

03068  
5  
reje.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS PROFESIONALES Y DE POSGRADO DEL  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**CARACTERISTICAS DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE  
SUPERFICIE EN VACAS HOLSTEIN DURANTE LA  
GESTACION Y EN EL POSPARTO EN CONDICIONES  
NORMALES Y EN ALGUNAS PATOLOGIAS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS FISIOLÓGICAS  
P R E S E N T A  
**M.V.Z. GABRIELA MATEOS TRIGOS**

CENTRO DE NEUROBIOLOGIA

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Fisiología y Farmacología, en el Departamento de Toxicología y en el Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el Centro de Enseñanza Práctica, Investigación y Extensión en Rumiantes (CEPIER) de la FMVZ de la UNAM, en el Centro Nacional para la Enseñanza e Investigación y Extensión de la Zootecnia "Rancho 4 Milpas" de la FMVZ de la UNAM y en el rancho de LICONSA (Leche Industrializada Conasúpo).

## AGRADECIMIENTOS

Para hacer posible este trabajo intervino mucha gente a la cual estoy muy agradecida y espero no omitir a nadie, pero en caso de hacerlo quiero agradecer a todos los que participaron en este trabajo de una u otra forma aunque no aparezca su nombre.

En primer lugar a mi familia (Pancho, Lucía y Toña); a Pancho por su apoyo, por aguantar a una esposa desvelada y con olor a vaca, además de esperar a Lucía un año más de lo planeado (yo creo que valió la pena), a Lucía que hizo que me recibiera primero de mamá que es de lo mejor que me ha pasado. A mis papás por haberme formado en un núcleo familiar unido y feliz, por haberme inculcado el deseo de superación y haberme dado la libertad de tomar mis propias decisiones siempre contando con su apoyo; en especial a mi papá por heredarme ese amor a la Universidad.

Quiero agradecer a los Dres. Diana Arteaga, José Pedraza, Graciela Tapia y Arturo Olguín por sus comentarios que mejoraron esta tesis y muy en especial al Dr. Héctor Sumano, que además de que siempre me ha brindado su amistad y me ha hecho sentir como parte de su familia, me asesoró desde que esta tesis era una idea hasta que llegó a la imprenta, lo cual tomó algunos años.

Del Instituto de Investigaciones Biomédicas a la Dra. Sofia Díaz de Cintra, a la Güera y a Blanca por su ayuda.

De la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia al Dr. Leopoldo Paasch Martínez, al Dr. Francisco Trigo Tavera y al Dr. Luis Ocampo Camberos por su apoyo.

Del Departamento de rumiantes al Dr. Andrés Ducoing Watty, Dr. Salvador Avila Téllez, Dr. Adolfo Kunio, Dr. Miguel Quiroz, Dr.

Arturo Olguín y Bernal, Dra. Ana Sisto, Abel, Manuel Trujillo, Adriana Alarcón e Ignacio Luna que de alguna u otra forma ayudaron durante todo este tiempo.

Del Rancho 4 Milpas al Dr. Santiago Villareal de León, Dr. Gerardo Santillán, Dr. Ernesto Valencia, Dr. Fernando Valdivia y Dr. Camilo Guzmán por las facilidades para poder trabajar.

De LICONSA donde se llevó a cabo la mayoría de los electrocardiogramas al Dr. Francisco Ortega Rodríguez y al Dr. Gerardo Reza Guevara por permitirme utilizar las vacas con toda confianza y en especial a Tomás, Don Cuco, Nicanor y Don Jesús que me ayudaron a corretear vacas y sujetarlas para poder trabajar, sin ellos no hubiera podido hacer nada.

Del Departamento de Toxicología al Dr. René Rosiles, por su ayuda desinteresada y aunque lo que trabajamos no formó parte de esta tesis queda pendiente para otro trabajo, al Dr. Juan Manuel Orta Ramírez, Dr. Florentino de Jesús Elizalde, Fernando, Janitzio, Aída, Ana y Fidel por su ayuda y por hacerme pasar el rato más ameno.

Del Centro de compute al Dr. Gerardo Lopez Buendia, Gerardo Valdivieso, Ivonne y sobretodo Juanita por su ayuda para la captura de datos y la impresión de la tesis.

Del departamento de Patología a Marilú, Agustín y Pepetón por su ayuda en los casos clínicos.

Entre otros al Dr. Santiago Aja por su ayuda desinteresada en una parte de este trabajo, al Dr. Enrique Bastián por su ayuda en la medición de los electrocardiogramas, Al Subcomité Técnico de Becas de la Facultad por su apoyo.

Entre otros quiero agradecer a la Dra. Sara Caballero Chacón por compartir conmigo tantos momentos de clases durante la maestría y en el Departamento de Fisiología, pero sobre todo quiero agradecer su amistad incondicional en todo momento y ahora también como mamá. A la Dra. Maricela Ortega Villalobos por su apoyo para poder concluir este trabajo y a la Sra. Jose por ser como es.

A la Universidad por todo lo que me ha enseñado.

Muy en especial quiero dedicar este trabajo a LAS VACAS porque son uno de los animales más nobles que hay.

## INDICE

Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
II. Aspectos históricos de la electrocardiografía en bovinos.....	4
III. Alcances y limitaciones de la electrocardiografía en bovinos..	8
IV. Morfofisiología comparativa del corazón en el bovino.....	13
V. Bases para la interpretación del electrocardiograma.....	23
VI. Hipótesis y objetivos.....	29
VII. Material y métodos.....	30
VIII. Resultados.....	37
IX. Cambios electrocardiográficos en algunas patologías.....	44
X. Discusión.....	77
XI. Conclusiones.....	95
XII. Otros usos de la electrocardiografía.....	97
XIII. Referencias.....	98

CARACTERÍSTICAS DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE SUPERFICIE EN VACAS  
HOLSTEIN DURANTE LA GESTACION Y EN EL POSPARTO EN CONDICIONES  
NORMALES Y EN ALGUNAS PATOLOGIAS

RESUMEN

En función de la gran utilidad que para la medicina veterinaria representa la electrocardiografía y en vista del potencial diagnóstico de esta técnica en bovinos, se llevó a cabo un estudio para determinar la configuración basal del electrocardiograma (ECG) en vacas gestantes (últimos 15 días) y vacas en el posparto (primeros 15 días) utilizando las derivaciones unipolares, bipolares y un sistema de precordiales, en 50 vacas productoras de leche de la raza Holstein, de entre 2 y 8 años de edad. Dadas las discrepancias entre autores en cuanto al uso de la electrocardiografía en bovinos se refiere, se requiere de una estandarización de estos valores. Los registros se llevaron a cabo con un electrocardiógrafo portátil de un canal calibrado a una velocidad de 25 mm/seg y 1cm=1mV. Se analizaron los componentes del ECG en cuanto a forma, duración y amplitud de la onda así como el eje primario de QRS. Se encontraron valores límite para las diferentes ondas, intervalos y segmentos con una confiabilidad del 95% para todos los valores; como ejemplo, se presentan los obtenidos para la derivación DII: PR 0.17 seg, P 0.07 seg x 0.07 mV, QRS 0.07 seg x 0.26 mV, ST 0.17 seg, T 0.08 seg x -0.03 mV, QT 0.32 seg, Q -0.07 mV, R 0.12 mV y S -0.07 mV. En las otras derivaciones también se obtuvieron datos con el mismo límite de confiabilidad. Se propone a la electrocardiografía como instrumento diagnóstico de rutina en explotaciones intensivas dado su bajo costo y su confiabilidad dentro de los límites señalados.



CARACTERISTICAS DEL ELECTROCARDIOGRAMA DE SUPERFICIE EN VACAS  
HOLSTEIN DURANTE LA GESTACION Y EN EL POSPARTO EN CONDICIONES  
NORMALES Y EN ALGUNAS PATOLOGIAS

I. INTRODUCCION

Siempre ha existido una especial fascinación por comprender el funcionamiento del aparato cardiovascular; para el veterinario especialista en bovinos resulta atractivo poder interpretar en el electrocardiograma (ECG) los procesos que constituyen la actividad cardiaca y dar a esta técnica una aplicación diagnóstica. El primer paso para llegar a ese fin es establecer los valores electrocardiográficos basales. En particular, es importante conocer el ECG de la vaca en producción gestante y en torno al parto ya que esta es la época en la que se pueden dar mayores cambios y en la que se presenta el mayor número de enfermedades. Existen pocos estudios al respecto, ninguno en México y la información que hay proviene de países como Alemania (Schroter y Seidel 1976, Schafer y Neubert 1977 y Cakala y Rakalska 1987), la India (Upadhyay 1976, 1978, 1982, 1986 y Sobti et al. 1986), Japón (Nakamura, e Hirao 1958 y Takemura et al. 1989, Too) y Canadá (De Roth 1972, 1980) entre otros. En estos estudios se detectan en mayor o menor magnitud errores metodológicos que hacen poco preciso el establecimiento de valores basales; por ejemplo los animales estudiados se encuentran en diferentes estados fisiológicos no cuantificados y varían en raza y edad desde los 5 meses hasta adultos (Alfredson y Sykes 1942, Dota y Balbo 1968). Otro error metodológico evidente es que en muchos casos se pretende interpretar los ECGs o el ECG incluso por ejemplo, cuando se utilizan sistemas de derivaciones que no incluyen a menudo los

registros bipolares imprescindibles, ya que para lograr un diagnóstico claro del estado de los sistemas de conducción cardiacos no se pueden omitir los registros en DI, DII y DIII (Daniel y Moodie 1979; Ramakrishna; Nigam y Krishnamurthy 1980 y Sobti et al. 1986).

La importancia clínica del ECG en humanos radica en su utilidad para diagnosticar diferentes estados patológicos como hipertrofia de alguna de las cavidades cardiacas, isquemia e infarto, pericarditis, padecimientos generalizados que afecten al corazón, determinación del efecto de ciertos fármacos, detección de trastornos electrolíticos, valoración de marcapasos cardiacos; así como su importancia obvia en el diagnóstico de retardos de la conducción de impulsos eléctricos a través del corazón y la determinación del origen y comportamiento de las disritmias (Bellet 1965; Reynolds; Martin y Homann 1988).

Por lo anterior se consideró de gran interés incorporar todas estas utilidades a la clínica bovina; no obstante y dadas las discrepancias que se presentan entre autores con respecto al uso de la electrocardiografía en bovinos, se pretende en este trabajo sentar las bases del ECG normal en bovinos, para que sirvan de plataforma a estudios posteriores tanto en bovinos sanos como en aquellos con diferentes estados patológicos; por ello, resulta necesario revisar de manera crítica los estudios electrocardiográficos realizados a la fecha, a fin de establecer la situación actual de la electrocardiografía bovina y sus perspectivas de aplicación.

## II. ASPECTOS HISTORICOS DE LA ELECTROCARDIOGRAFIA EN BOVINOS

A pesar de la obvia importancia del corazón, no es sino hasta que la medicina se transforma en ciencia, que Harvey en 1816 descubre que la función del corazón es impulsar la sangre por el sistema vascular. Más tarde, se encontró que los latidos cardiacos implican un proceso eléctrico; en 1887, Walter utiliza un electrómetro capilar y reporta la primera grabación de los cambios eléctricos relacionados con los latidos cardiacos en el hombre y en gatos (Citado por López 1983). En 1895, Einthoven introduce los términos P,Q,R,S, y T para las deflexiones electrocardiográficas que obtiene experimentalmente y es el primero en utilizar el término electrocardiograma (Tilley, 1985). En perspectiva histórica, la electrocardiografía diseñada por Einthoven con un perro como sujeto experimental, ha evolucionado enormemente en el ser humano. En contraste, este desarrollo no ha seguido la misma tendencia en medicina veterinaria, a pesar de que la electrocardiografía se implementó por primera vez en animales.

En 1913, Nörr introdujo la electrocardiografía a la medicina veterinaria publicando sus primeros resultados en bovinos en 1921 y nuevamente en 1922 (Nörr 1921,1922). El observó que al utilizar las derivaciones de los miembros se obtenían potenciales muy pequeños y que podrían encontrarse potenciales mayores modificando la posición y el tamaño de los electrodos, por lo que utilizó grandes electrodos de zinc cerca del vértice del corazón debajo del olécranon izquierdo y del lado derecho del cuello cerca de la escápula (Nörr 1922). En 1928, Lautenschlager utilizó electrodos de aguja insertados de manera subcutánea en áreas preesacupulares y en la base del corazón hasta lograr mayores potenciales del

complejo QRS (Lautenschlager 1928). Spörri en varios estudios entre 1940 y 1957 señaló la importancia de no depender de una sola derivación, ya que esto traía como consecuencia dificultades en la interpretación del ECG (Spörri y Raggenbass 1940; Spörri 1941, 1953; Spörri y Volkert 1957); Spörri eligió un tercer electrodo basado en el triángulo de Einthoven que reproducía un ECG con buenas formas y buena repetibilidad; este tercer electrodo se encontraba en la eminencia sacra y permitía obtener las derivaciones II y III de Einthoven (Spörri 1941). Alfredson y Sykes (1942) tratan de determinar los valores electrocardiográficos normales en bovinos utilizando las derivaciones bipolares y publican sus resultados postulando unos de los primeros valores basales. Con este trabajo como base, llevan a cabo ensayos pioneros de los cambios electrocardiográficos en becerros con bloqueos de rama inducidos de manera experimental (Alfredson y Sykes 1940). Del trabajo de estos autores, destaca que los cambios patológicos en el ECG no ocurren de la misma forma que en bloqueos producidos en perros y en humanos. En ese mismo año, estos mismos autores tratan de determinar los cambios electrocardiográficos en becerros que recibían raciones bajas en potasio (Sykes y Alfredson 1940).

A partir de estos estudios, se han llevado a cabo otros incluyendo algunos de índole clínico, como el de Gullickson (Gullickson y Calverley 1946) quienes detectan a través del ECG fallas cardíacas en vacas alimentadas con raciones deficientes en vitamina E, así como el trabajo de Bergman y Sellers (Bergman y Sellers 1954) quienes intentan definir los efectos cardíacos y respiratorios derivados de la administración de calcio, potasio y magnesio en vacas lecheras, encontrando algunos cambios. Holmes

(1957) estudia un caso de una vaca con fibrosis del miocardio acompañado de arritmia y un año más tarde Sellers (Sellers et al. 1958) trata de estandarizar las derivaciones electrocardiográficas en vacas, de manera tal, que sean fácilmente reproducibles y puedan utilizarse en la clínica, encontrando que en las derivaciones bipolares, existe gran variabilidad de animal a animal y de día a día en el mismo animal; posteriormente Lank y Kingrey (1959), perciben la falta de información sobre los valores basales y realizan las evaluaciones correspondientes en vacas lecheras sanas. De Groot (1960), estudia la influencia sobre el ECG de las concentraciones séricas de magnesio en vacas lecheras, encontrando una disminución del intervalo RT y PT y un aumento del pulso a medida que disminuían las concentraciones de magnesio en sangre; más tarde Payne (1964), induce hipocalcemia experimental con EDTA y registra los cambios electrocardiográficos, en un intento por incorporar la electrocardiografía a la clínica bovina. Ghergariu, Moldovan y Danielesco (1970), trabajan con poco éxito sobre el ECG en becerros, para detectar alteraciones basales entre dos grupos de edades. Cakala; Rakalska y Borowski (1971) y Horvath y Szekeres (1980), estudian los cambios electrocardiográficos en vacas con leucosis y concluyen que existen algunos cambios en el ECG, pero poco constantes. Littledike; Glazier y Cook (1976), observan los cambios producidos en el ECG con hipo e hipercalcemia inducida experimentalmente, dado que consideran los antecedentes ya mencionados como poco confiables. A partir de este momento, los trabajos se hacen más especializados e incluso se pretende llegar a identificar diferencias electrocardiográficas entre diversas razas de vacas lecheras y entre vacas y otras especies de rumiantes.

Upadhyay et al. (1976), tratan de determinar valores basales en la raza Jersey. Glazier (1978), observa la influencia de los cambios electrolíticos sobre el ECG en perros, caballos y vacas. Daniel y Moodie (1979), estudian la relación del intervalo QT con las concentraciones de calcio en plasma, encontrando un alargamiento de QT en la hipocalcemia y viceversa. Ramakrishna; Nigam y Krishnamurthy (1980), realizan ensayos en vacas con pericarditis traumática inducida, con el propósito de proponer a la electrocardiografía como un método de diagnóstico temprano, pero destacan la necesidad de tener buenos valores de referencia. Ese mismo año, Lacuata et al. (1980), realizan estudios electrocardiográficos y ecocardiográficos en cuatro casos de endocarditis bovina sin mucho éxito, quizá por falta de valores basales confiables. Seis años más tarde Sobti et al. (1986), observan los cambios del ECG durante la ruptura experimental de la vejiga urinaria en becerros como una curiosidad académica y Claxton (1988) hace la evaluación electrocardiográfica de arritmias en seis vacas. Los intentos por incorporar la electrocardiografía a los ruminantes no sólo se limitan a los bovinos; Upadhyay y Sud (1982), Deshpande et al. (1984), Upadhyay y Rao (1986) y Kirti et al. (1988) inician la electrocardiografía en búfalos, mientras que Martínez et al. (1988) y Bastres et al. (1989), lo hacen en llamas.

Es importante señalar que los estudios referidos difieren notablemente entre sí; tanto en lo que se considera normal en un ECG, en la ubicación anatómica de los electrodos exploradores así como lo que concierne al eje eléctrico de QRS, la edad de los animales y su estado fisiológico. En virtud de las discrepancias en la literatura, Ghergariu y Danielescu (1976) sugieren la necesidad

de una estandarización universal de la colocación de los electrodos y la utilización de una sola nomenclatura, para poder enriquecer el acervo clínico derivado de la electrocardiografía en bovinos. Desafortunadamente, aún no se logra el consenso sugerido. A este respecto, cabe señalar que De Roth (1980) se ha acercado más a la definición de los parámetros del ECG en la raza Holstein; no obstante, su contribución no ha sido validada universalmente y solo abarca vacas en producción, muchas semanas antes del parto.

### III. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA ELECTROCARDIOGRAFIA EN BOVINOS

El valor de la electrocardiografía ha sido reconocido dentro de la medicina veterinaria en muchas partes del mundo. No obstante, a la fecha aún se le contempla como un método diagnóstico exclusivo de especialistas en equinos, perros y gatos (De Roth 1980). De tal suerte, existen numerosas referencias sobre el uso del ECG en dichas especies (Platner; Kibler y Brody 1948; Holmes 1970; Holmes y Else 1972; Deem y Fregin 1982; López 1983; Jones 1987).

En contraste, la electrocardiografía en especies productivas como los rumiantes, ha sido considerada como un método complicado e inaccesible al clínico de campo. Aunque los trabajos iniciales de electrocardiografía en animales de producción no mencionan su uso en la clínica (Alfredson y Sykes 1942; Upadhyay y Sud 1982), es factible pensar que fueron realizados con una perspectiva clínica para la detección de un gran número de problemas de salud (Ghergariu y Danielelesco 1976). No obstante, aunque existen datos bibliográficos de la aplicación clínica de la electrocardiografía en estas especies, aún no se cuenta con valores basales confiables

que permitan hacer de estas observaciones aisladas un elemento diagnóstico.

En la literatura consultada varios autores coinciden en colocar los electrodos de manera similar; por lo tanto, se puede inferir que existe una tendencia a un consenso universal para la colocación de los electrodos. Este punto es vital para el desarrollo del área, pues significaría que los resultados obtenidos podrían ser comparados. Su colocación difiere a la sugerida para el humano; dada la movilidad de los miembros en el bovino y la posición del corazón, resulta más factible comparar la colocación de los electrodos utilizada en pequeñas especies o en equinos. En lo que respecta a las derivaciones precordiales utilizadas por los pocos autores que recurren a este sistema, se ha considerado la adopción de un sistema parecido al de los equinos que utilizan electrodos en torno al corazón. Esto, obedece a que muy pocos autores consideran el uso de algunas derivaciones precordiales en los bovinos y a que la posición del corazón en esta especie, es casi horizontal con respecto al piso, con una ligera elevación de su base (Ghoshal 1985). La forma lógica de visualizar el equivalente a las derivaciones precordiales en el hombre sería pues con el sistema de electrodos que rodean la caja torácica. Así, si existe la posibilidad de detectar una desviación del eje primario de QRS con derivaciones uní y bipolares, la imagen eléctrica que presentan las derivaciones precordiales podría confirmar el hallazgo. En la figura 1 y 2 se puede observar respectivamente la colocación de los electrodos bipolares y unipolares y los electrodos precordiales utilizados en este trabajo.



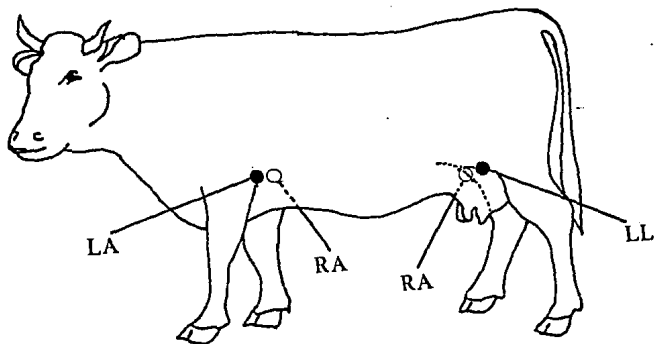


Figura 1. Colocación de los electrodos para el registro electrocardiográfico de derivaciones bipolares y unipolares en bovinos.

