

ESTUDIO ELECTROCARDIOGRAFICO COMPARATIVO EN CAMELIDOS SUDAMERICANOS EN LA REGION ALTOANDINA Y A NIVEL DEL MAR

Ramón Martínez P. (MV), Bessie Urquieta M. (QF), José Rojas C.,
Julio Sumar K. (MV)

ELECTROCARDIOGRAPHIC COMPARATIVE STUDY IN SOUTH AMERICAN CAMELIDS LIVING AT HIGH AND LOW ALTITUDE ENVIRONMENTS

Electrocardiographic inscriptions in South American camelids (alpaca, llama, vicuña and guanaco) were taken using a portable equipment (Alvar-Cardiolite) in 34 specimens living at 4,400 m altitude in Parinacota Province, I Region and 18 specimens living for at least two years at 170 m altitude in Viña del Mar, V Region of Chile. General health of each appeared satisfactory and the state of physical fitness was considered to be average.

Only in the electrocardiographic patterns analysis showed a longer electric ventricular systole ($Q-T_c$ interval) and decreased heart rate in high altitude conditions being both statistically different than at sea level. No other evident differences were observed. It is concluded that the electrocardiographic picture of the cardiac activity in South American camelids appears as a genetically fixed physiological pattern, showing no major changes although cardiac anatomic adaptations to different altitude have been demonstrated previously by others.

Los camélidos sudamericanos han mostrado una adecuada adaptación tanto a las disponibilidades alimentarias (San Martín y Bryant, 1987) como a la condición de hipoxia de la región altoandina (Hochachka y col., 1982).

En Chile, a excepción del guanaco (*Lama guanicoe*), la llama (*Lama glama*), alpaca (*Lama pacos*) y vicuña (*Vicugna vicugna*) se concentran de preferencia en el territorio altoandino de la I Región del país.

Desde el punto de vista fisiológico general y cardiológico en particular, interesó estudiar las características electrocardiográficas de estos camélidos en su hábitat nativo (sobre 3.500 m.s.n.m.), habiéndose descrito en ellos un mayor grosor de la

pared ventricular derecha (Cueva y Vallenias, 1968; Cueva y Sillau, 1972; Harris y col., 1982), bajo un análisis comparativo con los registros obtenidos en las mismas especies nacidas y/o mantenidas a nivel del mar (170 m.s.n.m.) por un tiempo superior a 2 años, a fin de conocer si este mecanismo adaptativo a la condición de altura induce, modificaciones en su expresión eléctrica cuando mejoran las condiciones de oxigenación y presión ambientales.

MATERIAL Y METODOS

Se practicó examen electrocardiográfico con equipo portátil Alvar-Cardiolite, monocanal, en 52 camélidos de ambos sexos, entre 1 y 5 años de edad. Del total, 34 eran nativos de la altiplanicie andina de la I Región de Chile (4.400 m.s.n.m.), y 18 radicados desde su nacimiento o 6 meses de edad, por un tiempo no inferior a los 2 años, a nivel del mar, en la V Región del país.

El grupo altoandino estuvo integrado por 15 vicuñas, 9 alpacas, 9 llamas y 1 guanaco; el grupo a nivel del mar, por 10 alpacas, 4 llamas, 2 guanacos y 2 vicuñas.

El registro electrocardiográfico se practicó en animales conscientes, en posición decúbito-ventral y montados por un ayudante para su mejor sujeción.

Departamento de Ciencias Biológicas Animales.
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.
Universidad de Chile.
Casilla 2, Correo 15.
Santiago, Chile.

Trabajo financiado por Proyectos:
FONDECYT 1029/86
FAO/OIEA CHI/5/013
Con colaboración de CONAF (Corporación Nacional Forestal de Chile) I y V Región.

Se utilizó electrodos conectados a agujas hipodérmicas 21G \times 1½" que atravesaban pliegues de piel sobre las articulaciones escapulo-humerales y ambos tercios inferiores de los flancos. Las derivaciones consideradas fueron D₁-D₂-D₃ y aVR-aVF, en la secuencia señalada. No fue posible practicar registro de precordiales. El registro se inició cuando el animal mostró una frecuencia cardíaca estabilizada, lo que ocurrió aproximadamente después de 10 minutos de sujeción.

