http://www.elsevier.es> [Consulta: 06 marzo 2015].
28. Godoy A. *Cardiología Equina* [video cinta magnética]. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias; 2008. [Citado 09 octubre 2014].
29. D'Roth, L. Electrocardiographic Parameters in the Normal Lactating Holstein Cow. *The Canadian Veterinary Journal*. 1980; 21(10):271-277.
30. Upadhyay R, Sud S. Ventricular repolarization (T) have in ruminants. 31ed ed. *Indian: J. Dairy Sci*. 2008; p. 237.
31. Colahan P, Mayhew I, Merritt A, Moore J. *Medicina y Cirugía Equina*. 4ta ed. Buenos Aires. Argentina: Editorial Intermédica. 1998; p. 1736.
32. Camejo M, Pompa A, Vázquez Y, Morales Y. Cálculo automatizado del vector eléctrico integral de la actividad ventricular cardíaca en equinos. *Salud animal* [en línea] septiembre 2016 [Citado 02 febrero 2018]; 38 (1). Disponible en: Disponible en: <http://www.censa.edu.cu/index.php/2015/12/01/revista-de-salud-animal/> [Consulta: 02 febrero 2018]. ISSN 2224-4700.
33. Carstensen E, Kjaer L, Haugaard M, Flethj M, Hesselkilde E, Kanters J, *et al.* Antiarrhythmic effects of combining do fetilide and ranolazine in a model of acutely induced atrial fibrillation in horses. *Journal Cardiovasc Pharmacol* [en línea] marzo 2018 [Citado 30 marzo 2018]; 71 (26). Disponible en: Disponible en: <http://www.jcvp.org> .
34. Pompa A. Comportamiento del electrocardiograma (ECG) en bovinos de la raza Holstein a diferentes edades de uno y de otro sexo. *Salud Animal* [en línea] febrero 2001 [Citado 03 marzo 2018]; 23 (1). Disponible en: Disponible en: <http://www.censa.edu.cu/index.php/2015/12/01/revista-de-salud-animal/> .
35. Cornefield C, Dunn C, Papberge H. Multigroup diagnosis of electrocardiograms. Bogotá, Colombia: edit. Interamericana. 2009; 120.
36. Friedman B, Lajam F, Calderon J, Zaman Q, Marino N, Gonies J. *Electrocardiography*

- features experimental cardiac tamponad in dosed chestin dogs. 6 ed. Alemania: Europ: J. Cardiol. 2012; pp. 311-322.
37. Darke P, Holmes J. The cancellation of mirror image electrocardiograms in the horse. 34 ed. Canada: J. comp.Med. 1970; pp. 128-133.
38. Pompa A. Determinación de la orientación espacial del vector eléctrico integral de cada onda electrocardiográfica en cuadrúpedos, tomando como referencia al bovino. *Salud Animal* [en línea] octubre 2003 [Citado 01 enero 2018]; 25 (3). Disponible en: Disponible en: <http://www.censa.edu.cu/index.php/2015/12/01/revista-de-salud-animal/> [Consulta: 01 enero 2018].
39. Pompa A. Nomenclatura del complejo QRS en animales del grupo B. *Salud Animal* [en línea] julio 2000 [Citado 02 diciembre 2017]; 22 (1). Disponible en: Disponible en: <http://www.censa.edu.cu/index.php/2015/12/01/revista-de-salud-animal/> [Consulta: 02 diciembre 2017].
40. Lightowler C. *Manual de Cardiología del Caballo*. Argentina: Editorial Chinfield S.A. 2006; p. 1736.
41. May S, Brown W, Shorter K, Vermeulen Z, Butler R, Koekkoek M. A Novel Non-Invasive Selection Criterion for the Preservation of Primitive Dutch Konik Horses. *Animals* [en línea] agosto 2006 [Citado 15 febrero 2018]; 8 (21). Disponible en: [Consulta: 15 febrero 2018]. ISSN 10.3390/ani8020021.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)