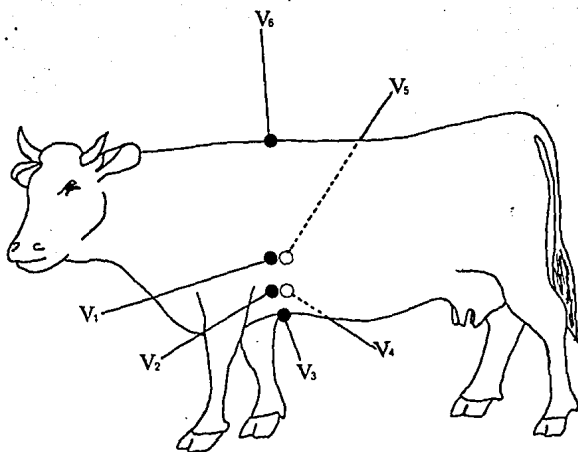


Figura 2. Colocación de los electrodos para el registro de derivaciones precordiales en bovinos.

Por otro lado, en algunos artículos se ha intentado aplicar a bovinos la vectocardiografía y otras técnicas experimentales similares (Gregory y Wotton 1981; Sobti; Rama Kumar y Kohli 1982). Empero, resulta congruente pensar que el paso consecuente en el desarrollo de la electrocardiografía bovina, es implantar primero una metodología universal de colocación de electrodos para la obtención de registros y generar un patrón preciso de los rasgos electrocardiográficos basales de esta especie.

A pesar de que algunos autores han iniciado el uso de la electrocardiografía para fines diagnósticos, se puede inferir que la capacidad de derivar datos diagnósticos de este método será mucho mayor en cuanto se logren establecer todas las características de los trazos basales. En este sentido, debe hacerse hincapié en que la definición de los criterios utilizados para la toma de los ECGs incluye únicamente animales clínicamente sanos, de una misma raza, en un mismo lugar y en el mismo estado fisiológico. Se consideró de mayor relevancia incluir animales gestantes dado que la gestación en esta especie tiene una duración de 282 días y el puerperio de 45 días y la meta de producción en esta especie incluye un parto por año, lo que deja pocos días con animales no gestantes. Asimismo, dentro de la gestación el período crítico para la presentación de muchas enfermedades en torno al parto (hipocalcemia, hipomagnesemia, cetosis, retención placentaria, endometritis, piometra) (Blum et al. 1972; Baird et al. 1974; Mullen 1977; Rogers et al. 1977; Curtis et al. 1978; Hibbit 1979; Roger 1979; Allen y Davies 1981; Baird 1982; Hapke; Budden y Konnermann 1982; Harris; Jambell y Oliver 1983; Sanson; Manston y Vagva 1983; Dufva 1984).

#### IV. MORFOFISIOLOGÍA COMPARATIVA DEL CORAZÓN EN EL BOVINO

Dado que existe una relación estrecha entre los ejes del corazón y su anatomía, es necesario revisar este aspecto en el bovino. Las cinco séptimas partes del corazón del bovino están sobre el lado izquierdo del plano medio del tórax, tiene un peso medio de 2.5 kg en el adulto, esto es, 0.4-0.5% del peso total de su cuerpo; tiene una forma piramidal con la base opuesta a la pared torácica en dirección craneal, ubicándose desde el 2o espacio intercostal o III costilla hasta el 5o espacio intercostal o VI costilla. El vértice se opone a la sexta unión condroesternal en situación medial, a unos 2.5 cm del diafragma. El borde ventricular izquierdo está opuesto al 5o espacio intercostal, es casi vertical y algo cóncavo. La escotadura, en el lado izquierdo, es larga y se extiende entre el borde caudal de la III costilla y el 5o espacio intercostal. En el lado derecho se extiende entre el tercero y cuarto espacios intercostales. El orificio del tronco pulmonar asienta sobre el 3er espacio intercostal y la IV costilla, a unos 10 a 12 cm por encima de las terminaciones esternales de las costillas. El orificio aórtico está opuesto a la IV costilla. El orificio auriculoventricular derecho está en posición opuesta al 3er espacio intercostal, IV costilla y 4o espacio intercostal. El orificio auriculoventricular izquierdo se opone al 4o espacio intercostal y a la V costilla. Las válvulas pulmonar y aórtica están ligeramente dorsales a las correspondientes válvulas auriculoventriculares (Ghoshal 1985). En las figuras de la 3 a la 6 se puede observar la posición del corazón en el bovino visto desde varios ángulos. Estas figuras se desarrollaron imitando la posición de un corazón real de bovino en un esqueleto armado.

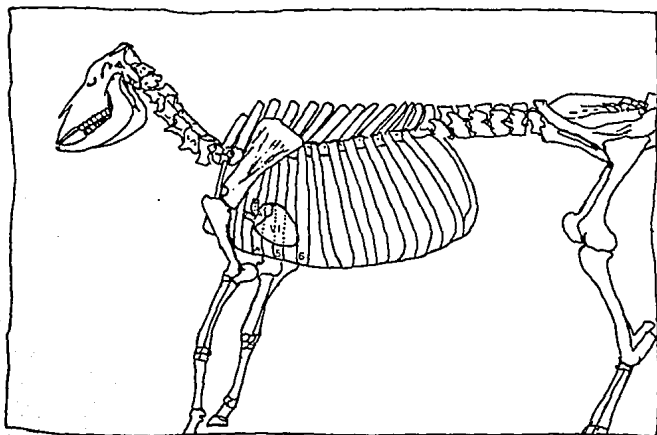


Figura 3. Localización anatómica del corazón del bovino.  
Vista lateral izquierda.

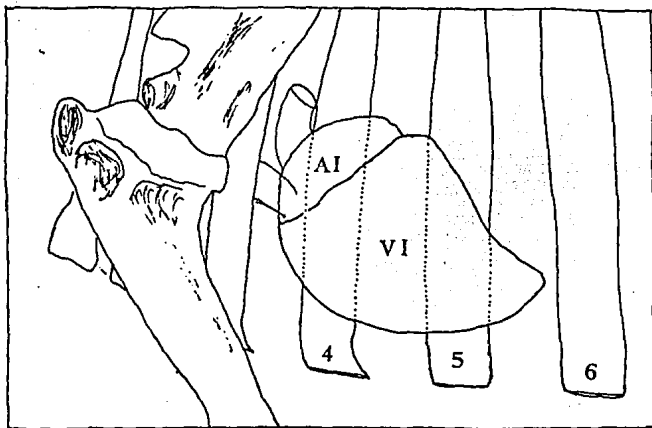


Figura 4. Localización anatómica del corazón del bovino.  
Vista lateral izquierda (acercamiento).

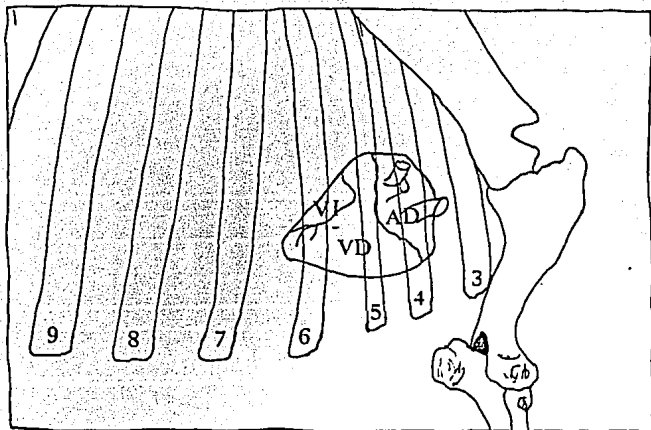


Figura 5. Localización anatómica del corazón del bovino.  
Vista lateral derecha.

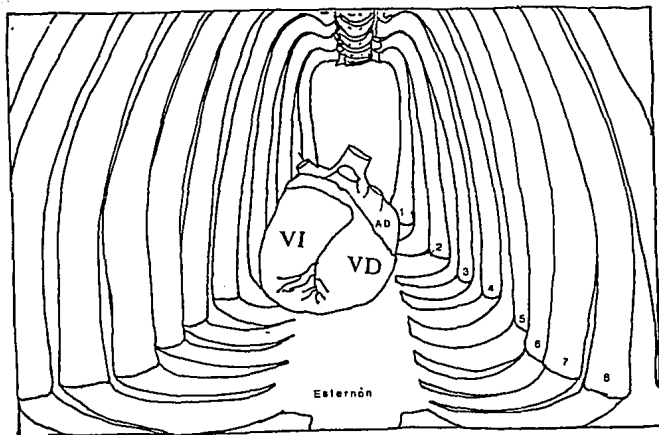


Figura 6. Localización anatómica del corazón del bovino.  
Vista posterior.

El corazón está formado por fibras musculares coordinadas con un sistema de conducción intrínseco. Dicho sistema está a su vez constituido por el nodo seno auricular (NSA), el nodo aurículo ventricular (NAV), el haz de His (con su rama derecha e izquierda) de donde surge la red de Purkinje (Branwald 1983) (véase figura 7).

El NSA o marcapaso, que es el encargado de controlar autónómicamente la frecuencia cardíaca, se localiza en la parte superior de la aurícula derecha, cercano a la entrada de la vena cava. La conducción eléctrica de la aurícula ocurre a través de las vías internodales (anterior, media y posterior); éstas se fusionan con las fibras auriculares vecinas y difunden así a toda la masa auricular conectándose finalmente con el NAV. Este se localiza del lado derecho en la parte baja del septo interatrial y se continúa con el haz de His y la red de Purkinje. Al llegar el impulso al NAV, ocurre un retraso de fracciones de segundo, que impide que la despolarización pase inmediatamente de las aurículas a los ventrículos. Este retraso se da gracias a que el NAV tiene la característica de conducir más despacio el impulso que viaja de las aurículas a los ventrículos. De aquí, el impulso corre por el haz de His y penetra en el septo ventricular, donde viaja rápidamente por toda la masa ventricular gracias a las ramas derecha e izquierda del haz de His y a las fibras de Purkinje (Goldschlager y Goldman 1991).

En el caso del bovino, la red de Purkinje tiene gran cantidad de ramificaciones que penetran por completo el espesor de las paredes libres y la base de los ventrículos, que están conectados por bandas de tejido especializado que atraviesan el septo interventricular. Debido a esto, la despolarización de ambas

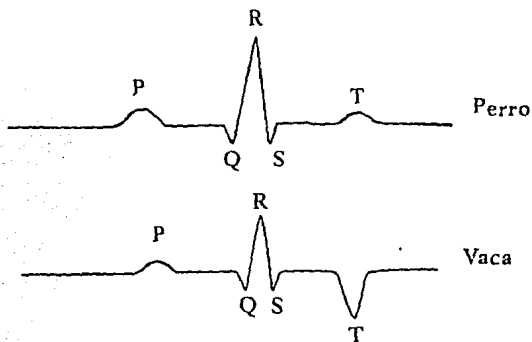
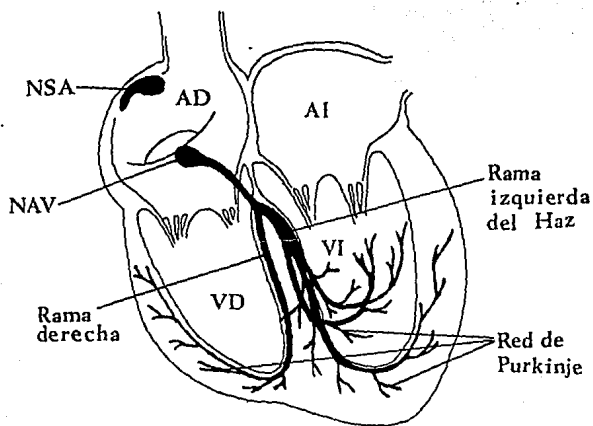


Figura 7. Sistema de conducción intrínseco del corazón del bovino con su trazo electrocardiográfico característico en la derivación, DII en comparación con el perro.



paredes libres ventriculares ocurre simultáneamente. No hay frentes de despolarización. La fase terminal de la despolarización ventricular que caracteriza al ECG bovino es su activación del vértice a la base del septo interventricular y del ventrículo izquierdo al derecho (Abramson y Margolin, 1936; Hamlin y Smith, 1965) (véase figura 8). Por esta razón, esta interconexión hace que el complejo QRS sea de una magnitud mucho menor que la esperada, si se tomara en cuenta únicamente el tamaño del miocardio (Sykes y Alfredson 1940).

La despolarización auricular en el bovino requiere de 0.20 segundos aproximadamente (Lank y Kingrey 1959; De Roth 1980) y la conducción a través de los ventrículos se lleva a cabo en 0.19 segundos aproximadamente (De Roth 1980; Sawasaki e Hirose 1984). La deflexión conocida como QRS no debe exceder normalmente de 0.12 segundos (Hamlin y Smith 1981). En la figura 9 podemos observar cómo se forman las diferentes ondas del ECG con respecto al sistema de conducción intrínseco del corazón y a manera de referencia se esquematiza el mismo evento en perros; se esquematiza también como la onda P se forma durante la despolarización auricular derecha e izquierda, después el complejo QRS durante la despolarización ventricular y la onda T durante la repolarización ventricular (Tilley 1985).

Gran parte de la electrocardiografía clínica, se basa en el comportamiento de los potenciales de acción de membrana. Las características de este potencial varían con el sitio de origen y difieren en diferentes tipos de células y diferentes regiones del corazón. El ritmo cardiaco normal depende de mecanismos normales de producción de potenciales de acción. A nivel celular, el potencial

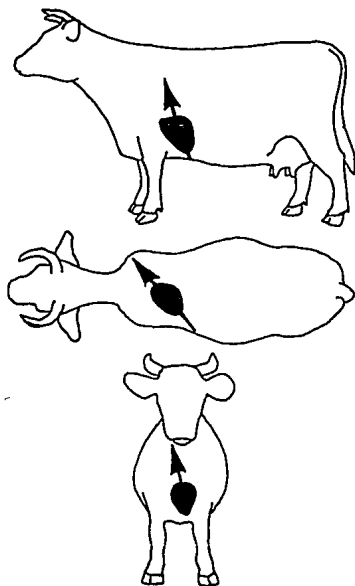


Figura 8. Dirección de los vectores de despolarización ventricular en el bovino.

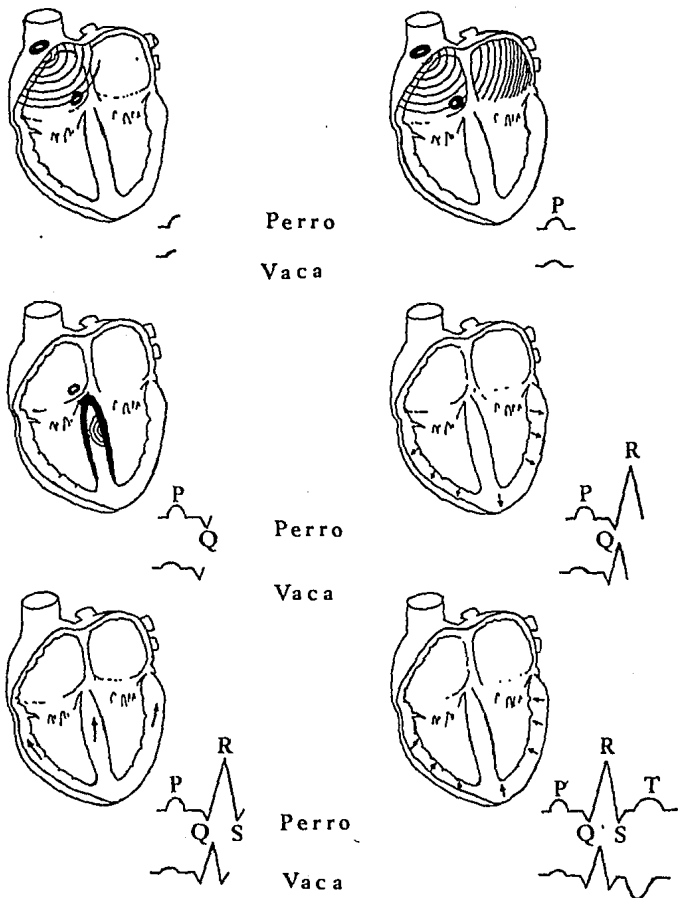


Figura 9. Formación de las ondas características del electrocardiograma con respecto al sistema de conducción intrínseco del corazón del bovino en comparación con el del perro.

de acción de la célula cardíaca es el resultado de la entrada y salida de iones a través de la membrana celular y da lugar a una meseta característica con varias fases que se designan como 0, 1, 2, 3 y 4 (Tilley 1985). Al comienzo de la despolarización de una célula miocárdica, se produce un cambio brusco en la permeabilidad de la membrana celular hacia  $\text{Na}^+$ . Los iones  $\text{Na}^+$  (y en menor grado los de  $\text{Ca}^{++}$ ) penetran en la célula por sus canales respectivos causando una elevación repentina del potencial intracelular en sentido positivo. Esta fase se denomina fase 0. A la despolarización celular le sigue un retorno gradual al potencial de reposo. Este proceso de repolarización consta de tres fases: la fase 1 caracterizada por un retorno inicial rápido del potencial intracelular que se asocia con una disminución de la entrada de  $\text{Na}^+$  y con una entrada pasiva de  $\text{Cl}^-$  a la célula. La fase 2, en forma de meseta, corresponde a la repolarización lenta, esto se debe a la entrada lenta de  $\text{Ca}^{++}$  así como a la entrada lenta de  $\text{Na}^+$ . La fase 3, que es el reestablecimiento del potencial de reposo corresponde a repolarización rápida asociada con la salida de  $\text{K}^+$  fuera de las células. Al final de la fase 3, se ha reestablecido ya el potencial normal negativo de reposo; empero, en el interior de las células hay un exceso de  $\text{Na}^+$  y un déficit de  $\text{K}^+$ . Es en este momento cuando empieza a funcionar la bomba de  $\text{Na}^+\text{K}^+$ . (Tilley 1985; Goldschlager y Goldman 1991) (véase figura 10). La onda P representa la suma de todos los potenciales de despolarización auricular. El segmento PR corresponde al retraso de la conducción a nivel del NAV; el complejo QRS representa la despolarización ventricular y la onda T es causada por la repolarización ventricular; la repolarización

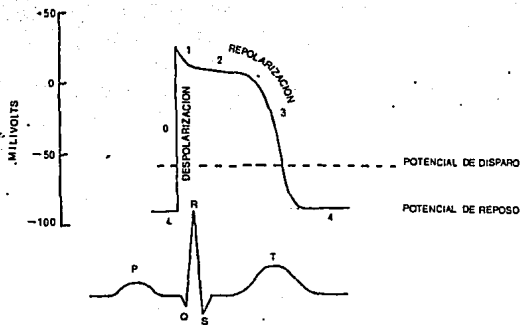


Figura 10. Meseta característica del potencial de acción de la célula cardíaca.

auricular no se observa ya que coincide con el complejo QRS (Hamlin y Smith 1960; Macklis; Mendelson y Mudge 1985).

#### V. BASES PARA LA INTERPRETACION DEL ELECTROCARDIOGRAMA

El ECG es un registro gráfico de los potenciales electricos producidos por el tejido cardiaco. La producción y conducción de estos impulsos eléctricos originan pequeñas corrientes eléctricas que se propagan a todo el cuerpo. El ECG se obtiene colocando electrodos en varios sitios de la superficie del cuerpo, que se conectan al aparato de registro (Sodi Pallares et al. 1989).

Las ondas electrocardiográficas reciben el nombre de una letra: P, Q, R, S, y T, según el orden en que aparecen en cada latido cardiaco (Goldschlager y Goldman 1991);. Además, se distinguen intervalos y segmentos, el primero se mide desde el inicio de una deflexión hasta la terminación de la siguiente y un segmento desde el final de una onda hasta el inicio de la que sigue. El intervalo PR representa el tiempo ocupado por la actividad auricular y el intervalo QT el tiempo ocupado por la actividad ventricular. Las variaciones en la duración de estos intervalos son indicadores de anormalidades cardiacas de gran valor diagnóstico (Wartak 1982). En la figura 11 se presentan las morfologías clásicas del ECG con sus intervalos y segmentos.