El equipo se estandarizó a 1 cm por mV., y, con una velocidad de registro de 25 mm/seg, cada milímetro significó 0,04". En los trazados se analizó la naturaleza del ritmo, frecuencia cardíaca por minuto, tiempo de activación aurículo-ventricular [P-Q(R)], eje promedio de activación auricular (ÁP), eje promedio de activación ventricular (AQRS) para el plano horizontal con vista dorso-ventral, eje promedio de repolarización ventricular (AT) y duración del sístole eléctrico ventricular corregido (Q-T_c), por la fórmula de Bazett (Besoain, 1959).

Los valores obtenidos de estas mediciones en los registros electrocardiográficos de los dos grupos experimentales fueron sometidos a la prueba de "t" de Student para establecer el grado de significación estadística en las diferencias encontradas.

RESULTADOS Y DISCUSION

La naturaleza del ritmo en la totalidad de los registros electrocardiográficos, incluyendo ambas condiciones experimentales, resultó ser de tipo sinusal, es decir, todos los complejos de activación ventricular, fueron precedidos por la onda P de activación auricular.

En el cuadro I aparecen los promedios y desviaciones estándar para frecuencia cardíaca por minu-

to, duración del intervalo P-Q(R), tiempo de activación ventricular (QRS) y duración del sístole eléctrico ventricular corregido (Q-T_c).

Como se puede apreciar en el cuadro I, la única diferencia estadísticamente significativa estuvo en relación con la frecuencia cardíaca, menor para el grupo de alpacas de condición altiplánica; situación similar ha sido descrita para individuos humanos, nativos de regiones altoandinas del Perú (Monge y Salinas, 1966). Este resultado no aparece coincidente con lo observado en llamas por Harris y col. (1982), ya que la frecuencia cardíaca fue mayor, aunque no significativamente, en aquéllas viviendo en altiplanicie.

Cabe destacar que el grupo de alpacas en condición de altura, junto a una significativa disminución de la frecuencia cardíaca, incrementó la duración del sístole eléctrico ventricular; en menor grado, pero con igual tendencia, el fenómeno fue observado para las otras especies de camélidos (figura 1).

El incremento del tiempo de duración del sístole eléctrico ventricular observado en alpacas refleja que la hipoxia de altura establece una alteración metabólica que retarda el proceso de repolarización y no la velocidad de activación ventricular, toda vez que no se observó diferencias en la duración del QRS entre las dos condiciones experimentales, indicando que este proceso requiere más bien de la integridad anatómica y funcional del sistema específico de conducción (Besoain, 1959).

Conclusiones definitivas sobre las posibles modificaciones inducidas por la hipoxia de altura, sólo será posible cuando se cuente con un número mayor de registros electrocardiográficos, sobre todo de los camélidos silvestres, guanacos y vicuñas a baja altitud, y guanacos altiplánicos, de los cuales no fue

CUADRO I
CARACTERISTICAS ELECTROCARDIOGRAFICAS EN CAMELIDOS SUDAMERICANOS

Especie	n	V Región Viña del Mar Parque Fauna				I Región Altiplano chileno Parque Nacional del Lauca				Nivel de signifi- cancia
		FC/min	Duración en segundos			FC/min	Duración en segundos			
			P-Q(R)	QRS	Q-T _c		P-Q(R)	QRS	Q-T _c	
Alpaca	10	\bar{X} 102,60** DE 9,83	0,150 0,010	0,058 0,006	0,358* 0,032	9 \bar{X} 82,0** DE 17,56	0,153 0,033	0,067 0,009	0,384* 0,049	* p<0,02 **p<0,01
Llama	4	\bar{X} 71,00 DE 29,30	0,140 0,050	0,055 0,010	0,347 0,030	9 \bar{X} 72,88 DE 14,90	0,188 0,030	0,067 0,013	0,371 0,036	
Guanaco	2	\bar{X} 62,50 DE 4,94	0,150 0,010	0,060 0,000	0,330 0,000	1 \bar{X} 103,00	0,160	0,060	0,400	
Vicuña	2	\bar{X} 107,50 DE 45,90	0,125 0,000	0,065 0,000	0,310 0,010	15 \bar{X} 70,66 DE 11,08	0,150 0,010	0,052 0,009	0,325 0,022	