Las ondas P,QRS y T parten de una línea basal llamada línea isoeleétrica que significa la ausencia de fuerzas eléctricas o su neutralización. Cualquier trazo que se encuentre debajo de esta línea se considera una deflexión negativa, y positiva si se encuentra hacia arriba. Se ha descrito al ECG, como los vectores eléctricos del corazón, derivados de la suma de todos los

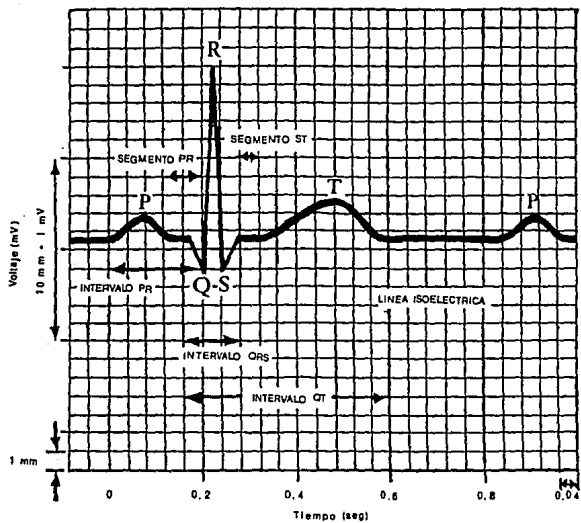


Figura 11. Morfología clásica del electrocardiograma con sus intervalos y segmentos.

potenciales de acción visualizados de la periferia (Goldschlager y Goldman 1991). Esto es, el dipolo que representa la actividad de un vector eléctrico se asemeja a una ola de mar con la parte positiva en el sitio más alto y la negativa en el más bajo. La deflexión de un vector podrá ser positiva si se le registra de manera frontal al eje eléctrico, negativa si se le registra desde el sitio opuesto e isoeléctrica si se le registra en su mitad; esta visión simplificada permite una rápida interpretación del ECG y se esquematiza en la figura 12.

La electrocardiografía puede ser utilizada para tener un panorama amplio de la actividad eléctrica del corazón desde diferentes ángulos, determinándose incluso el eje o los ejes eléctricos dominantes del corazón. A los puntos de registro se les llama derivaciones y pueden dividirse en bipolares, unipolares y precordiales. Las diferentes derivaciones pueden compararse a tomas fotográficas del corazón desde distintos puntos, en realidad se refiere a la posición de los electrodos sobre el paciente. Seleccionar una derivación única para observar el corazón es difícil, ya que éste se encuentra escondido dentro de la cavidad torácica. Por esto, para tener una vista amplia del corazón se han sugerido las siguientes derivaciones (Tilley 1985 1985):

- 1) Derivaciones bipolares. Las derivaciones estándar bipolares (I, II y III) son las derivaciones originales que eligió Einthoven (Einthoven; Fahr y Waart 1950) para registrar los potenciales eléctricos en el plano frontal. Los electrodos se colocan en el brazo izquierdo (LA), brazo derecho (RA) y pierna izquierda (LL). Todos los aparatos electrocardiográficos tienen también un electrodo para la pierna derecha (RL) y su derivación



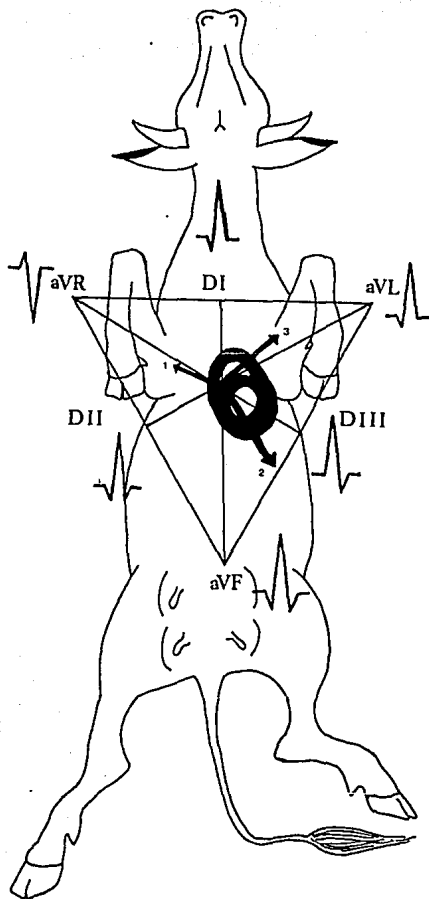


Figura 12. Esquemática de los vectores clásicos de QRS inicial (1), Principal (2) y terminal (3) y de sus proyecciones sobre las derivaciones de miembros.

correspondiente, la cual sólo funciona como tierra y no tiene ninguna función en la producción del trazo electrocardiográfico. Las derivaciones bipolares representan una diferencia en el potencial eléctrico entre dos sitios seleccionados. La localización anatómica de estas, junto con las derivaciones unipolares y precordiales se señalan en el cuadro 1.

2) Derivaciones unipolares aumentadas. Las derivaciones unipolares (aVR, aVL y aVF) junto con las derivaciones precordiales (V) fueron introducidas por Wilson en 1932 (citado por Goldschalger y Goldman 1991). Las derivaciones unipolares del plano frontal (aVR, aVL, aVF) guardan una relación matemática definida con las derivaciones bipolares estándar (I, II y III).

En el caso del bovino la posición de los electrodos en los brazos corresponden a los miembros anteriores en el pliegue axilar y las piernas a los miembros posteriores en el pliegue de la babilla como se esquematiza en la figura 1.

3) Derivaciones especiales o precordiales: Las derivaciones precordiales (V) registran potenciales en el plano horizontal sin ser influidas por los potenciales de un electrodo 'indiferente'. Toda derivación unipolar registra no sólo el potencial eléctrico de una pequeña zona del miocardio subyacente, sino también todos los fenómenos eléctricos, por cada ciclo cardiaco. En la figura 2 se esquematiza la colocación de los electrodos precordiales utilizados en vacas para este estudio.

Cuadro 1. Localización anatómica de los electrodos utilizada en el bovino en comparación con el humano.

En el bovino los brazos corresponden a los miembros anteriores y las piernas a los miembros posteriores

El signo entre paréntesis se refiere a la polaridad de los electrodos

DI Brazo derecho (-) con brazo izquierdo (+)

DII Brazo derecho (-) con pierna izquierda (+)

DIII Brazo izquierdo (-) con pierna izquierda (+)

aVR Brazo derecho (+) comparado con brazo y pierna izquierda (-).

aVL Brazo izquierdo (+) comparado con brazo derecho y pierna izquierda (-).

aVF Pierna Izquierda (+) comparado con brazos derecho e izquierdo (-).

Posición de los electrodos precordiales en el humano:

V1 4° espacio intercostal sobre el borde esternal derecho

V2 4° espacio intercostal sobre el borde esternal izquierdo

V3 Equidistante entre V2 y V4

V4 5° espacio intercostal la línea medioclavicular izquierda

V5 5° espacio intercostal en la línea axilar anterior

V6 5° espacio intercostal en la línea axilar posterior

Posición de los electrodos precordiales en el bovino:

V1 6° esp. intercostal izquierdo. 7cm arriba art. costocondral

V2 6° esp. intercostal izquierdo. 7cm debajo art. costocondral

V3 línea media esternal a la altura del sexto esp. intercostal

V4 6° esp. intercostal derecho 7cm debajo art. costocondral

V5 6° esp. intercostal derecho 7cm arriba art. costocondral

V6 Entre los procesos espinosos de la vértebras T6 y T7

## VI. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

### HIPOTESIS

Existen límites definidos en amplitud, duración y forma del electrocardiograma en vacas Holstein en torno al parto.

Los valores basales y la morfología del electrocardiograma en vacas difiere del observado en otras especies.

### OBJETIVOS

Determinar en vacas Holstein los valores electrocardiográficos normales de amplitud, duración y forma en torno al parto.

Evaluar en vacas Holstein si existen diferencias en las variables mencionadas antes y después del parto.

Comparar los valores electrocardiográficos basales de este ensayo con algunas patologías y determinar si existen diferencias.

## VII. MATERIAL Y METODOS

Una de las explotaciones utilizadas en este trabajo, fué el Centro de Enseñanza Práctica Investigación y Extensión en Rumiantes (CEPIER) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en Topilejo, Delegación Tlalpan, D.F., en el kilómetro 29 de la carretera federal a Cuernavaca, se localiza a 2760 metros sobre el nivel del mar, a 19° 13' latitud norte y 99° 08' longitud oeste. El clima de la región según la clasificación de Köppen es C(Wz)(W)b(iI), que corresponde al semifrío subhúmedo con lluvias en verano y precipitación media anual de 800 a 1200 mm<sup>3</sup>, su temperatura media anual es de 19°C con una variación de -4.5 a 30°C (García 1984). La segunda explotación utilizada fué el Centro Nacional para la Enseñanza e Investigación y Extensión de la Zootecnia "Rancho 4 Milpas" de la FMVZ de la UNAM, ubicado en el municipio de Cuautitlán Izcalli, en el km 42.5 de la carretera México-Querétaro. El predio se encuentra a una altura media de 2450 metros sobre el nivel del mar dentro de las coordenadas 19° 43' latitud norte, 94° 14' longitud oeste. El clima de la región es C(Wo)(W)b(iI) que corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano con una variación media de 4-14°C una precipitación pluvial de 610.6 mm<sup>3</sup> y vientos dominantes de norte a sur y de este a oeste (García 1984). La tercera y última explotación utilizada fué Leche Industrializada Conasupo (LICONSA) ubicada a 500 metros del Rancho 4 Milpas de la FMVZ, UNAM, por lo que cuenta con la misma ubicación y características climatológicas.

Se utilizaron 50 vacas gestantes de entre 2 y 5 años de edad. Se tomaron 3 ECGs por vaca a los 15 días antes del parto, 4 días

posparto y 15 días posparto. Se determinó el estado de salud del animal en base a la anamnesis y los datos obtenidos de sus registros y de los encargados de la explotación.

Se utilizó un electrocardiógrafo portátil de un canal modelo Cardisuny 501B-III\* con el que se tomaron las derivaciones bipolares DI, DII, DIII; las derivaciones unipolares aVR, aVL, aVF y las precordiales desde V1 hasta V6 colocadas de la forma que señala el cuadro 1 y la figura 1 y 2. Los registros se tomaron con el electrocardiógrafo calibrado a una velocidad de 25 mm/seg y a una sensibilidad de 1 cm=1 mV. Los registros electrocardiográficos se obtuvieron colocando a los animales sobre un hule de 1.80 x 3.00 metros y de 4 mm de grosor para evitar que hicieran tierra, sujetos a una manga de manejo para restringir sus movimientos. Los electrodos se colocaron de manera transcutánea con caimanes de cobre adaptados a los cables del aparato. La zona donde se colocaron los electrodos fue rasurada y limpiada previamente con alcohol etílico al 96% y se aplicó pasta electrolítica. Una vez colocados los electrodos, se dejó reposar al animal durante 10 minutos para que se tranquilizara y después se procedió a la toma del registro electrocardiográfico.

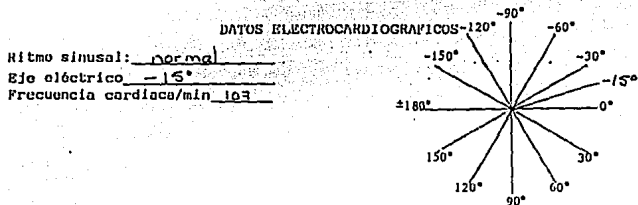
De las tiras electrocardiográficas obtenidas se realizaron registros individuales por vaca. (Véase figura 13). Se obtuvieron cerca de 22,000 datos, con los cuales se realizaron mediciones de amplitud y duración de cada una de las ondas y complejos en cada una de las derivaciones utilizando una lupa para poder hacer más exactas las mediciones. Los datos obtenidos, se vaciaron a las hojas de registro con su respectivo trazo electrocardiográfico y de

---

\*Fukuda Medical Electronics

HOJA MODELO DE RESULTADOS POR VACA

Identificación del animal: Vaca 4712 Naranja  
 Lugar: LICONSA  
 Fecha: 5 Mayo-92 Hora: 12:30 Raza: Holstein  
 Edad: 3 años Estado fisiológico: 3/3 gestación  
 Fecha de parto: — No. partos: 4  
 Condiciones ambientales: 41°C  
 Observaciones: 1er ECG



Duración en segundos de segmentos, intervalos y ondas del ECG en vacas Holstein

	DI	DII	DIII	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
PR	0.20	0.22	0.20	0.20	0.22	0.24	0.20	0.20	0.16	0.20	0.22	0.24
P	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.12
QRS	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.04	0.08	0.08	0.06	0.08
ST	0.18	0.20	0.16	0.16	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.16
T	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.08	0.08	0.06	0.12
QT	0.32	0.32	0.30	0.30	0.34	0.36	0.32	0.32	0.36	0.36	0.32	0.36

Amplitud en milivolts de diversas ondas del ECG en vacas Holstein

	DI	DII	DIII	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
P	0.15	0.10	-0.05	-0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.02	-0.02	-0.02	-0.10
QRS	0.52	0.35	0.25	0.40	0.35	0.22	0.20	0.22	0.30	0.15	0.10	0.40
T	-0.15	-0.30	0.15	0.20	-0.10	-0.25	-0.10	-0.15	0.15	0.05	-0.03	-0.15
Q	-0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.10
R	0.50	0.33	0.00	0.05	0.25	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05	0.00	0.30
S	0.00	0.00	-0.25	-0.35	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.25	-0.10	-0.10	0.00

Figura 13. Hoja de registro electrocardiográfico individual por vaca.

## EJE ELECTRICO

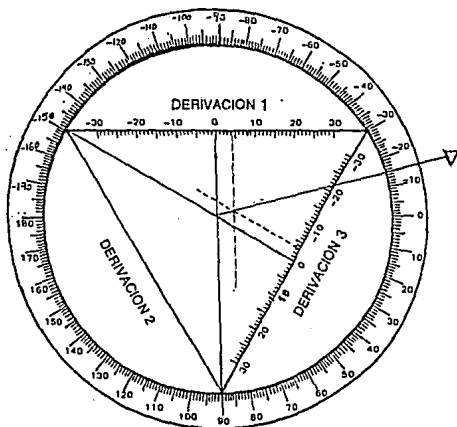


Figura 13 (continuación)



















P								
DI			1					
DII			1					
DIII								1
aVR								1
aVL			1					
aVF			1					
V1			1					
V2			1					
V3		1						
V4								1
V5								1
V6								1
T								
DI								1
DII								1
DIII						1		
aVR			1					
aVL								1
aVF								1
V1								1
V2								1
V3			1					
V4						1		
V5								1
V6								1

Figura 13 (continuación)

QRS	QS	QR	Qr	qR	R	Rs	RS	rS	qRs	Rsr'	rSr'	Otra
DI				1								
DII				1								
DIII	1											
aVR								1				
aVL					1							
aVF						1						
V1					1							
V2						1						
V3								1				
V4								1				
V5	1											
V6				1								

Figura 13 (continuación)

las hojas de registro se vaciaron los datos a la computadora para su análisis estadístico. Primero se utilizó el programa de Lotus donde se depuraron los datos, posteriormente se realizaron estadísticas descriptivas y pruebas de normalidad en las diferentes ondas y complejos de todas las derivaciones. Se realizaron pruebas de t de Student para muestras apareadas entre antes y después del parto para las diferentes ondas y complejos en todas las derivaciones. Se obtuvieron los límites de confianza al 95% para la media de cada onda y complejo, en amplitud y duración para cada uno de los 3 ECGs por vaca, en cada una de las derivaciones, utilizando para ello los valores de t por medio del programa para computadoras personales SAS (sistema de análisis estadístico).

Se elaboraron figuras del trazo electrocardiográfico de cada una de las derivaciones tomando en cuenta los datos obtenidos para realizar un patrón basal. Se llevó a cabo un conteo de las distintas morfologías de cada onda P y T así como del complejo QRS de todos los ECGs; esto con el objeto de realizar cuadros de frecuencias de presentación de las ondas y complejos en la distintas derivaciones. En cuanto al eje eléctrico se graficaron los valores obtenidos para tratar de determinar un intervalo además de buscar si existían cambios entre antes y después del parto.

Además de esto se elaboró un cuadro donde se resumen los valores de duración de las ondas e intervalos de todos los ECGs a manera de referencia rápida para la detección de alteraciones.

### VIII. RESULTADOS

Se llevaron a cabo a lo largo de 10 meses, 150 ECGs en 50 vacas lecheras, uno antes y dos después del parto. La determinación del estado de salud del animal, que se llevó a cabo a través de la anamnesis y de los datos proporcionados por el encargado de la explotación revelaron que solo se utilizaron vacas clínicamente sanas. Se realizaron pruebas de normalidad a las variables utilizadas, así como pruebas de confianza al 95% para la duración y la amplitud de los diferentes segmentos y complejos del ECG, obteniéndose también un patrón estandar del ECG en las 12 derivaciones, que permite identificar con relativa confiabilidad algunas alteraciones con repercusión en el sistema de conducción o en el eje primario de QRS. La frecuencia cardiaca se mantuvo en un rango de 78 a 120 latidos por minuto con una media de  $100.22 \pm 12$  para el primer ECG; de 75 a 111 con una media de  $95.42 \pm 9$  para el segundo ECG y de 71 a 107 con una media de  $87.30 \pm 11$  para el tercer ECG, obteniendo un promedio global de todos los ECGs de  $94.31 \pm 12$ . Todos los animales presentaron ritmo sinusal. A manera de ejemplo, en la derivación DII la duración de la despolarización auricular (onda P) fué de  $0.0716 \pm 0.0022$  segundos. La conducción del impulso desde el NSA al ventrículo (intervalo PR) fué de  $0.1708 \pm 0.0040$  segundos. La despolarización ventricular (complejo QRS) y la repolarización (onda T) tardaron  $0.0708 \pm 0.0026$  y  $0.0864 \pm 0.0019$  segundos respectivamente. En el cuadro 2 se presentan en la derivación DII los valores de las diferentes ondas e intervalos de acuerdo con varios autores, así como los valores encontrados en este ensayo; también se señalan la frecuencia cardiaca promedio y los ejes eléctricos de QRS. Por referencia a dicho cuadro se

Cuadro 2. Valores de duración y amplitud en la derivación DII de electrocardiogramas en bovinos Holstein encontrados por varios autores así como también frecuencia cardiaca y eje eléctrico de QRS.

DURACION (seg)

	De Roth	Alfredson	Upadhyay	Lank	Mateos
P	0.1±0.011	*	0.08±0.022	0.082	0.0718
PR	0.2±0.022	0.22	0.16±0.006	0.21	0.1728
QRS	0.088±0.008	0.09	0.07±0.003	0.092	0.0712
ST	0.19±0.034	*	*	*	0.1748
QT	0.39±0.034	0.38	0.38±0.010	0.40	0.3265
T	0.11±0.018	*	0.10±0.011	*	0.0844

AMPLITUD (mV)

P	0.091	0.09	0.13 0.009	*	0.0664
QRS	- 0.136	*	*	*	0.2592
T	0.081	0.43	0.32 0.070	*	-0.0424
Q	- 0.141	0.09	0.30 0.100	*	-0.0755
R	0.277	0.39	0.16 0.009	*	0.1244
S	- 0.156	0.07	0.14 0.040	*	-0.0745

FRECUENCIA CARDIACA

FC	75	71.5	70	64.5	94.32
----	----	------	----	------	-------

EJE ELECTRICO DE QRS

















Eje	+57° a +296°	+30 a +90°	+68 a -134°	*	**
-----	-----------------	---------------	----------------	---	----

\* Valores no referidos en el artículo original












\*\* Véase figura 28

precibe que, o bien existen diferencias en la metodología de registro, o existen diferencias notables cuando la población no es muy homogénea. También podemos observar los errores metodológicos ya mencionados, como es el caso de Lank y Kingrey (1959) quienes ni siquiera incluyen datos de amplitud de las diferentes ondas y complejos (véase cuadro 2).

La onda P presentó varias morfologías de derivación en derivación y de animal a animal, siendo en su mayoría positivas excepto en avR y V<sub>6</sub> que fue negativa. Rara vez se observaron ondas P bifásicas, picudas o P mitral; en algunos registros se observó prácticamente isoelectrónica como en V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>4</sub> y V<sub>5</sub>. El complejo QRS presentó múltiples morfologías observándose menor variación en la derivación V<sub>3</sub> y V<sub>6</sub>. Los mayores valores de amplitud se encontraron en las derivaciones V<sub>3</sub> y V<sub>6</sub>; todas las demás derivaciones presentaron gran variación en morfología, polaridad y amplitud entre los individuos estudiados. En cuanto a la onda T se presentó aún mayor variación en amplitud y morfología encontrándose principalmente positiva en DIII, avR, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub> y V<sub>5</sub> y negativa en DI, DII, avL y V<sub>6</sub>. Nuevamente V<sub>3</sub> y V<sub>6</sub> presentaron menos variaciones y fue en esas derivaciones donde se encontraron los valores más altos de amplitud de esta onda. A diferencia de la onda P, la onda T presentó mayor número de ondas bifásicas. La frecuencia de presentación de las ondas y complejos en las diferentes derivaciones se presentan en el cuadro 3. En la figura 14 se muestra un ECG típico de una vaca en torno al parto en la derivación DII; en la figura 15 se muestran las 12 morfologías del trazo electrocardiográfico en promedio de los tres ECGs con sus límites de confianza en todas las derivaciones y en los cuadros del

P								
DI		20	120		1	1	1	7
DII	12	17	108	1		1	1	10
DIII	18	39	43			3		47
aVR	9	5	14		3			119
aVL	4	37	80		2	1	1	25
aVF	37	82	28	2		1		
V1	44	51	48	2	1			4
V2	10	69	67	3				1
V3	34	66	50					
V4	48	70	7					25
V5	69	40	8	2				31
V6	9	2	1	1				137
T								
DI		9	61	6	2	1	1	70
DII	1	8	76	7	1	20		37
DIII	4	18	81	13	1	10	2	21
aVR	2	3	53	35	12	9		36
aVL	4	10	49	1	3	1		82
aVF	6	5	68	4	1	20		46
V1	12	21	67		6	9		35
V2		8	80	28	5	20		14
V3			45	96		9		
V4	3	12	114	15		2		4
V5	24	33	82			1		10
V6			8	6	10	1		125

Cuadro 3. Frecuencia de presentación de la onda P y T en las 12 derivaciones electrocardiográficas en la vaca Holstein.

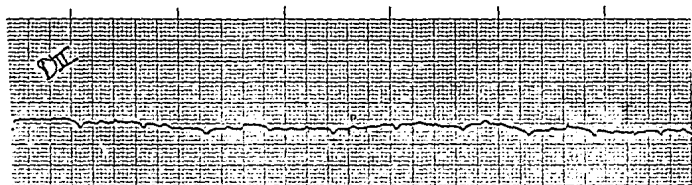
QRS	QS 	QR 	Qr 	qR 	R 	Rs 	RS 	rS 	qRs 	Rsr' 	rSr' 	Otra
DI	38	3		27	44		6	14				18
DII	45	1	7	25	43		2	13				14
DIII	47		2	15	50	6	5	10			1	14
aVR	53	2	4	5	56	8	1	17				9
aVL	41	5	4	23	47	1	2	11				16
aVF	38		9	8	51	5	3	17				19
V1	53		1	3	57		1	11				24
V2	64			1	12	10		35				28
V3	68			2	4	2	1	57				16
V4	22				49	2	5	45				27
V5	25				72			18	2			33
V6		1		81	55							13

(continuación)

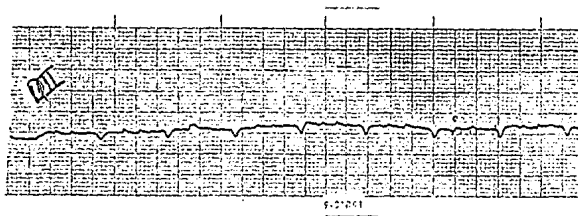
Cuadro 3. Frecuencia de presentación del complejo QRS en las 12 derivaciones electrocardiográficas en la vaca Holstein.



1er ECG (15 días antes del parto)



2o ECG (7 días después del parto)



3er ECG (15 días después del parto)

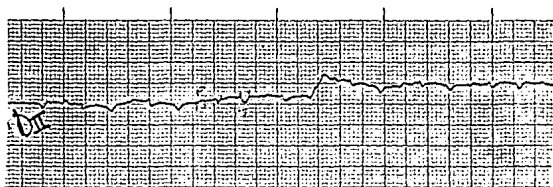


Figura 14. Ejemplificación de un electrocardiograma de una vaca en torno al parto en la derivación DII.

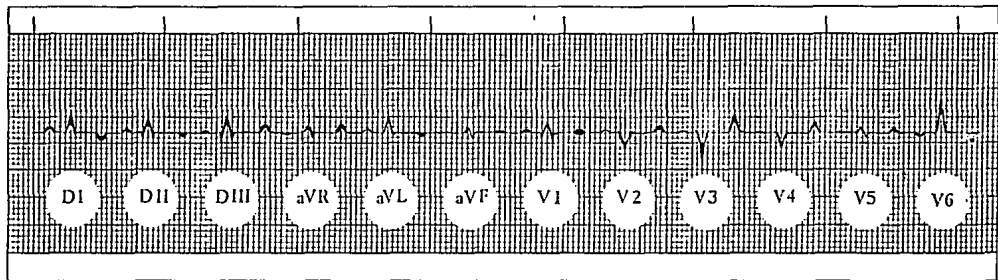


Figura 15. Morfología del trazo electrocardiográfico en promedio de todos los registros con sus límites de confianza en todas las derivaciones.

4 al 15 se presentan los valores numéricos en tiempo y amplitud para las mediciones del ECG en las diferentes derivaciones estudiadas. Se presenta su trazo electrocardiográfico respectivo de manera global junto con un ejemplo de un trazo real (véanse figuras de la 16 a la 27). A su vez, de manera resumida, se presentan en el cuadro 16 los valores de duración en segundos de las diferentes ondas e intervalos de todos los electrocardiogramas a manera de referencia rápida para la interpretación de los electrocardiogramas. En la figura 28 se muestra que en cuanto al eje eléctrico de QRS se encontraron valores que caían en los 360° por lo que no puede delimitarse un eje eléctrico como en otras especies.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante pruebas de t de student para muestras pareadas para todos los parámetros estudiados, previamente se realizaron pruebas de normalidad, se eliminaron datos aberrantes y se realizaron nuevamente las pruebas de normalidad. Se obtuvieron intervalos de confianza al 95% para los promedios de cada uno de los parámetros estudiados. No hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los parámetros estudiados entre antes y después del parto, excepto por la frecuencia cardíaca que disminuyó después del parto.

#### IX. CAMBIOS ELECTROCARDIOGRAFICOS EN ALGUNAS PATOLOGIAS

Durante el desarrollo de este ensayo se presentaron algunas patologías las cuales obviamente no fueron incluidas en los valores numéricos de los resultados; sin embargo, por su valor en el desarrollo de esta técnica dentro de esta especie, se presentan a

## DERIVADA I

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP	
PR	0.1718 $\pm$ 0.0036	0.1647	0.1788	0.1718 $\pm$ 0.0034	0.1650	0.1784	0.1825 $\pm$ 0.0042	0.1743	0.1906
P	0.0718 $\pm$ 0.0024	0.0671	0.0765	0.0702 $\pm$ 0.0025	0.0653	0.0750	0.0746 $\pm$ 0.0022	0.0702	0.0789
QRS	0.0731 $\pm$ 0.0027	0.0677	0.0783	0.0706 $\pm$ 0.0028	0.0650	0.0761	0.0625 $\pm$ 0.0026	0.0573	0.0676
ST	0.1604 $\pm$ 0.0042	0.1522	0.1686	0.1780 $\pm$ 0.0048	0.1685	0.1874	0.1900 $\pm$ 0.0044	0.1813	0.1986
T	0.0837 $\pm$ 0.0021	0.0796	0.0877	0.0839 $\pm$ 0.0021	0.0798	0.0880	0.0817 $\pm$ 0.0022	0.0773	0.0860
QT	0.3086 $\pm$ 0.0048	0.2990	0.3180	0.3224 $\pm$ 0.0054	0.3117	0.3329	0.3296 $\pm$ 0.0049	0.3200	0.3391
AMPLITUD: (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP	
P	0.0991 $\pm$ 0.0071	0.0855	0.1132	0.0825 $\pm$ 0.0071	0.0685	0.0964	0.1035 $\pm$ 0.0085	0.0868	0.1202
QRS	0.2876 $\pm$ 0.0221	0.2442	0.3308	0.2643 $\pm$ 0.0219	0.2214	0.3072	0.3021 $\pm$ 0.0212	0.2604	0.3437
T	-0.0910 $\pm$ 0.0258	-0.1416	-0.0404	-0.1084 $\pm$ 0.0254	-0.1581	-0.0587	-0.0679 $\pm$ 0.0268	-0.1205	-0.0152
Q	-0.0316 $\pm$ 0.0070	-0.0453	-0.0179	-0.0349 $\pm$ 0.0066	-0.0478	-0.0219	-0.0350 $\pm$ 0.0072	0.0490	-0.0209
R	0.1143 $\pm$ 0.0118	0.0912	0.1373	0.1265 $\pm$ 0.0140	0.0991	0.1538	0.1385 $\pm$ 0.0148	0.1094	0.1676
S	-0.0224 $\pm$ 0.0058	-0.0339	-0.0109	-0.0353 $\pm$ 0.0070	-0.0490	-0.0214	-0.0302 $\pm$ 0.0063	-0.0424	-0.0179

**Cuadro 4** Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada I del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

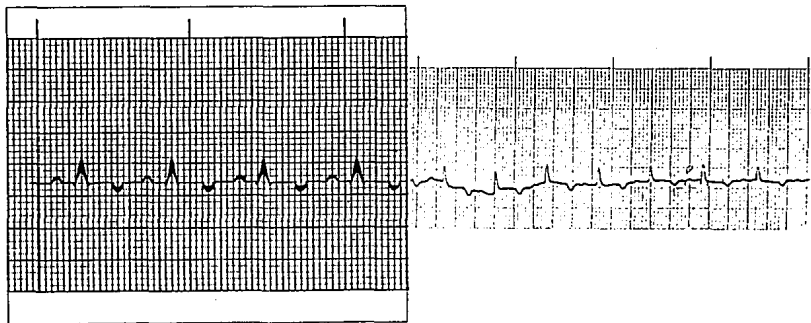


Figura 16 Esquematización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada DI en bovinos Holstein en torno al parto.

## DERIVADA II

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1684 $\pm$ 0.0044	0.1598	0.1769	0.1708 $\pm$ 0.0040	0.1630	0.1785	0.1792 $\pm$ 0.0049	0.1694	0.1888
P	0.0724 $\pm$ 0.0022	0.0680	0.0767	0.0716 $\pm$ 0.0021	0.0675	0.0756	0.0714 $\pm$ 0.0026	0.0663	0.0765
QRS	0.0764 $\pm$ 0.0032	0.0700	0.0827	0.0708 $\pm$ 0.0026	0.0656	0.0759	0.0665 $\pm$ 0.0033	0.0601	0.0729
ST	0.1612 $\pm$ 0.0048	0.1518	0.1705	0.1724 $\pm$ 0.0046	0.1634	0.1813	0.1910 $\pm$ 0.0051	0.1810	0.2009
T	0.0844 $\pm$ 0.0018	0.0808	0.0879	0.0864 $\pm$ 0.0019	0.0826	0.0901	0.0824 $\pm$ 0.0020	0.0785	0.0863
QT	0.3120 $\pm$ 0.0055	0.3011	0.328	0.3264 $\pm$ 0.0059	0.3148	0.3379	0.3384 $\pm$ 0.0061	0.3264	0.3502
AMPLITUD (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
P	0.0560 $\pm$ 0.0082	0.0400	0.0719	0.0712 $\pm$ 0.0061	0.0591	0.0832	0.0720 $\pm$ 0.0063	0.0597	0.0842
QRS	0.2444 $\pm$ 0.0176	0.2099	0.2788	0.2640 $\pm$ 0.0191	0.2266	0.3013	0.2694 $\pm$ 0.0194	0.2313	0.3073
T	-0.0424 $\pm$ 0.0202	-0.0819	-0.0028	-0.0320 $\pm$ 0.0268	-0.0844	0.0204	0.0306 $\pm$ 0.0260	-0.024	0.0854
Q	-0.0650 $\pm$ 0.0108	0.0861	-0.0438	-0.0750 $\pm$ 0.0136	-0.1016	-0.0484	-0.0755 $\pm$ 0.0143	-0.1035	-0.0474
R	0.1106 $\pm$ 0.0154	0.0803	0.1408	0.1232 $\pm$ 0.0178	0.0883	0.1580	0.1394 $\pm$ 0.0187	0.1028	0.1759
S	-0.0700 $\pm$ 0.0146	-0.0985	-0.0414	-0.0790 $\pm$ 0.0136	-0.1057	-0.0522	-0.0745 $\pm$ 0.0142	-0.1023	-0.0466

**Cuadro 5** Duración en segundos y amplitud en milivolt de las diferentes ondas y complejos de la Derivada II del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

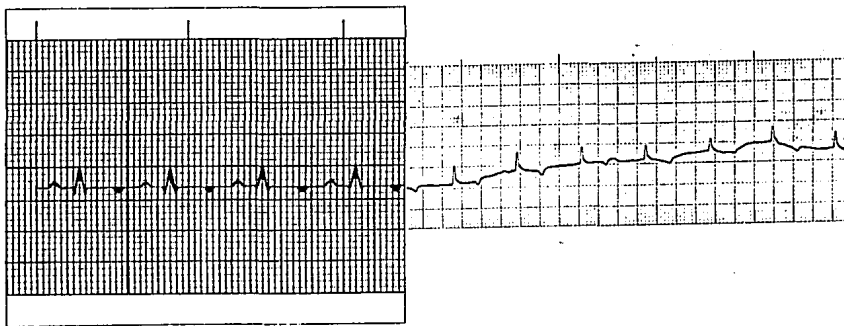


Figura 17 Esquematización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada DII en bovinos Holstein en torno al parto.

### DERIVADA III

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1680 ± 0.0046	0.1589	0.1770	0.1684 ± 0.0049	0.1588	0.1779	0.1804 ± 0.0044	0.1717	0.1890
P	0.0664 ± 0.0025	0.0614	0.0713	0.0636 ± 0.0025	0.0586	0.0685	0.0678 ± 0.0026	0.0626	0.0728
QRS	0.0724 ± 0.0031	0.0662	0.0785	0.0692 ± 0.0032	0.0629	0.0754	0.0714 ± 0.0028	0.0659	0.0769
ST	0.1720 ± 0.0054	0.1613	0.1826	0.1864 ± 0.0048	0.1770	0.1958	0.2008 ± 0.0051	0.1907	0.2109
T	0.0788 ± 0.0026	0.0737	0.0838	0.0848 ± 0.0023	0.0803	0.0892	0.0792 ± 0.0027	0.0739	0.0844
QT	0.3220 ± 0.0068	0.3091	0.3348	0.3364 ± 0.0052	0.3261	0.3466	0.3463 ± 0.0057	0.3350	0.3575
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
P	0.0130 ± 0.0075	-0.0017	0.0277	0.0340 ± 0.0063	0.0216	0.0463	0.0235 ± 0.0081	0.0075	0.0394
QRS	0.2562 ± 0.0194	0.2181	0.2981	0.2610 ± 0.0207	0.2204	0.3015	0.2653 ± 0.0200	0.2260	0.3045
T	0.0778 ± 0.0141	0.0502	0.1053	0.0990 ± 0.0166	0.0663	0.1316	0.0951 ± 0.0148	0.0661	0.1240
Q	-0.1400 ± 0.0232	-0.1853	-0.0946	-0.1280 ± 0.0234	-0.1737	-0.0822	-0.1306 ± 0.0214	-0.1724	-0.0887
R	0.0840 ± 0.0134	0.0576	0.1103	0.0630 ± 0.0102	0.0430	0.0829	0.0786 ± 0.0118	0.0553	0.1017
S	-0.1262 ± 0.0213	-0.1678	-0.0845	-0.1460 ± 0.0224	-0.1899	-0.1020	-0.1157 ± 0.0206	-0.1560	-0.0753

**Cuadro 6** Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada III del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.  
 ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.  
 ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.  
 ee = error estandar



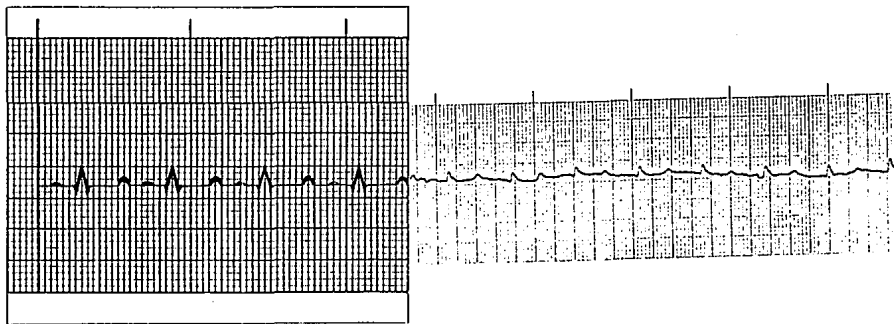


Figura 18 Esquemización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada DIII en bovinos Holstein en torno al parto.

DERIVADA aVR

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1743 ± 0.0047	0.1649	0.1835	0.1748 ± 0.0038	0.1673	0.1822	0.1853 ± 0.0043	0.1768	0.1937
P	0.0718 ± 0.0018	0.0682	0.0754	0.0748 ± 0.0017	0.0714	0.0781	0.0718 ± 0.0023	0.0672	0.0763
QRS	0.0694 ± 0.0025	0.0645	0.0742	0.0680 ± 0.0029	0.0624	0.0736	0.0641 ± 0.0027	0.0588	0.0693
ST	0.1641 ± 0.0056	0.1531	0.1749	0.1756 ± 0.0052	0.1653	0.1858	0.1976 ± 0.0058	0.1862	0.2088
T	0.0788 ± 0.0020	0.0749	0.0826	0.0812 ± 0.0018	0.0775	0.0848	0.0869 ± 0.0021	0.0828	0.0909
QT	0.3118 ± 0.0062	0.2996	0.3240	0.3216 ± 0.0052	0.3114	0.3317	0.3490 ± 0.0064	0.3364	0.3615
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
P	-0.0337 ± 0.0107	-0.0545	-0.0127	-0.0260 ± 0.0112	-0.0479	-0.0040	-0.0173 ± 0.0134	-0.0436	0.0089
QRS	0.2294 ± 0.0178	0.1944	0.2643	0.2252 ± 0.0188	0.1884	0.2619	0.2378 ± 0.0200	0.1986	0.2768
T	0.1296 ± 0.0176	0.0951	0.1639	0.1550 ± 0.0176	0.1205	0.1894	0.1163 ± 0.0236	0.0701	0.1625
Q	-0.0643 ± 0.0132	-0.0901	-0.0384	-0.0610 ± 0.0124	-0.0852	-0.0367	-0.0612 ± 0.0119	-0.0844	-0.0379
R	0.0745 ± 0.0114	0.0521	0.0968	0.0840 ± 0.0122	0.0601	0.1078	0.0786 ± 0.0133	0.0525	0.1046
S	-0.1000 ± 0.0177	-0.1346	-0.0653	-0.0850 ± 0.0142	-0.1128	-0.0571	-0.1143 ± 0.0189	-0.1513	-0.0772

Cuadro 7 Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada aVR del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.  
 ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.  
 ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.  
 ee = error estandar

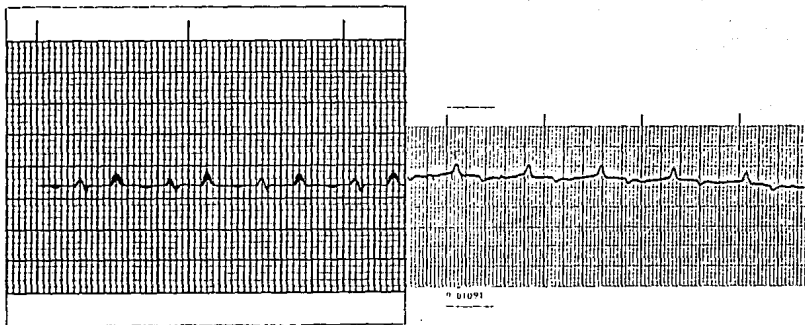


Figura 19 Esquemática de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada aVR en bovinos Holstein en torno al parto.

### DERIVADA aVL

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1760 ± 0.0040	0.1680	0.1839	0.1708 ± 0.0036	0.1637	0.1781	0.1796 ± 0.0043	0.1711	0.1880
P	0.0684 ± 0.0024	0.0637	0.0730	0.0680 ± 0.0026	0.0629	0.0730	0.0706 ± 0.0020	0.0666	0.0745
QRS	0.0684 ± 0.0025	0.0635	0.0732	0.0720 ± 0.0024	0.0673	0.0766	0.0649 ± 0.0027	0.0595	0.0702
ST	0.1664 ± 0.0056	0.1554	0.1773	0.1760 ± 0.0061	0.1639	0.1880	0.2033 ± 0.0055	0.1924	0.2140
T	0.0788 ± 0.0025	0.0739	0.0836	0.0812 ± 0.0033	0.0747	0.0876	0.0792 ± 0.0027	0.0739	0.0844
QT	0.3088 ± 0.0062	0.2966	0.3209	0.3292 ± 0.0067	0.3161	0.3422	0.3478 ± 0.0051	0.3377	0.3577
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
P	0.0638 ± 0.0064	0.0511	0.0764	0.0570 ± 0.0076	0.0421	0.0718	0.0622 ± 0.0088	0.0449	0.0795
QRS	0.2578 ± 0.0214	0.2158	0.2997	0.2652 ± 0.0212	0.2236	0.3067	0.2820 ± 0.0209	0.2409	0.3230
T	-0.0490 ± 0.0197	-0.0875	-0.0104	-0.0356 ± 0.0207	-0.0762	0.0050	0.0071 ± 0.0218	-0.0355	0.0498
Q	-0.0450 ± 0.0088	-0.0623	-0.0276	-0.0420 ± 0.0090	-0.0595	-0.0244	-0.0480 ± 0.0091	-0.0657	-0.0301
R	0.1490 ± 0.0198	0.1100	0.1879	0.1790 ± 0.0209	0.1385	0.2202	0.1878 ± 0.0218	0.1449	0.2305
S	-0.0450 ± 0.0106	-0.0658	-0.0241	-0.0460 ± 0.0088	-0.0632	-0.0287	-0.0439 ± 0.0107	-0.0648	-0.0229

53

**Cuadro 8** Duración en segundos y amplitud en milivoltos de las diferentes ondas y complejos de la Derivada aVL del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estándar

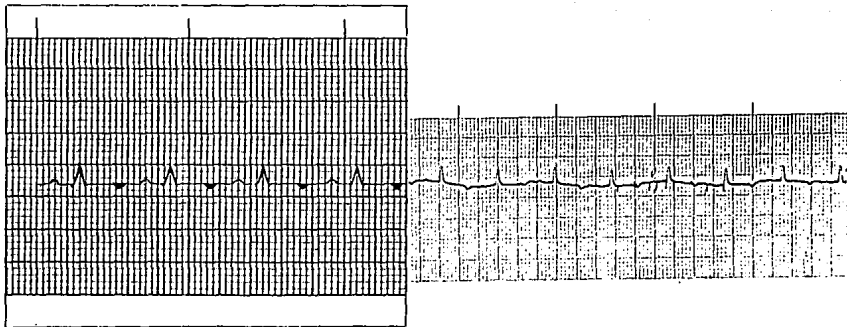


Figura 20 Esquematización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada  $a_{VL}$  en bovinos Holstein en torno al parto.