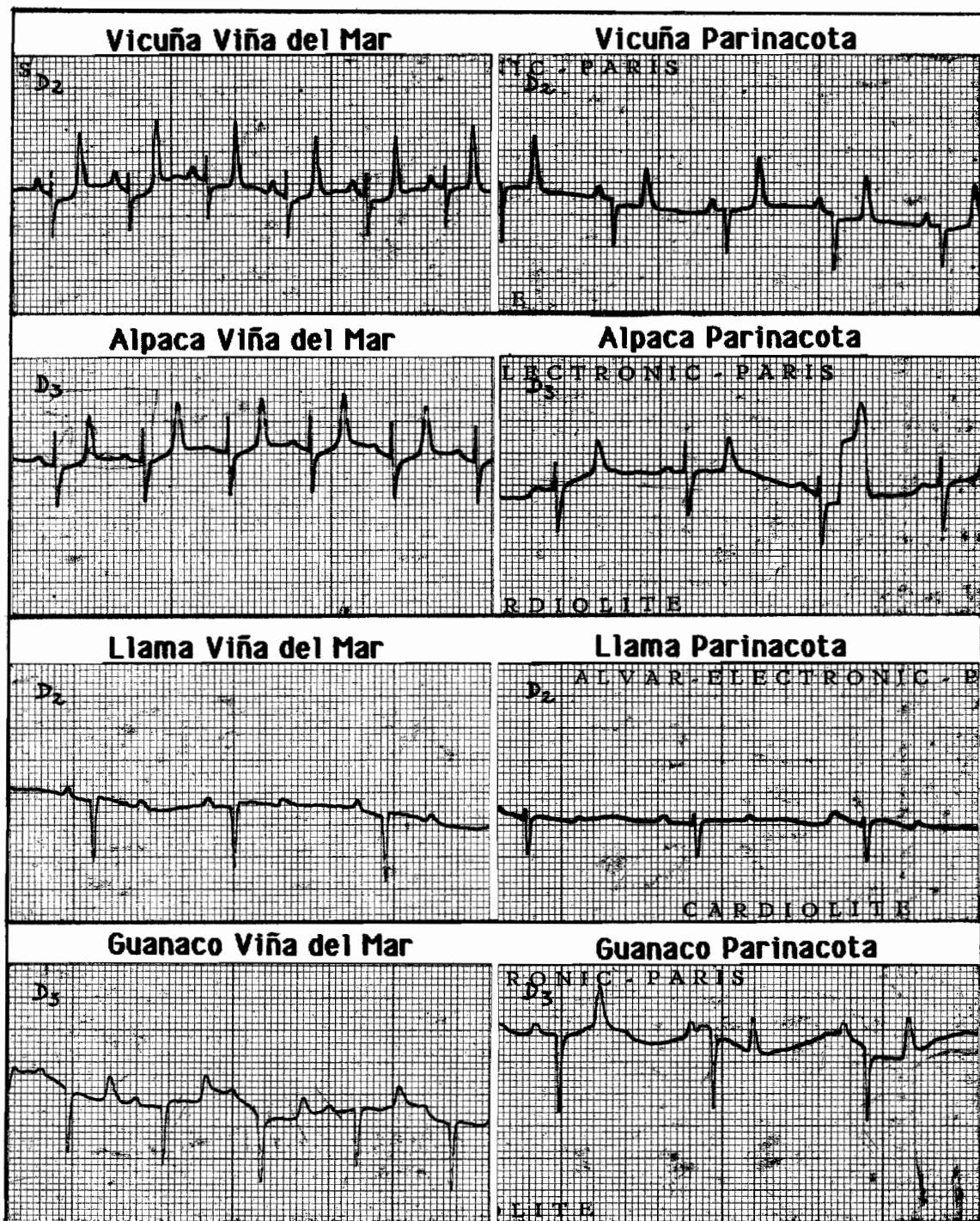


Figura 1. Registros electrocardiográficos de camélidos sudamericanos a diferente altitud.

posible constituir grupos experimentales adecuados para hacer comparaciones válidas.