### DERIVADA aVF

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1640 $\pm$ 0.0031	0.1579	0.1700	0.1668 $\pm$ 0.0037	0.1595	0.1740	0.1759 $\pm$ 0.0037	0.1686	0.1831
P	0.0664 $\pm$ 0.0024	0.0617	0.0710	0.0644 $\pm$ 0.0024	0.0596	0.0691	0.0669 $\pm$ 0.0026	0.0617	0.0721
QRS	0.0712 $\pm$ 0.0030	0.0652	0.0771	0.0668 $\pm$ 0.0029	0.0611	0.0724	0.0755 $\pm$ 0.0028	0.0701	0.0809
ST	0.1696 $\pm$ 0.0045	0.1607	0.1784	0.1864 $\pm$ 0.0047	0.1772	0.1955	0.2049 $\pm$ 0.0054	0.1943	0.2154
T	0.0820 $\pm$ 0.0024	0.0773	0.0866	0.0824 $\pm$ 0.0024	0.0776	0.0871	0.0759 $\pm$ 0.0027	0.0706	0.0811
QT	0.3224 $\pm$ 0.0060	0.3107	0.3340	0.3344 $\pm$ 0.0062	0.3222	0.3465	0.3559 $\pm$ 0.0052	0.3458	0.3660
AMPLITUD (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
P	0.0332 $\pm$ 0.0036	0.0258	0.0405	0.0306 $\pm$ 0.0036	0.0235	0.0376	0.0335 $\pm$ 0.0038	0.0260	0.0408
QRS	0.1710 $\pm$ 0.0136	0.1444	0.1975	0.2090 $\pm$ 0.0128	0.1840	0.2339	0.2337 $\pm$ 0.0148	0.2047	0.2625
T	0.0144 $\pm$ 0.0138	-0.0127	0.0415	0.0300 $\pm$ 0.0172	-0.0037	0.0637	0.0633 $\pm$ 0.0188	0.0264	0.1000
Q	-0.0550 $\pm$ 0.0102	-0.0750	-0.0349	-0.0840 $\pm$ 0.0146	-0.1126	-0.0553	-0.0622 $\pm$ 0.0143	-0.0903	-0.0341
R	0.0850 $\pm$ 0.0119	0.0616	0.1083	0.0840 $\pm$ 0.0122	0.0600	0.1079	0.0878 $\pm$ 0.0111	0.0660	0.1094
S	-0.0660 $\pm$ 0.0135	-0.0924	-0.0395	-0.0840 $\pm$ 0.0152	-0.1138	-0.0541	-0.0837 $\pm$ 0.0168	-0.1165	-0.0507

Cuadro 9 Duración en segundos y amplitud en milivolt de las diferentes ondas y complejos de la Derivada aVF del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

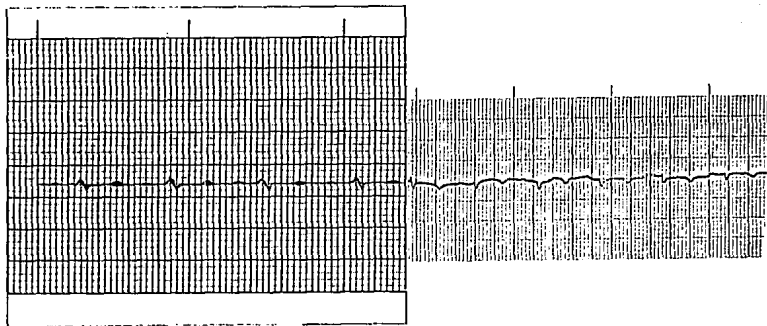


Figura 21 Esquemática de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada aVF en bovinos Holstein en torno al parto.

## DERIVADA V1

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1720 ± 0.0040	0.1642	0.1797	0.1716 ± 0.0049	0.1619	0.1812	0.1869 ± 0.0050	0.1772	0.1966
P	0.0756 ± 0.0022	0.0712	0.0799	0.0732 ± 0.0026	0.0681	0.0782	0.0743 ± 0.0021	0.0701	0.0784
QRS	0.0732 ± 0.0027	0.0679	0.0784	0.0728 ± 0.0029	0.0671	0.0784	0.0731 ± 0.0031	0.0670	0.0790
ST	0.1648 ± 0.0051	0.1548	0.1747	0.1804 ± 0.0056	0.1694	0.1913	0.1943 ± 0.0061	0.1822	0.2063
T	0.0828 ± 0.0029	0.0771	0.0884	0.0808 ± 0.0019	0.0770	0.0845	0.0820 ± 0.0030	0.0761	0.0878
QT	0.3176 ± 0.0055	0.3067	0.3284	0.3320 ± 0.0073	0.3176	0.3463	0.3437 ± 0.0081	0.3278	0.3595
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
P	0.0454 ± 0.0049	0.0358	0.0549	0.0418 ± 0.0045	0.0329	0.0506	0.0378 ± 0.0046	0.0288	0.0466
QRS	0.1440 ± 0.0085	0.1272	0.1607	0.1450 ± 0.0100	0.1253	0.1646	0.1786 ± 0.0105	0.1577	0.1993
T	0.0348 ± 0.0098	0.0155	0.0540	0.0222 ± 0.0178	-0.0127	0.0571	0.0390 ± 0.0138	0.0119	0.0659
Q	-0.0650 ± 0.0143	-0.0930	-0.0369	-0.0760 ± 0.0156	-0.1065	-0.0454	-0.0908 ± 0.0170	-0.1242	-0.0574
R	0.0544 ± 0.0085	0.0377	0.0710	0.0580 ± 0.0094	0.0395	0.0764	0.0741 ± 0.0130	0.0486	0.0995
S	-0.0900 ± 0.0162	-0.1216	-0.0583	-0.0970 ± 0.0152	-0.1268	-0.0671	-0.1045 ± 0.0169	-0.1375	-0.0714

**Cuadro 10** Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V1 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estándar



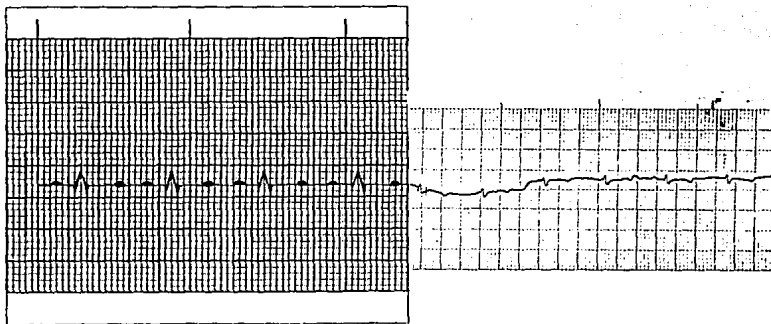


Figura 22 Esquematización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada V1 en bovinos Holstein en torno al parto.

## DERIVADA V2

	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
DURACION (seg)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1696 ± 0.0041	0.1615	0.1776	0.1660 ± 0.0041	0.1579	0.1740	0.1788 ± 0.0050	0.1689	0.1886
P	0.0744 ± 0.0019	0.0706	0.0781	0.0772 ± 0.0019	0.0734	0.0809	0.0735 ± 0.0022	0.0691	0.0778
QRS	0.0788 ± 0.0018	0.0751	0.0824	0.0756 ± 0.0022	0.0712	0.0799	0.0812 ± 0.0026	0.0761	0.0862
ST	0.1808 ± 0.0034	0.1740	0.1875	0.1820 ± 0.0038	0.1746	0.1893	0.1902 ± 0.0038	0.1826	0.1977
T	0.0828 ± 0.0021	0.0787	0.0868	0.0860 ± 0.0024	0.0813	0.0906	0.0865 ± 0.0027	0.0812	0.0918
QT	0.3368 ± 0.0043	0.3283	0.3452	0.3364 ± 0.0062	0.3241	0.3486	0.3563 ± 0.0063	0.3439	0.3686
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%		media ± ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
P	0.0408 ± 0.0029	0.0352	0.0463	0.0430 ± 0.0026	0.0378	0.0481	0.0420 ± 0.0031	0.0358	0.0481
QRS	0.2396 ± 0.0174	0.2054	0.2737	0.2700 ± 0.0182	0.2342	0.3057	0.2980 ± 0.0181	0.2623	0.3335
T	0.1006 ± 0.0117	0.0777	0.1234	0.1140 ± 0.0188	0.0771	0.1508	0.1343 ± 0.0144	0.1061	0.0965
Q	-0.0960 ± 0.0173	-0.1298	-0.0621	-0.0950 ± 0.0143	-0.1230	-0.0669	-0.0827 ± 0.0182	-0.1182	-0.0470
R	0.0416 ± 0.0080	0.0259	0.0572	0.0382 ± 0.0086	0.0213	0.0550	0.0724 ± 0.0112	0.0504	0.0944
S	-0.1940 ± 0.0178	-0.2289	-0.1590	-0.2320 ± 0.0202	-0.2716	-0.1923	-0.2235 ± 0.0215	-0.2656	-0.1812

**Cuadro II** Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V2 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

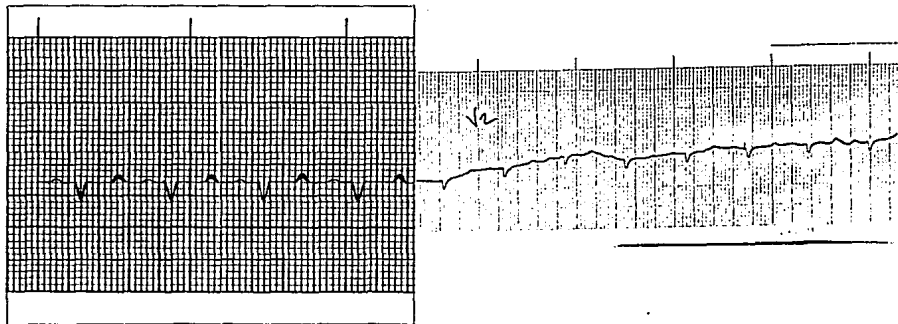


Figura 23 Esquematzación de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada V2 en bovinos Holstein en torno al parto.

### DERIVADA V3

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media ± ee	LIMITES 95% INF SUP		media ± ee	LIMITES 95% INF SUP		media ± ee	LIMITES 95% INF SUP	
PR	0.1676 ± 0.0034	0.1609 0.1742		0.1708 ± 0.0038	0.1632 0.1783		0.1796 ± 0.0034	0.1728 0.1863	
P	0.0736 ± 0.0019	0.0698 0.0773		0.0712 ± 0.0022	0.0668 0.0755		0.0731 ± 0.0022	0.0687 0.0774	
QRS	0.0872 ± 0.0022	0.0828 0.0915		0.0832 ± 0.0023	0.0786 0.0877		0.0859 ± 0.0031	0.0797 0.0920	
ST	0.1688 ± 0.0037	0.1615 0.1760		0.1776 ± 0.0031	0.1716 0.1835		0.1861 ± 0.0021	0.1819 0.1902	
T	0.0872 ± 0.0022	0.0828 0.0915		0.0912 ± 0.0022	0.0868 0.0955		0.0882 ± 0.0022	0.0838 0.0924	
QT	0.3340 ± 0.0047	0.3248 0.3431		0.3460 ± 0.0045	0.3370 0.3549		0.3576 ± 0.0056	0.3466 0.3684	
AMPLITUD (mV)	media ± ee	LIMITES 95% INF SUP		media ± ee	LIMITES 95% INF SUP		media ± ee	LIMITES 95% INF SUP	
P	0.0258 ± 0.0034	0.0191 0.0324		0.0226 ± 0.0032	0.01626 0.0289		0.0247 ± 0.0032	0.0185 0.0308	
QRS	0.4152 ± 0.0234	0.3692 0.4611		0.4430 ± 0.0260	0.3920 0.4939		0.4368 ± 0.0224	0.3948 0.4827	
T	0.2680 ± 0.0143	0.2400 0.2959		0.2670 ± 0.0143	0.2390 0.2949		0.2504 ± 0.0147	0.2215 0.2792	
Q	-0.1490 ± 0.0286	-0.2049 -0.0930		-0.1390 ± 0.0264	-0.1907 -0.0872		-0.1592 ± 0.0288	-0.2156 -0.1026	
R	0.0334 ± 0.0050	0.0236 0.0431		0.0354 ± 0.0061	0.0234 0.0473		0.0412 ± 0.0064	0.0287 0.0537	
S	-0.3728 ± 0.0245	-0.4207 -0.3248		-0.3950 ± 0.0246	-0.4441 -0.3478		-0.3851 ± 0.0258	-0.4357 -0.3344	

**Cuadro 12** Duración en segundos y amplitud en milivoltos de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V3 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

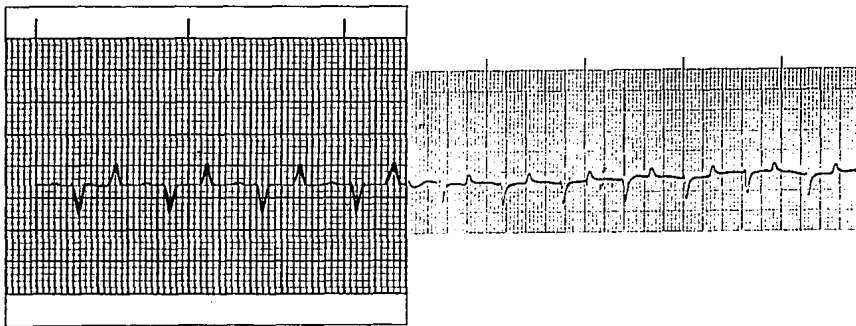


Figura 24 Esquematación de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada V3 en bovinos Holstein en torno al parto.

DERIVADA V4

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP	
PR	0.1769 $\pm$ 0.0049	0.1672 0.1866		0.1712 $\pm$ 0.0042	0.1628 0.1795		0.1886 $\pm$ 0.0045	0.1797 0.1973	
P	0.0665 $\pm$ 0.0026	0.0614 0.0715		0.0664 $\pm$ 0.0025	0.0615 0.0712		0.0665 $\pm$ 0.0025	0.0616 0.0714	
QRS	0.0763 $\pm$ 0.0022	0.0719 0.0807		0.0732 $\pm$ 0.0025	0.0683 0.0780		0.0759 $\pm$ 0.0029	0.0702 0.0816	
ST	0.1735 $\pm$ 0.0047	0.1642 0.1826		0.1822 $\pm$ 0.0041	0.1742 0.1901		0.2073 $\pm$ 0.0054	0.1967 0.2179	
T	0.0869 $\pm$ 0.0022	0.0825 0.0912		0.0844 $\pm$ 0.0026	0.0793 0.0894		0.0857 $\pm$ 0.0031	0.0796 0.0917	
QT	0.3347 $\pm$ 0.0042	0.3264 0.3429		0.3340 $\pm$ 0.0054	0.3233 0.3446		0.3641 $\pm$ 0.0075	0.3493 0.3787	
AMPLITUD (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP		media $\pm$ ee	LIMITES 95% INF SUP	
P	0.0151 $\pm$ 0.0043	0.0065 0.0236		0.0134 $\pm$ 0.0042	0.0052 0.0215		0.0159 $\pm$ 0.0038	0.0083 0.0234	
QRS	0.1837 $\pm$ 0.0140	0.1562 0.2111		0.2188 $\pm$ 0.0180	0.1834 0.2537		0.2398 $\pm$ 0.0148	0.2107 0.2687	
T	0.1151 $\pm$ 0.0124	0.0908 0.1393		0.1334 $\pm$ 0.0146	0.1048 0.1619		0.1224 $\pm$ 0.0134	0.0962 0.1486	
Q	-0.0959 $\pm$ 0.0174	-0.1300 -0.0617		-0.0950 $\pm$ 0.0202	-0.1345 -0.0554		-0.0571 $\pm$ 0.0170	-0.0904 -0.0238	
R	0.0361 $\pm$ 0.0066	0.0232 0.0490		0.0442 $\pm$ 0.0066	0.0312 0.0571		0.0741 $\pm$ 0.0095	0.0554 0.0926	
S	-0.1512 $\pm$ 0.0180	-0.1864 -0.1159		-0.1844 $\pm$ 0.0230	-0.2294 -0.1393		-0.1698 $\pm$ 0.0203	-0.2096 -0.1299	

Cuadro 13 Duración en segundos y amplitud en milivolt de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V4 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

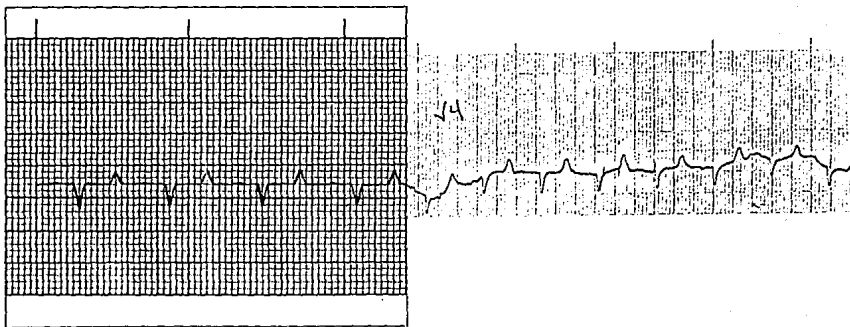


Figura 25 Esquematización de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada V4 en bovinos Holstein en torno al parto.

### DERIVADA V5

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1682 $\pm$ 0.0013	0.1597	0.1765	0.1732 $\pm$ 0.0043	0.1648	0.1815	0.1861 $\pm$ 0.0050	0.1762	0.1959
P	0.0710 $\pm$ 0.0023	0.0664	0.0756	0.0652 $\pm$ 0.0027	0.0599	0.0704	0.0735 $\pm$ 0.0022	0.0691	0.0778
QRS	0.0714 $\pm$ 0.0025	0.0664	0.0764	0.0712 $\pm$ 0.0024	0.0665	0.0758	0.0743 $\pm$ 0.0024	0.0695	0.0789
ST	0.1857 $\pm$ 0.0049	0.1760	0.1953	0.1864 $\pm$ 0.0052	0.1761	0.1966	0.2110 $\pm$ 0.0048	0.2016	0.2203
T	0.0824 $\pm$ 0.0024	0.0776	0.0872	0.0800 $\pm$ 0.0022	0.0756	0.0843	0.0812 $\pm$ 0.0024	0.0765	0.0858
QT	0.3282 $\pm$ 0.0014	0.3175	0.3387	0.3348 $\pm$ 0.0064	0.3223	0.3472	0.3592 $\pm$ 0.0061	0.3472	0.3711
AMPLITUD: (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
P	0.0020 $\pm$ 0.0040	-0.0057	0.0098	0.0030 $\pm$ 0.0039	-0.0046	0.0106	0.0057 $\pm$ 0.0044	-0.0029	0.0143
QRS	0.1108 $\pm$ 0.0093	0.0925	0.1291	0.1570 $\pm$ 0.0113	0.1348	0.1273	0.1522 $\pm$ 0.0089	0.1347	0.1697
T	0.0535 $\pm$ 0.0097	0.0343	0.0725	0.0792 $\pm$ 0.0104	0.0588	0.0995	0.0647 $\pm$ 0.0117	0.0416	0.0876
Q	-0.0173 $\pm$ 0.0015	-0.0261	-0.0085	-0.0160 $\pm$ 0.0048	-0.0254	-0.0065	-0.0245 $\pm$ 0.0049	-0.0340	-0.0149
R	0.0604 $\pm$ 0.0093	0.0422	0.0785	0.0716 $\pm$ 0.0099	0.0521	0.0910	0.0782 $\pm$ 0.0102	0.0560	0.0982
S	-0.0490 $\pm$ 0.0095	-0.0675	-0.0304	-0.0758 $\pm$ 0.0104	-0.0962	-0.0553	-0.0639 $\pm$ 0.0103	-0.0841	-0.0436

**Cuadro 4** Duración en segundos y amplitud en milivolts de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V5 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar



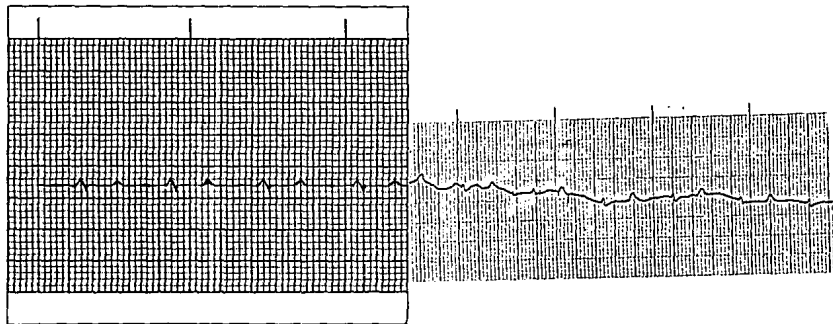


Figura 26 Esquematación de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada  $v_5$  en bovinos Holstein en torno al parto.

DERIVADA V6

DURACION (seg)	ECG 1			ECG 2			ECG 3		
	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
		INF	SUP		INF	SUP		INF	SUP
PR	0.1830 $\pm$ 0.0043	0.1746	0.1913	0.1880 $\pm$ 0.0051	0.1779	0.1980	0.2008 $\pm$ 0.0049	0.1911	0.2005
P	0.0816 $\pm$ 0.0020	0.0775	0.0856	0.0832 $\pm$ 0.0027	0.0779	0.0884	0.0853 $\pm$ 0.0028	0.0798	0.0907
QRS	0.0896 $\pm$ 0.0021	0.0855	0.0936	0.0848 $\pm$ 0.0021	0.0806	0.0889	0.0890 $\pm$ 0.0025	0.0841	0.09383
ST	0.1562 $\pm$ 0.0051	0.1461	0.1662	0.1676 $\pm$ 0.0038	0.1601	0.1750	0.1780 $\pm$ 0.0038	0.1704	0.1854
T	0.0920 $\pm$ 0.0025	0.0871	0.0968	0.0912 $\pm$ 0.0032	0.0848	0.0975	0.0959 $\pm$ 0.0030	0.0899	0.1018
QT	0.3316 $\pm$ 0.0049	0.3219	0.3412	0.3376 $\pm$ 0.0058	0.3263	0.3488	0.3535 $\pm$ 0.0058	0.3420	0.3648
AMPLITUD (mV)	media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%		media $\pm$ ee	LIMITES 95%	
P	-0.0622 $\pm$ 0.0085	-0.0788	-0.0455	-0.0738 $\pm$ 0.0081	-0.0896	-0.0579	-0.0869 $\pm$ 0.0091	-0.1047	-0.0691
QRS	0.5576 $\pm$ 0.0275	0.5036	0.6115	0.5602 $\pm$ 0.0277	0.5058	0.6145	0.5514 $\pm$ 0.0243	0.5037	0.5991
T	-0.0744 $\pm$ 0.0291	-0.1313	-0.0174	-0.0040 $\pm$ 0.0288	-0.0604	0.0524	-0.0516 $\pm$ 0.0245	-0.0997	-0.0035
Q	-0.0286 $\pm$ 0.0044	-0.0371	-0.0200	-0.0322 $\pm$ 0.0045	-0.0410	-0.0233	-0.0337 $\pm$ 0.0047	-0.0427	-0.0245
R	0.5258 $\pm$ 0.0283	0.4703	0.5812	0.5116 $\pm$ 0.0283	0.4561	0.5670	0.5188 $\pm$ 0.0237	0.4723	0.5652
S	0.0000 $\pm$ 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 $\pm$ 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 $\pm$ 0.0000	0.0000	0.0000

Cuadro 15 Duración en segundos y amplitud en milivolt de las diferentes ondas y complejos de la Derivada V6 del electrocardiograma en bovinos Holstein antes y después del parto.

ECG 1 = 1er Electrocardiograma 15 días antes del parto.

ECG 2 = 2do Electrocardiograma 7 días después del parto.

ECG 3 = 3er Electrocardiograma 15 días después del parto.

ee = error estandar

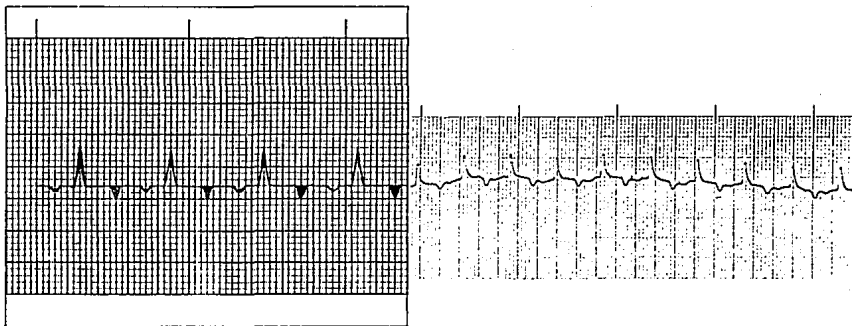


Figura 27 Esquematación de los límites del registro electrocardiográfico en la derivada  $v_6$  en bovinos Holstein en torno al parto.

	DURACION	LIMITES	
	(SEG)	INF	SUP
PR	$\bar{x}$ 0.1757±0.0080	0.1579	0.2005
P	$\bar{x}$ 0.0716±0.0053	0.0586	0.0907
QRS	$\bar{x}$ 0.0740±0.0067	0.0573	0.0938
ST	$\bar{x}$ 0.1812±0.0136	0.1461	0.2203
T	$\bar{x}$ 0.0838±0.0042	0.0706	0.1018
QT	$\bar{x}$ 0.3317±0.0175	0.2966	0.3787

Cuadro 16. Valores de duración en segundos de todas las ondas e intervalos de todos los electrocardiogramas.

EJE ELECTRICO

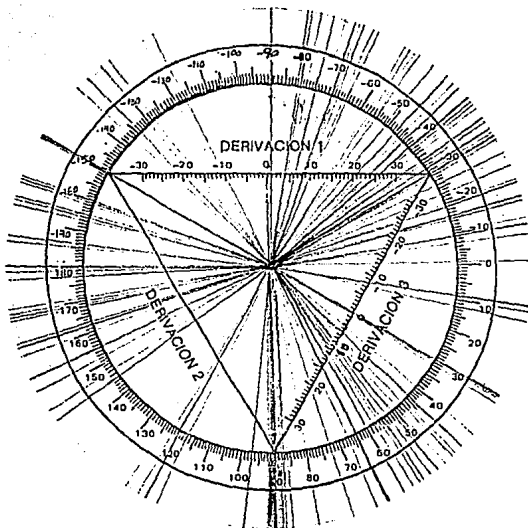


Figura 28. Eje eléctrico de QRS obtenido en este ensayo.

continuación, describiendo brevemente las diferencias con respecto a la norma establecida en este ensayo:

Neumonía: Se presentó un cuadro neumónico sin espectoraciones ni escurrimiento nasal. Solo se apreciaba disnea, taquipnea y probables áreas de condensación pulmonar. La vaca mostraba problemas al respirar y se mantenía con el cuello estirado y los miembros anteriores abiertos constantemente. El proceso neumónico tenía carácter crónico y aparentemente varios años de evolución; como la vaca era relativamente buena productora fue mantenida en el hato y aun cargada a pesar de su neumonía crónica. Presentó un eje primario de QRS de  $80^\circ$  y una frecuencia cardiaca de 93/minuto. En la figura 29 se presenta la imagen de la derivación V1 en la que se aprecia un aumento de la duración y amplitud de la onda P con un complejo QRS notablemente pequeño; en el cuadro 17 se puede observar como en la mayoría de las derivaciones de la mayoría de las ondas e intervalos hay un aumento de la duración de los mismos. En esa misma figura se presenta la imagen de las derivaciones DI, DII y aVR en las que se observan ondas Q más profundas en casi todas las derivaciones.

Leucosis: Antes de conocer el diagnóstico final e incluso antes de que se supiera que la vaca tenía una patología, se tomaron 4 ECGs a intervalos de 1 mes. Se presenta en el cuadro 18 los trazos del ECG en la derivación DII. En dichos ECGs se notan diferencias importantes y una desviación del eje desde  $55^\circ$  a  $145^\circ$  hacia la derecha. Posteriormente, se confirmó que el desplazamiento se debía a una infiltración ventricular izquierda, obviamente de tejido no especializado en conducción. A su vez en el cuadro 17 podemos

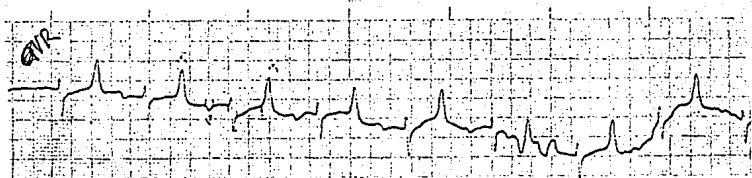
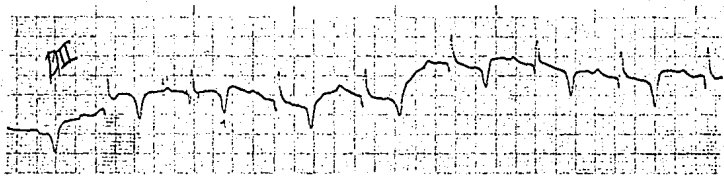
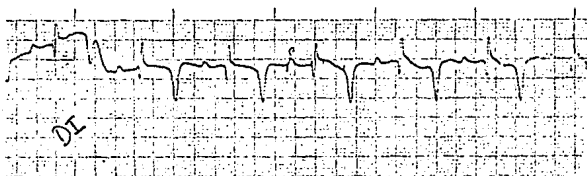
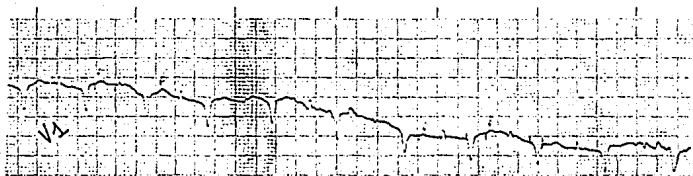


Figura 29. Trazos electrocardiográficos de un bovino con neumonía crónica donde se observan ondas Q profundas en las derivaciones DI, DII, aVR y VI.

	DURACION (Seg)	LIMITES INF	SUP	Neumonía	Leucosis	Mal de alturas
PR	$\bar{x}$ 0.1757 $\pm$ 0.0080	0.1579	0.2005	0.22 a 0.28	0.18 a 0.28	0.16 a 0.22
P	$\bar{x}$ 0.0716 $\pm$ 0.0053	0.0586	0.0907	0.08 a 0.12	0.04 a 0.10	0.08 a 0.12
QRS	$\bar{x}$ 0.0740 $\pm$ 0.0067	0.0573	0.0938	0.08 a 0.12	0.08 a 0.12	0.08 a 0.12
ST	$\bar{x}$ 0.1812 $\pm$ 0.0136	0.1461	0.2203	0.16 a 0.28	0.16 a 0.24	0.04 a 0.12
T	$\bar{x}$ 0.0838 $\pm$ 0.0042	0.0706	0.1018	0.08 a 0.12	0.08 a 0.12	0.12 a 0.16
QT	$\bar{x}$ 0.3317 $\pm$ 0.0175	0.2966	0.3787	0.40 a 0.46	0.36 a 0.40	0.30 a 0.38

Cuadro 17. Valores de duración en segundos de algunas patologías en comparación con los valores electrocardiográficos considerados como normales en este trabajo.



	<b>ECG 1</b> 4 marzo 02	<b>ECG 2</b> 7 abril 02	<b>ECG 3</b> 18 mayo 02	<b>ECG 4</b> 15 junio 02
<b>DI</b>				
<b>DII</b>				
<b>DIII</b>				
<b>AVR</b>				
<b>AVL</b>				
<b>AVF</b>				
<b>V1</b>				
<b>V2</b>				
<b>V3</b>				
<b>V4</b>				
<b>V5</b>				
<b>V6</b>				
<b>EJE QRS</b>	<b>56°</b>	<b>72°</b>	<b>124°</b>	<b>145°</b>
<b>F.C./MIN</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>78</b>	<b>82</b>

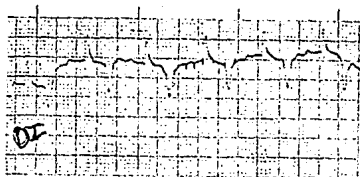
Cuadro 18. Alteración del trazo electrocardiográfico de un bovino con leucosis.

observar las diferencias encontradas en cuanto a la duración normal de las onda e intervalos.

Síndrome de vaca caída: Se presentó un caso de vaca caída a los 12 días posparto, caracterizado por signos de hipocalcemia y cetosis mixtos que sólo respondió a la terapia conjunta de solución glucosada, borogluconato de calcio, dexametasona y un preparado de calcio-fósforo. El animal presentó ritmo sinusal, un eje de  $-35^\circ$  y una franca taquicardia de 103/min. Presentó una reducción del intervalo P-R y trazos de QRS muy claros con Ts profundas en todas las derivaciones. De manera comparativa se presenta su ECG 14 días después, cuando el animal se consideró clínicamente sano. Se aprecia una modificación del eje a  $178^\circ$  y una normalización de los trazos en general, principalmente en las derivaciones DI, aVR y aVL. En la figura 30 se presentan los 2 ECGs donde se observa la corrección de los trazos.

Mal de alturas: Se presenta el caso de una becerria Holstein de 5 meses de edad y de 130 kg de peso cuyo padecimiento final antes del sacrificio fue diagnosticado como neumonía con estertores crepitantes, probablemente infecciosa. Presentaba fatiga a pequeños esfuerzos, caquexia y edema de miembros y papada. A la necropsia se encontro hidrotorax (1 litro), hidropericardio (500 ml) con líquido amarillo y coágulos de fibrina. Se encontraron zonas de adherencia entre epicardio y pericardio en el ventriculo izquierdo. El ventrículo derecho se encontró ligeramente dilatado, dándole al corazón un aspecto redondeado. En las válvulas tricúspide y mitral, se encontraron quistes hemáticos de dos mm; uno en cada válvula. También se detectó edema pulmonar. No hubo cambios hemáticos de importancia y el diagnóstico final realizado en la FMVZ fué mal de

1er ECG



2o ECG 15 días después

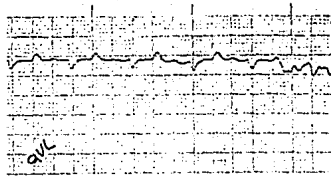
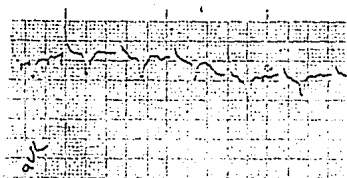
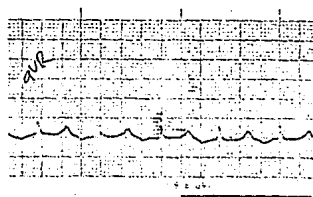
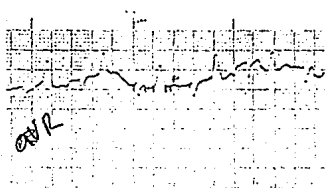
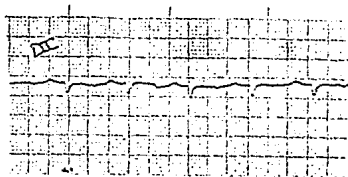


Figura 30. Electrocardiograma de un bovino con síndrome de vaca caída en el que se aprecia la corrección de los trazos 15 días después del tratamiento.

alturas. En la figura 31 se presenta la imagen de algunas derivaciones con notables alteraciones del trazo con respecto a valores en vacas adultas y en el cuadro 17 podemos observar como hubo un aumento en la duración de la onda P, el complejo QRS y la onda T con respecto a los valores normales de este ensayo.

#### X. DISCUSION

La revisión exhaustiva de la literatura revela que en los estudios precedentes a éste, el número de animales es menor y las características de ellos reflejan una población la mayoría de las veces heterogénea (Alfredson y Sykes 1942; Lank y Kingrey 1959; Ghergariu, Moldovan y Danielesco 1970). Por ejemplo Alfredson y Sykes (1942) utilizaron varias razas y edades e incluso animales gestantes y no gestantes en varias etapas de lactación. Por ello, sus resultados sólo podrían tener un valor más universal si se hubiesen realizado especificando las diferencias correspondientes o bien, tomando una población homogénea mucho mayor que diera una idea de los límites de la especie más que de la raza. En este caso hubiese necesitado una cantidad de animales superior a los 1000 ya que se incluyen varias muestras poblacionales. En otro caso, Upadhyay et al. (1976) utilizaron solamente vacas Jersey con un total de 29 animales. En su trabajo los autores tampoco hacen referencia a divisiones dadas por el estatus fisiológico del individuo.

Con base en estos antecedentes y en función de los resultados que se esperaban de este ensayo, se calculó que un total de 50 vacas y 3 ECGs por vaca podrían revelar diferencias significativas considerando una confiabilidad del 95%. En este estudio se tuvo

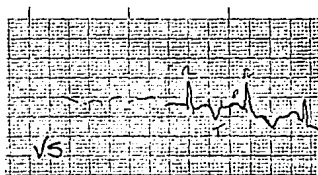
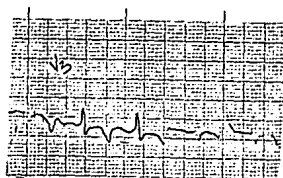
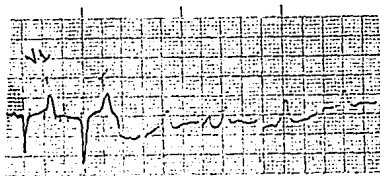
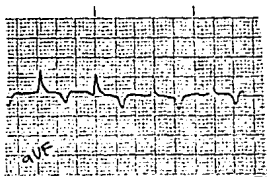
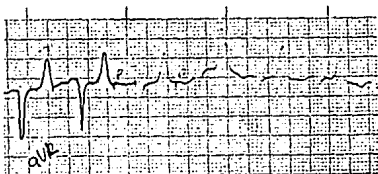
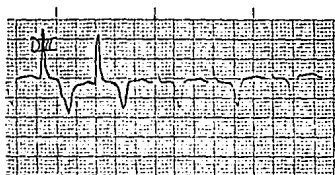


Figura 31. Imágen electrocardiográfica de algunas derivaciones de un becerro con Mal de Alturas.

especial cuidado en incluir únicamente animales que estuviesen sanos clínicamente y en su fase terminal de la gestación, en vacas en su mayoría primerizas y hasta su 4° parto.

Se utilizaron vacas Holstein-Friesian por ser una de las más utilizadas en nuestro país, por su alta producción de leche y grasa y porque a pesar de ser una de las razas lecheras más pesadas (la hembra llega a pesar en promedio unos 775 kg y el macho 1080 kg) es muy dócil (Briggs 1969).

Se utilizaron 10 electrodos (véanse figuras 1 y 2), de los cuales se obtuvieron 12 derivaciones, que a diferencia de otros estudios permiten tener un panorama más amplio y de varios ángulos del corazón del bovino; la mayoría de los estudios obtienen tan solo tres derivaciones y sólo algunos seis derivaciones, otros únicamente discuten la colocación de los electrodos sin obtener resultados. Este sistema de derivaciones podría llegar a servir como patrón para tratar de estandarizar lo que existe actualmente en la literatura y para posteriores estudios al respecto. Se sabe que con electrodos subcutáneos cercanos al corazón se obtienen los máximos potenciales, pero esto tiene su utilidad práctica sólo de manera experimental, ya que en la clínica resultaría poco práctico.

Considerando los máximos valores de amplitud encontrados en este trabajo en las derivaciones  $V_3$  y  $V_6$ , podría proponerse la posibilidad de buscar nuevas posiciones de electrodos donde encontrar amplitudes mayores para poder tener trazos de mayor tamaño como en otras especies, esto deja la puerta abierta para futuras investigaciones, posiblemente con la utilización de un círculo torácico con mayor número de electrodos, podría mejorarse la sensibilidad en cuanto al voltaje. En este trabajo se consideró

pertinente basarse en la colocación de los electrodos utilizada por otros autores antes de buscar nuevos electrodos exploradores. A pesar de no contar con los máximos potenciales en todas las derivaciones, se puede comprobar como los ECGs de los estados patológicos aquí presentados difieren de lo establecido como normal en este mismo ensayo (véase cuadro 17).

Un dato curioso que permite sugerir la incorporación de este sistema de diagnóstico de gabinete a la clínica bovina, es el tiempo promedio en el que se lleva a cabo la toma de un ECG, incluyendo el rasurado de la zona donde se colocan los electrodos y que es de 15 a 20 minutos. Esto, contrasta con el tiempo promedio que se requiere para la toma de una muestra sanguínea para la determinación de electrolitos séricos y su transporte cuidadoso (a menudo por varias horas), ya que la distancia de los laboratorios a los establos es generalmente grande. Por añadidura y a diferencia de lo que sucede en medicina humana, se debe considerar el factor costo-beneficio. En este sentido, el costo de una tira electrocardiográfica es mucho menor y brinda apoyo diagnóstico en el lugar y momento en que se le requiere.