En la figura 2 se presenta la distribución de los ejes vectoriales promedio de activación auricular y ventricular, asimismo de la repolarización ventricu-

lar de todos los ejemplares, para las dos condiciones experimentales. Se puede apreciar respecto a la dirección y sentido de los vectores promedio de activación auricular (ÁP) que en ambos grupos la totalidad de los ejemplares presentaron una direc-

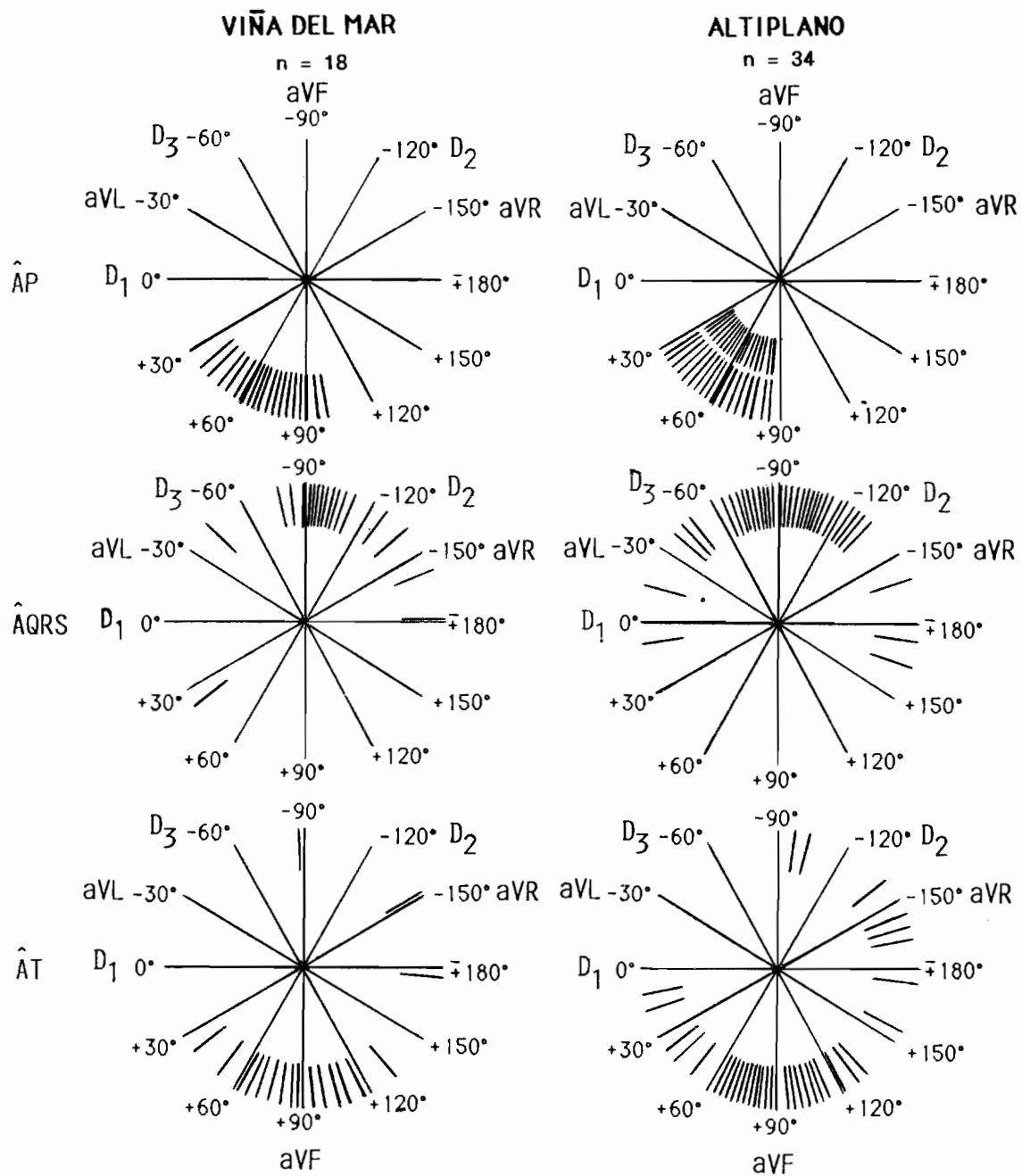


Figura 2. Distribución de los vectores promedio de activación auricular ($\hat{A}P$), activación ventricular ($\hat{A}QRS$) y repolarización ventricular ($\hat{A}T$) en los ejes de las derivaciones electrocardiográficas de registros en camélidos sudamericanos a diferente altitud.

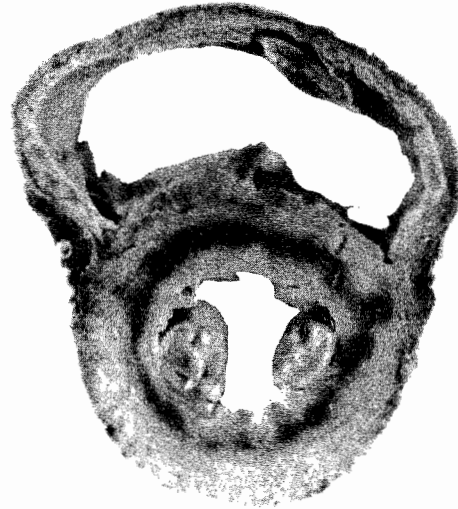
ción céfalo-caudal para el plano de exploración horizontal con vista dorso-ventral, lo que, por la estrecha dispersión (entre $+31^\circ$ y $+90^\circ$) y la altísima sensibilidad de la onda P para reflejar sobrecargas por reflujo o estenosis, confirma que no se abordaron ejemplares con anomalías atrio-ventriculares (Morris y col., 1964).

En relación al eje promedio de activación ventricular ($\hat{A}QRS$), hubo un claro predominio de vectores dirigidos cefálicamente en ambas condiciones experimentales, especialmente en el grupo de baja altitud (94,44%). La dirección caudal, aunque escasa, fue mayor en los altioplánicos (17,64%).

Esta representación vectorial del promedio de



Vicuña Parinacota



Vicuña Viña del Mar

Figura 3. Conformación ventricular de vicuñas a diferente altitud (estudio necróptico complementario).