De manera especial, cabe destacar que se tomó como una variable relevante, el hecho de realizar ECGs a 2450 y 2760 metros sobre el nivel del mar, en función de que en México y en torno a la meseta central esta situación se repite. En otros estudios como el de Too; Nakamura e Hirao (1958) el ensayo se llevó a cabo a nivel del mar y a pocos metros sobre éste, en los estudios de Van Arsdel; Krueger y Bogart (1959) y De Roth (1980). Se reconoce en la literatura, que la altura puede modificar algunos parámetros electrocardiográficos en otras especies (Martínez et al. 1988) y

por esta razón, es poco prudente extrapolar los datos de otros investigadores bajo otras condiciones de manejo e incluso con otras razas a la situación que prevalece en el Valle de México. Esta metodología hace entonces exclusivos los resultados al entorno del Valle de México.

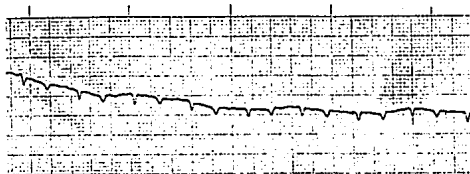
Es importante señalar, que se adoptó la posición de los electrodos conforme al consenso general de la literatura (Alfredson y Sykes 1942; Too; Nakamura e Hirao 1958; Dota y Balbo 1968; Ghergariu y Danielesco 1976; De Roth 1980; Upadhyay y Rao 1986). La colocación de estos electrodos permite que al mismo tiempo que se comparan los resultados con los obtenidos por otros autores, de alguna manera se apoye la sugerencia de Ghergariu y Danielesco (1976) quienes ponderan la necesidad de adoptar un solo sistema de registro electrocardiográfico en vacas. Como contraste a esta tendencia Van Arsdel; Krueger y Bogart (1959) imponen electrodos exploradores en diferentes partes del organismo y sus resultados, aunque de innegable valor para el avance de la electrocardiografía en bovinos, no pueden ser comparados fielmente con los generados por la mayoría de los autores. En este ensayo se eligió la utilización de electrodos precordiales para verificar los datos que se obtienen con las derivaciones habituales. En este sentido, la metodología propuesta para este ensayo es un tanto novedosa pero permite corroborar la posición, el eje y las tendencias poco claras del complejo QRS en vacas.

Es importante considerar durante la toma de los ECGs todos los factores que pueden intervenir para modificar un trazo (Goldberg 1977); por ejemplo, en vacas en situaciones de campo como las desarrolladas en este ensayo, se deben tener consideraciones

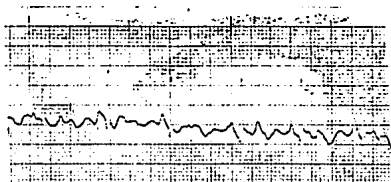


especiales para factores como el sol, la lluvia, el polvo, las evacuaciones de los animales, su movimiento al intentar quitarse los electrodos o las moscas, su nerviosismo. Otra de las dificultades que pueden surgir están dadas por la medición misma de los segmentos y deflexiones, ya que en muchos casos es difícil distinguir algunas de las ondas que caracterizan al ECG de los bovinos, que difiere de los registros claros en otras especies. Por ejemplo, en vacas el complejo QRS es de mucho menor voltaje que la onda T; éste último es el trazo dominante. En pocas ocasiones se destaca P y esto añade dificultades especiales para identificar P y QRS en un ECG que además de la onda T, tiene apariencia isoeléctrica. En la figura 32 se ejemplifican estas diferencias de la vaca en comparación con el perro, el caballo y el humano en la derivación DII. Con estos antecedentes en mente y una vez realizados los primeros registros de prueba, se consideró aún de mayor importancia incluir registros precordiales que permitieran tener mayores elementos para medir dicho complejo.

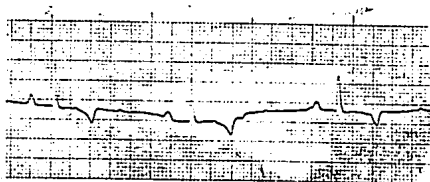
De cualquier manera, es importante recalcar que la intención de este estudio no solamente se ubica en torno al objetivo de establecer los patrones basales para la raza Holstein bajo las condiciones mencionadas, sino que también pretende resolver la interrogante planteada por 2 autores, en primera instancia Nörr (1922), quien sugirió que no era fácil detectar cambios electrocardiográficos en la vaca antes y después del parto debido a que los compartimientos gástricos actuaban a manera de amortiguador y en segunda instancia y en contraposición a esta visión Lightowler (1970), tras una revisión exhaustiva de la literatura propone que no solamente es posible detectar cambios sino que debe haber



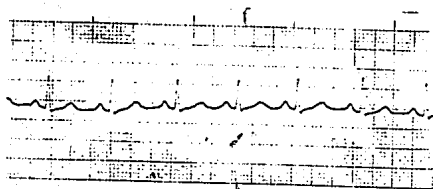
VACA



PERRO



CABALLO



HUMANO

Figura 32. Trazos electrocardiográficos en la derivación DII de individuos sanos de varias especies.

indudablemente cambios en el ECG al comparar registros antes y después del parto.

Aunque se sabe que en el humano existen modificaciones del eje eléctrico antes y después del parto (véase figura 33), en este estudio, los datos revelaron que la diferencia es mínima y en todo caso los resultados están más de acuerdo con lo postulado por Nörr (1922) dado que los trazos y las dimensiones tanto en amplitud como en duración de las ondas y complejos no cambian perceptiblemente en estas dos situaciones.

Un punto que vale la pena destacar dentro de la metodología de este ensayo, es el sistema de obtención del eje primario de QRS para los ECGs en vacas. Van Arsdel; Krueger y Bogart (1959), indicaron que en el caso de las vacas no debería utilizarse el triángulo de Einthoven dada la posición del corazón; sin embargo, el triángulo de Einthoven se aplica con bastante confiabilidad en perros a pesar de que la posición del corazón dentro del tórax es bastante similar a la del bovino. Más aún, en el caballo se puede decir que la posición del corazón es virtualmente igual al de la vaca y también en esta especie se utiliza el triángulo referido. En este sentido, los resultados obtenidos concuerdan con los de la literatura dado que no existe un eje primario de QRS definido en vacas (Alfredson y Sykes 1942; Upadhyay et al. 1976; De Roth 1980). Para muestra, se presenta en la figura 34 algunos de los ejes encontrados en la literatura.

Algunos rasgos característicos del ECG en vacas concuerdan con los propuestos en la literatura. Por ejemplo Sellers et al. (1958), quienes postulan que en la vaca se presenta habitualmente una onda T invertida con respecto al complejo QRS mientras que dicha

Antes del parto  
(6-Nov-93)

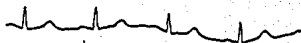
Eje eléctrico 81°  
F.C./min 83

Después del parto  
(29-Nov-93)

Eje eléctrico 55°  
F.C./min 90



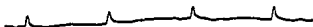
DII



DII



DIII



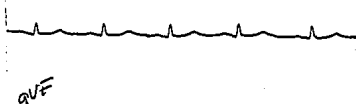
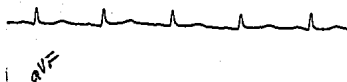
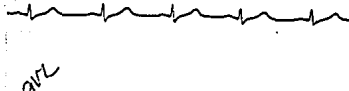
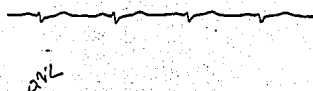
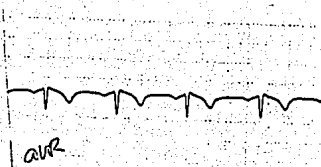
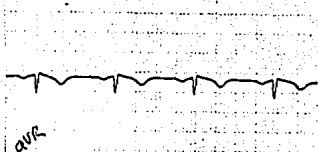
DIII



Figura 33. Electrocardiograma de la tesista antes y después del parto, donde se aprecia el cambio en el eje eléctrico y la frecuencia cardíaca.

Antes del parto  
(6-Nov-93)  
Eje eléctrico 81°  
F.C./min 83

Después del parto  
(29-Nov-93)  
Eje eléctrico 55°  
F.C./min 90



(continuación)

Figura 33. Electrocardiograma de la tesista antes y después del parto, donde se aprecia el cambio en el eje eléctrico y la frecuencia cardiaca.

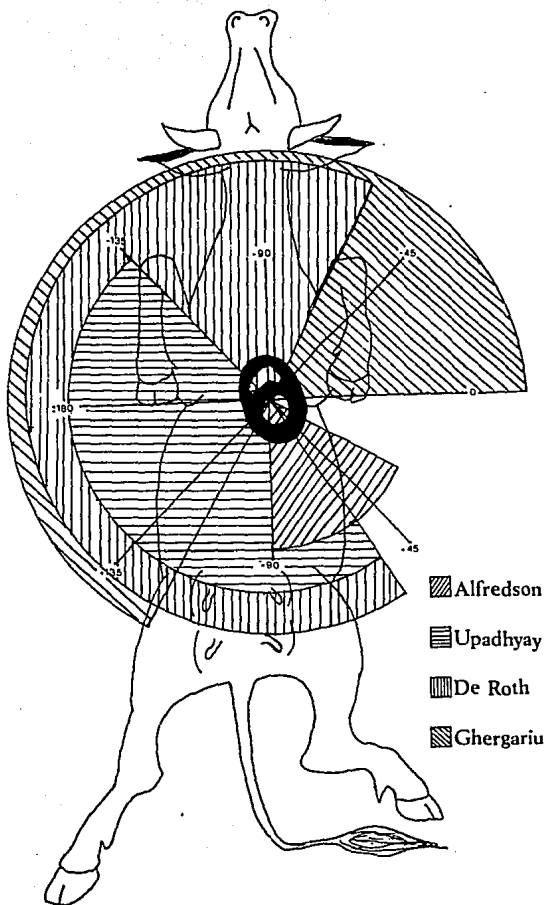


Figura 34. Eje eléctrico de QRS encontrado por varios autores.

morfología en el hombre tiene una tendencia a concordar. En este ensayo, se identifica que las ondas T en la vaca son dominantes en tamaño y casi siempre positivas, aunque en la derivación DII' se identificó como negativa (se hace esta aclaración ya que ésta es la derivación más utilizada para ejemplificar los trazos). Por esta razón, es probable que se puedan obtener más datos de esta onda que del complejo QRS, que en muchos se obtuvo como isoelectrónico.

Es de destacarse que en este ensayo las diferencias más evidentes con respecto a la literatura fueron que la frecuencia cardíaca fué más elevada (véase cuadro 2) con respecto a lo reportado, con datos que llegaron incluso a los 120 latidos por minuto en un animal sano. Aunque esto se considera como taquicardia en la literatura (Hamlin y Smith 1981; Blood; Henderson y Radostis 1986), en este ensayo se le puede más bien clasificar como cambios adaptativos en animales que están sometidos a una altura considerable y a una temperatura ambiental por arriba de los 39°C, además que se encontraban gestantes en las etapas finales. Es bien sabido que el aumento de la frecuencia cardíaca modifica la morfología del ECG y probablemente algunas de las diferencias obtenidas aquí, como la pobre imagen de P o del complejo QRS en algunos registros con respecto a otros valores de la literatura (Lank y Kingrey 1959, De Roth 1980), se deban precisamente a la frecuencia cardíaca. En apoyo a esta visión se puede señalar que la frecuencia cardíaca tuvo un descenso significativo ( $p < 0.05$ ) después del parto ( $x 100.22 \pm 12$  contra  $x 87.30 \pm 11$  respectivamente). En todos los estudios realizados en bovinos se concluye que el ECG bovino es muy diferente al de otras especies (véase figura 32). Esta variación deriva de las diferencias anatómicas y fisiológicas

del corazón del bovino, principalmente de las fuerzas de despolarización que van del vértice a la base. En el bovino, la gran variación de formas y polaridad de las ondas, así como la poca amplitud de los complejos QRS en las derivaciones estándar, pueden deberse a que la posición de los electrodos es relativa a la posición del corazón dentro de la caja torácica por un lado y por otro, a que el ECG es la resultante de la cancelación algebraica de los frentes de despolarización durante el proceso de activación ventricular. La primera fase de la despolarización ocurre a través del septo interventricular en una dirección caudocraneal y forma el evento eléctrico de mayor importancia registrado por las derivaciones bipolares. Por esto, la despolarización del septo en relación con la posición de los electrodos puede producir ondas de muchas formas y amplitudes dentro de ciertos límites fisiológicos. Todo esto, da como resultado complejos QRS muy pequeños a diferencia de lo que podía esperarse si se tomara como referencia únicamente el tamaño del corazón; también las ondas P resultan muy pequeñas incluso isoléctricas en algunas derivaciones como avF, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub> y V<sub>5</sub>. En la figura 35 se esquematiza la dirección del vector de despolarización principal así como la apariencia del ECG en las derivaciones precordiales.

Una aportación importante de este trabajo, es la presentación de manera resumida de los valores de duración de las diferentes ondas y segmentos de todos los ECGs (véase cuadro 17). Esta información podría ser de valor para el Médico Veterinario a manera de referencia rápida, donde al tomar un ECG y detectar alteraciones en la duración de alguna onda o intervalo podría sospechar de alteraciones en la conducción, crecimientos de cavidades, bloqueos



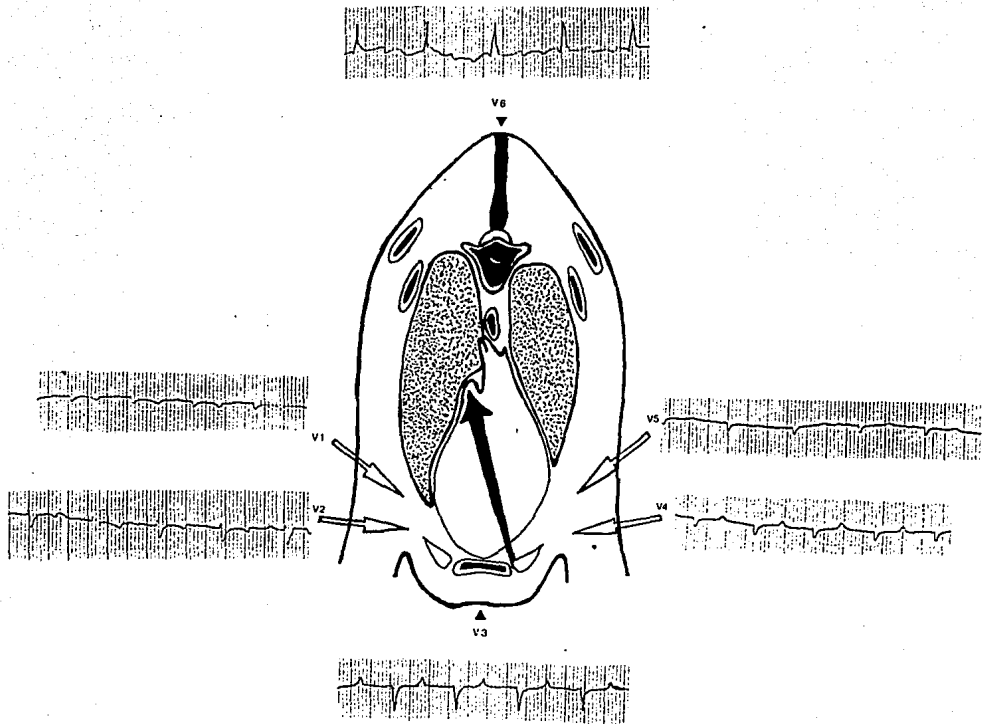


Figura 35. Dirección del vector principal de la despolarización ventricular y su electrocardiograma típico en las derivaciones precordiales

de rama y transtornos electrolíticos entre otros, y que al corroborarse con alteraciones en amplitud confirmar la existencia de alteraciones cardiacas al igual que se hace en otras especies incluyendo al hombre; por ejemplo, se conoce que en el humano el PR puede ser de 0.16 a 0.20 segundos y una alteración de estos valores puede ser indicativo de bloqueos aurículo ventriculares. A su vez esto también podría tener su utilidad práctica en la clínica bovina, donde al tomar un ECG, hacer un conteo rápido de la duración de las ondas e intervalos y comparar con los valores normales poder llegar a un diagnóstico rápido para la aplicación inmediata del tratamiento correspondiente.

Con este ensayo, se establecen los datos necesarios para poder evaluar un ECG que se salga de la norma. De primera instancia pudiera parecer que el ensayo desarrollado tiene una aplicación práctica limitada. No obstante se sabe que en muchos establos tecnificados se lleva un registro estrecho de la producción diaria del bovino y cuando el número de animales que se tiene que observar sobrepasa los 2000, como sucede a menudo en las cuencas lecheras, es difícil hacer un seguimiento de la salud de cada una de las vacas. Es en este sentido, que la electrocardiografía puede servir como un primer filtro para detectar a los animales que tienen alguna alteración. En otras palabras, tomando como ejemplo una explotación altamente tecnificada, donde todos los animales que entran a la sala de ordeña tienen un registro de su producción diaria por código de barras y que estos datos entraran a una computadora donde al bajar los niveles habituales o esperados de producción, se enviara una señal de atención; en estos animales sería prudente llevar a cabo un ECG para determinar alguna

variación con respecto a los valores basales de la especie. La determinación de la calidad predictiva de los ECGs patológicos, se desarrollará con el tiempo y es posible postular que si los resultados de la determinaciones basales tienen una buena confiabilidad (dado que no es posible referirse a valores basales de electrocardiografía en términos absolutos), entonces se podría distinguir con relativa facilidad registros que sugirieran un estado patológico; si bien muchos clínicos pueden pensar que es un sistema de diagnóstico poco práctico, los informes en la literatura sugieren lo contrario.

El valor de la electrocardiografía se puede ponderar en muchas situaciones; por ejemplo, la determinación de la función renal de una vaca puede inferirse clínicamente y deberá confirmarse con pruebas de función renal como la valoración de urea, creatinina y electrolitos séricos que como ya se mencionó requiere de cierto tiempo a diferencia de un ECG. A continuación se presentan algunos hallazgos electrocardiográficos ya caracterizados en bovinos: Sobti; Jalaludin y Chandrasajhi (1986), encontraron que la nefrectomía bilateral induce inicialmente bradicardia moderada y posteriormente taquicardia con conducción intraventricular aberrante y con modificación de los vectores de fuerza de QRS en el plano sagital. Esta observación, es compatible con la hiperkalemia que se provoca en la nefrectomía bilateral en bovinos (Watts y Campbell 1970), aunque en este caso la morfología no es constante ni típica por completo de hiperkalemia (Sobti; Rama Kumar y Kohli 1982), punto que enfatiza el error que puede cometerse si se hacen extrapolaciones directas entre especies como en el caso del humano,

donde la forma acuminada de la onda T es útil para el diagnóstico de falla renal (Delaney y Bourke 1990).

Takemura et al. (1989), relacionan la fibrilación auricular con cetosis y desplazamiento de abomaso. En su estudio, los autores integran al ECG como elemento diagnóstico. Diversas patologías gastrointestinales en el bovino pueden modificar el patrón electrocardiográfico en función de las modificaciones electrolíticas asociadas (Deem y Fregin 1982; Levy y De Roth 1983). Con respecto a los electrolitos y en el caso del potasio y del calcio, se sabe que el segmento ST y evidentemente el intervalo QT se alargan con hipocalcemia y se acortan en hipercalcemia (Spörri y Raggenbass 1940; Spörri y Volkert 1957, Littledike; Glazier y Cook 1976; Hapke; Budden y Konnermann 1982). A pesar de que algunos investigadores encontraron una correlación confiable entre los cambios del ECG y los niveles séricos de calcio, (Schröter y Seidel 1976), otros investigadores no lo han podido encontrar (Daniel y Moodie 1979). El estudio de Schröter y Seidel (1976) sólo consideró 4 vacas a las que se les redujo el calcio sérico de manera experimental con EDTA. Es posible que el registro de ECG en vacas con hipocalcemia clínica real, revele patrones más confiables que los obtenidos por la inducción experimental, dado que el ECG es un registro de los potenciales de acción del miocardio y por ende del ciclo cardiaco celular, que al estar determinado por una gran cantidad de influencias electrolíticas internas y externas producto de un ajuste homeostático, no puede equipararse con la inducción artificial de una reducción en los niveles séricos de calcio.

La electrocardiografía también ha sido utilizada como instrumento para intentar la caracterización de la capacidad de

adaptación de algunas especies domésticas y silvestres a la altitud (Martínez et al. 1988); en contraste, resulta particularmente curioso cómo se ha puesto poca o nula atención a la adaptación de bovinos a altitudes como la de la ciudad de México y otras cuencas lecheras de gran altitud, donde a menudo se presenta el llamado "mal de alturas", con una gran diversidad de manifestaciones clínicas. Para cuando el diagnóstico es evidente, los cambios de hipertrofia de la capa muscular de las arterias pulmonares, el edema intersticial y pulmonar, la dilatación ventricular derecha y otros cambios de igual importancia, se hacen irreversibles (Blood; Henderson y Radostis 1986). En este caso salta a la vista la utilidad que tendría un ECG predictivo de la capacidad de adaptación de vacas transportadas de menor a mayor altura. Quizá se observen ondas P de más amplitud, ondas T más elevadas y alteraciones del complejo QRS que brinden evidencias de si los bóvidos han sido sometidos a un esfuerzo de adaptación cardiopulmonar mayor a su capacidad homeostática.

Se han intentado caracterizar los cambios electrocardiográficos en vacas con pericarditis traumática. Algunos autores consideran cambios mínimos a nulos (Winters y Cortes 1970) y otros han detectado algunos cambios de importancia como son: acortamiento de la duración y forma de PR, TP y ST, negativización del eje eléctrico de QRS y taquicardia (Ramakrishna; Nigam y Krishnamurthy 1980).

La utilidad de la electrocardiografía está bien establecida en la medicina. La aplicación de este método no invasivo para evaluar la función cardíaca en bovinos será confirmada únicamente a través de su frecuente uso en situaciones clínicas. Estas son algunas de

las aplicaciones clínicas a las que se ha intentado incorporar. Empero, aún falta mucho por hacer con respecto al desarrollo de este método diagnóstico en México. Este trabajo, pretende contribuir de alguna forma al avance de la electrocardiografía en bovinos, sentando valores basales que permitan llevar a cabo estudios clínicos posteriores para el desarrollo de la práctica bovina dentro de la medicina veterinaria.

#### XI. CONCLUSIONES

El ECG nos permite tener en pocos minutos y en el mismo lugar, elementos para llegar a confirmar un diagnóstico, lo cual nos puede llevar a la aplicación más rápida del tratamiento.

El ECG de la vaca manifiesta patrones estandar confiables en un 95% para cada onda y complejo en amplitud y duración en todas las derivaciones y a pesar de que la morfología es variable, es factible detectar variaciones que indiquen patologías que directamente o indirectamente modifiquen la función cardiaca. Los valores encontrados en este estudio no presentaron diferencias significativas antes y después del parto, por lo que pueden aplicarse en vacas en torno al parto.

La frecuencia cardiaca encontrada fué mayor que la reportada por la literatura y confirmando otros estudios, se puede concluir que no existe un eje eléctrico primario de QRS constante en vacas ni aún en el mismo animal de un día a otro. Además se observó que el ECG del bovino difiere notablemente de lo observado en otras especies.

Los valores aquí encontrados, se aplican a vacas Holstein gestantes y en el posparto y en el Valle de México, lo que aporta

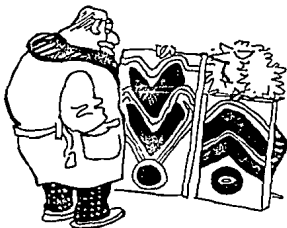
datos que no existían en nuestro país, donde puede empezar a generarse cierto interés en esta área de la medicina veterinaria como existe en otros países.

XII. OTROS USOS DE LA ELECTROCARDIOGRAFIA

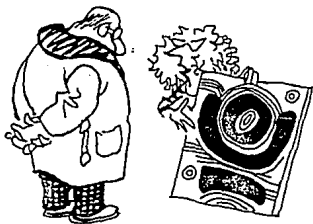
...TIENE FUERZA, COLOR, TEXTURA.  
CONCUERDO CON USTED EN QUE,  
TODAVIA, NO ES UNA GRAN FIRMA...  
PERO LO SERA'; ES UNA GANGA!



...USTED, COMO BUEN COLECCIONISTA,  
SABE QUE UN CUADRO SE VALORIZA  
CON LA DESAPARICIÓN DEL PINTOR  
Y CLARO - ESTO YO NO DEBIERA  
DECIRSELO - PERO...ER... HAY  
PRESIONES ALCISTAS: DOS  
INFARTOS!



EL ARTISTA ESTA ENFERMITO... MUY  
DELICADO DE SALUD... NOS TIENE  
MUY PREOCUPADOS... PERO, BUENO  
A LO NUESTRO... PAPA QUE VEA  
QUE NO TRATAMOS DE ENGAÑARLE Y...



...PARA DARLE SEGURIDAD A  
SU INVERSIÓN JUNTO CON EL  
CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD,  
NUESTRA GALERÍA LE DA UNA  
FOTOCOPIA DEL ELECTROCARDIO-  
GRAMA DEL ARTISTA!





### XIII. REFERENCIAS

- Abramson, D.I. and Marglin, A. (1936) A Purkinje conduction network in the myocardium of the mammalian ventricles. J. Anat. 70: 250-259.
- Alfredson, B.V. and Sykes, J.F. (1940) Studies on bovine electrocardiogram. II Bundle Branch Block. Proc. Soc. Exp. Biol. 43: 580-584.
- Alfredson, B.V. and Sykes, J.F. (1942) Electrocardiographic studies in normal cattle. J. Agricultural Res. 65: 61-87.
- Allen, W.M. and Davies, D.C. (1981) Milk fever, hypomagnesaemia and the downer cow syndrome. Br. vet. J. 137: 435-441.
- Baird, G.D. (1982) Primary ketosis in the high-producing dairy cow: Clinical and subclinical disorders, treatment, prevention and outlook. J. Dairy Sci. 65: 1-10.
- Baird, G.D., Heitzman, R.J., Hibitt, K.G. and Hunter, G.D. (1974) Bovine ketosis; a review with recommendations for control and treatment. Br. vet. J. 130: 214-220.
- Bastres, M.C.; Sakabe, N.; Yasuda, J. and Too K. (1989) Electrocardiogram studies in llamas. Jpn. J. Vet. Res. 37:85-95.
- Bellet, S. (1965) The electrocardiogram in electrolyte imbalance. AMA Arch. Int. Med. 96: 618-538.
- Bergman, E.N. and Sellers, A.F. (1954) Studies on intravenous administration of calcium, potassium and magnesium to dairy calves. II. Some cardiac and respiratory effects. Am. J. Vet. Res. 15: 25-35.
- Blum, J.W.; Ramberg, C.F.; Johnson, K.G. and Kronfeld, D.S. (1972) Calcium (ionized and total), magnesium, phosphorus and glucose in plasma from parturient cows Am. J. Vet. Res. 35:51-56.
- Blood, D.C., Henderson, S.A. y Radostis, O.M. (1986) Medicina Veterinaria. 6a ed. Interamericana, México, D.F. pp 294-332, 1065-1114.
- Briggs, H.M. (1969) Razas Modernas de Animales Domésticos, 3a. ed. Acribia, Zaragoza, España. pp 56.
- Cakala, S. and Lubiarsz, J. (1987) Contribution to electrocardiographic examination of cattle. Dtsch. Tierarztl. Wschr. 94: 286-271.
- Cakala, S.; Rakalska, Z. and Borowski, T. (1971) Electrocardiographic examinations of cows with leukosis. Bulletin Vet. Inst. Pulawy 15: 61-65.
- Claxton, M.S. (1988) Electrocardiographic evaluation of arrhythmias in six cattle. JAVMA 192:516-521.

Curtis, R.A., Smart, J.F., McLennan, R.C. and Rowe, R.C. (1978) Relationship of methods of treatment to relapse rate and serum levels of calcium and phosphorus in periparturient hypocalcaemia. Can. vet. J. 19: 155-158.

Daniel, R.C.W. and Moodie, E.W. (1979) Relationship between plasma calcium and QT interval of electrocardiogram in dairy cows. J. Dairy Sci. 62: 1014-1018.

Deem, D.A. and Fregin, G.F. (1982) Atrial fibrillation in horses—A review of 106 clinical cases with consideration of prevalence, signs and prognosis. JAVMA, 180: 261-265.

Delaney, V. y Bourke, E. (1990) Interrelación entre cardiopatía y nefropatía. En: Manual del corazón. Schlant, R.C. y Hurst, J.W. Interamericana McGraw-Hill, México, D.F. pp 292-296.

Deshpande, K.S.; Krishnamurthy, D.; Peshin, P.K.; Kuldeep Singh and Nigam, J.M. (1984) Diaphragmatic hernia in bovines: III biochemical and electrocardiographic studies. Indian vet. J. 61: 121-125.

De Groot, TH. (1960) The influence of the magnesium content of the blood-serum on the electrocardiogram in milk cows. British Vet. J. 116: 225-236.

De Roth, L. (1972) Correlation de la fibrillation auriculaire par la quinidine, chez une vache Holstein. Can. Vet. J. 13: 184-187.

De Roth, L. (1980) Electrocardiographic parameters in the normal lactating Holstein cow. Can. Vet. J. 21: 271-277.

Dota, B. e Balbo, T. (1968) Contributo all'elettrocardiografia nei bovini: rafferonto comparativo tra il metodo tradizionale di derivazione dagli arti ed il metodo proposto da bubois. Annali Fac. Med. Vet. Torino, 18: 43-79.

Dufva, G.S., Bartley, E.E., Nagaraj, T.G., Dayton, A.D. and Frey, R.A. (1984) Effect of dietary niacin supplementation on serum constituents of periparturient dairy cattle. Am. J. vet. Res. 45: 1838-1841.

Einthoven, W; Fahr, G and Waart, A. de. (1950) On the direction and manifest size of the variations of potential in the human heart and on the influence of the position of the heart on the form of the electrocardiogram. Am. Heart J. 40:163-211.

García, E. (1984) Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la UNAM, México.

Ghargariu, S. et Danielelesco, N. (1976) Considérations sur l'apport de l'électrocardiographie en clinique bovine. 9e Congrès International sur les maladies du Bétail, Paris, Rapports & Resumes. Tome 2: 537-542.

- Ghergariu, S.; Moldovan, A. and Danielesco, N. (1970) L'electrocardiographie chez les bovins sains et en divers etats de maladie. Zentralbl. vet. Reihe A. 17: 589-612.
- Ghoshal, N.G. (1985) Arterias y corazón de los ruminantes. Parte I: Vacuno. En: Anatomía de los animales domésticos. Sisson, S y Grossman, J.D. Salvat, Barcelona, España. pp 1064-1066.
- Gill, J.L. (1978) Design and analysis of experiment in the animal and medical sciences. Iowa State Univ. Press, USA. pp 33-47.
- Glazier, D.B. (1978) Electrocardiographic changes in hyperkalaemia, hypercalcaemia and hypocalcaemia in dogs, horses and cattle. Irish J. Med. Sci. 147: 82-86.
- Goldberg, E. (1977) Mechanical factors and the electrocardiogram. Am. Heart J. 93: 629-644.
- Goldschlager, N. y Goldman, M.J. (1991) Principios de electrocardiografía clínica. Manual Moderno. México, D.F. pp 1-28.
- Gregory, N.G. and Wotton, S.B. (1981) Studies on the sympathetic nervous system: T wave vectocardiogram in cattle. Res. Vet. Sci. 30: 75-78.
- Gullickson, T.W. and Calverley, Ch.E. (1946) Cardiac Failure in cattle on vitamin E-free rations as revealed by electrocardiograms. Science, 104: 312-313.
- Hamlin, R.L. and Smith, C.R. (1960) Anatomical and Physiological basis for interpretation of the electrocardiogram. Am. J. Vet. Res. 21:701-708.
- Hamlin, R.L. and Smith, C.R. (1965) Categorization of common domestic mammals based upon their ventricular activation process. Ann. N.Y. Acad. Sci. 127: 195-203.
- Hamlin, R.C. y Smith, C.R. (1981) Electrofisiología del corazón. En: Fisiología de los animales domésticos. Dukes, H.H. y Swenson, M.J. Aguilar, México, D.F. pp 142-169.
- Hapke, H.J.; Budden, R. and Konnermann, H. (1982) Herz - und Kreislauf wir kungen von kalzium infusionen bei weider käuern. Dtsch. Tierarztl. Wschr. 75: 2-7
- Harris, D.J., Jambell, R.G. and Oliver, J. (1983) Factors predisposing dairy and beef cows to grass tetany. Aust. vet. J. 60: 230-234.
- Hibbit, K.G. (1979) Bovine ketosis and its prevention. Vet. Rec. 105: 13-15.
- Holmes. J.R. (1957) A case of myocardial fibrosis in a cow with accompanying arrhythmia. Vet. Rec. 69:968-971.

- Holmes, J.R. (1970) A method of vectocardiogram: Loop portrayal. Equine Vet. J. 2: 27-34.
- Holmes, J.R. and Else, R.W. (1972) Further studies on a new lead for equine electrocardiography. Equine Vet. J. 4: 81-87.
- Horvat, Z. and Szekeres, T. (1980) Abnormal electrocardiograms in leucotic cattle. Acta Vet. Acad. Sci. Hungaricae 28: 109-119.
- Jones, Ch. L. (1987) Electrocardiografía. En: Manual de cardiología de los pequeños animales. Tilley, L.P. and Owens, J.M. Salvat, Barcelona, España. pp 51-82.
- Kirti, D; Nauriyal, D.C; Randhawa, S.S. and Singh, K.B. (1988) Electrocardiogram of hypomanesemic buffalo calves. Indian J. Dairy Sci. 41: 43-47.
- Lacuata A.Q.; Yamada, H.; Nakamura, Y. and Hirose, T. (1980) Electrocardiographic and echocardiographic findings in four cases of bovine endocarditis. JAVMA 176: 1355-1365.
- Lank, R.B. and Kingrey, B.W. (1959) Electrocardiograms of normal, lactating dairy cows. Am. J. Vet. Res. 20: 273-277.
- Lautenschlager, O. (1928) Grundlagen der Aufnahmetechnik des Elektrokardiogrammes von Pferd und Rind und ihre Ergebnisse. Diss. Gießen pp 1-32
- Levy, M. and De Roth, L. (1983) Atrial fibrillation in cattle. Agricultural Pract. 4: 25-33.
- Lightowler-Sahlberg, C.H. (1970) El electrocardiograma bovino. Rev. Med. Vet. Buenos Aires. 51: 197-210.
- Littledike, E.; Glazier, D. and Cook, H. (1976) Electrocardiograph changes after induced hypercalcaemia and hypocalcaemia in cattle: reversal of the induced arrhythmia with atropine. Am. J. Vet. Res. 37: 383-387.
- López, Z.J.M. (1983) Manual de principios básicos de la electrocardiografía en caballos. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México, D.F. 1983. pp 11-17.
- Macklis, R.M.; Mendelsohn, M.E. y Mudge, G.H. (1985) Manual de introducción a la medicina clínica. Ed. Interamericana, México, D.F. pp 97-110.
- Martínez, P.R.; Urquieta, M.B.; Rojas, C.J. y Sumar, K.J. (1988) Estudio electrocardiográfico comparativo en camélidos sudamericanos en la región altoandina y a nivel del mar. Avances Ciencias Vet. 3: 92-97.
- Mullen, P.A. (1977) Milk fever: influence of treatment before the clinicinas visit. Vet. Rec. 101: 366-367.

Nörr, J. (1921) Elektrokardiogrammstudien am Rind. Ztsch. Biol. 73: 129-140.

Nörr, J. (1922) Über Herzstromkurvenaufnahmen an Haustieren Zur Einführung der Elektrokardiographie in der Veterinärmedizin. Arch. Wissch. Prakt. Tierheilk 48: 85-111.

Platner, W.S.; Kibler, H.H. and Brody S. (1948) Growth and Development. Electrocardiograms of mules, horses, cattle, sheep, swine and goats. Missouri Agric. Exp. Stat. Res. Bull. no.419: 3-12.

Payne, J.M. (1964) The response of cows to experimentally induced hypocalcaemia. II.-Chronic experimental hypocalcaemia Vet. Rec. 76: 77-81.

Ramakrishna, O.; Nigam, M. and Krishnamurthy, D. (1980) Electrocardiographic studies in experimentally induced traumatic pericarditis in bovines. Indian vet. J. 57: 411-415.

Reynolds, T.B.; Martin, H.E.; Homann, R.E. (1988) Serum eletrolytes and the electrocardiogram. Am. Heart J. 42: 671-681.

Roger, A.M. (1979) Hypomagnesaemia and its clinical syndromes in cattle: a review. Ir. vet. J. 33: 115-124.

Rogers, G., Porter, R. Jolley, L.C. and Jeaver, D.D. (1977) Management factors and grass tetany in daity cattle. Aust. vet. J. 53: 523-528.

Sanson, B.F., Manston, R. and Vagg, M.J. (1983) Magnesium and milk fever. Vet. Rec. 112: 447-449.

Sawasaki, H. and Hirose, H. (1984) Comparative electrocardiographical studies on the conduction time of heart in vertebrates. Japanese J. Vet. Sci. 36: 421-426.

Schafer, M and Neubert, C. (1977) Untersuchungen zum EKG frischlaktierender Kuhe. Arch. exper. Vet. med. 31: 581-589.

Schröter, J. und Seidel, M. (1976) Ein Beitrag zur beziehung zwischen elektrischer und hypokalzämie des rindes. Arch. Exp. Vet. Med. 30: 397-402.

Sellers, A.F.; Hemingway, D.A.; Simonson, E. and Petersen, W.E. (1958) Unipolar and bipolar electrocardiographic studies in dairy cattle. Am. J. Vet. Res. 20: 620-624.

Sobti, V.K., Rama Kumar, V. and Kohli, R.N. (1982) Certain salivary and cardiovascular effects of experimental hyperkalemia in buffalo calves. Indian J. Exp. Biol. 20: 308-311.

Sobti, V.K., Jalaludin, A.M. and Chandrasakhi, G.A. (1986) Effect of total nephrectomy on the Electrocardiogram in calves, Indian J. Animal Sci. 56: 907-915.

Sobti, V.K.; Jalaludin, A.M.; Rama Kumar, V. and Kohli, R.N. (1986) Electrocardiographic Changes following experimental rupture of urinary bladder in calves. Indian J. Vet. Surg. 7:36-41.

Sobti, V.K.; Rama Kumar, V. and Kholi, R.N. (1982) Evaluation of spatial cardiac vectors in healthy buffaloes (*Bubalus bubalis*) with orthogonal lead system. Indian J. Exp. Biol. 20: 163-165.

Sodi Pallares, D.; Medrano, G.A.; Bisteni, A. y Ponce de León, J.J. (1989) Electrocardiografía clínica. Francisco Méndez Hernández, México, D.F. pp 1-57.

Spörri, H. (1953) Die ersten Fälle von song. Woolff-Parkinson-White Syndrom, einer eigenartigen Herzanomalie, bei Tieren Schweizer. Arch. Tierheilk. 95: 13-22.

Spörri, H. (1941) Veränderungen der Systolendauer im Elektrokardiogram von Rind und Meerschweinchen. Arch. Wissensch. Prakt. Tierheilk. 76: 236-247.

Spörri, H. und Raggenbass, A.M. (1940) Der einfluss der calcium therapie der gebärparesse auf das elektrokardiogramm. Schweiz. Arch. Tierheilk. 82: 325-328.

Spörri, H. und Volkert, J. (1957) Untersuchungen über den calciumgehalt des elektrokardiogram bei der gebärparesse des rindes. Berl. Munch. Tierarztl. Wschr. 70: 261-266.

Sykes, J.F. and Alfredson, B.V. (1940) Studies on the bovine electrocardiogram. I. Electrocardiographic changes in calves on low potassium rations. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 43: 547-579.

Takemura, N., Fuji, T., Koyama, H., Sako, T., Suzuki, K., Uchino, T. and Motoyoshi, S. (1989) Pharmacokinetics of quinidine sulfate in dairy cattle. Jpn. J. Vet. Sci. 51: 515-520.

Too, K.; Nakamura, R. and Hirao, K. (1958) Studies on applications of the electrocardiogram in cattle. Jpn. J. Vet. Res. 6: 230-245.

Tilley, L.P. (1985) General principles. En: Essentials of canine and feline electrocardiography. Lea & Febiger, Philadelphia. pp 19-38.

Uchino, T., Koyama, H., Washizu, M., Washizu, T., Yamamoto, T., Kobayashi, K. and Motoyoshi, S. (1987) Atrial fibrillation in the cow, pig, dog, and cat. Heart Vessels Suppl. 25: 7-13.

Upadhyay, R.C. and Rao, M.V.N. (1986) Electrocardiography in buffaloes-P wave abnormalities. Indian vet. J. 63: 191-196.

Upadhyay, R.C.; Sud, S.C.; Joshi, H.C. and Bahga, H.S. (1976) Electrocardiographic studies in Jersey Cattle. Indian Vet. J. 53: 953-961.

Upadhyay, R.C. and Sud, S.C. (1978) Ventricular repolarization (T) wave in ruminants. Indian J. Dairy Sci. 31: 237-244.

Upadhyay, R.C. and Sud, S.C. (1982) Electrocardiogram of buffaloes. Indian J. Dairy Sci. 35: 8-12.

Van Arsdell, W.C.; Krueger, H. and Bogart, R. (1959) Interpretation of electrocardiograms in beef cattle. Oregon State College Agric. Exp. Stat. Tech. Bull. 51:1-64.

Wartak, J. (1982) Interpretación de electrocardiogramas. Interamericana Mc Graw-Hill, México, D.F. pp 1-19.

Watts, C. and Campbell, J.R. (1970) Biochemical changes following bilateral nephrectomy in bovines. Res. Vet. Science 11: 508-511.

Winters, Jr. W.L. and Cortes, F.M. (1970) Pericardial disease. En: Cardiac and vascular disease, vol. II. (eds) Conn, Jr H.L. and Horwitz, O. Lea and Febiger, Philadelphia. pp 37-51.