activación ventricular, dirigida predominantemente en sentido cefálico, guarda estrecha relación con la confirmada sobrecarga ventricular derecha e hipertrofia adaptativa a la condición de hipertensión pulmonar por la hipoxia de altura (Hulgren y Miller, 1965; Harris y Hansen, 1966; Harris y col., 1982); sin embargo, el hecho de que persista en esa predominante posición en la condición de baja altitud, abre una clara interrogante sobre su origen y significado en camélidos, toda vez que se trata de corazones con una delgada pared libre ventricular derecha, reducida al 50% con respecto a un corazón altiplánico, como se muestra en la figura 3 en corazones de un estudio necróptico complementario. Es altamente probable que, al igual que en otras especies (equinos y bovinos), el eje promedio de activación ventricular esté determinado fundamentalmente por la abundancia y distribución de la red de Purkinje, y no por una preponderancia ventricular determinada (Hamlin y Smith, 1960). El resultado de este análisis avala la hipótesis de que se trate de una característica anátomo-funcional fija, con implicancia genética para todos los camélidos.

La representación vectorial del proceso de repolarización ventricular demostró ausencia de influencias significativas atribuibles a la pO_2 ambiental, puesto que su distribución, en ambos grupos experimentales, resultó homologable y predominantemente positiva o céfalo-caudal. No hubo dife-

rencias por especie hasta donde fue posible establecer comparaciones válidas.

RESUMEN

Se practicó registros electrocardiográficos de derivaciones bipolares y unipolares aumentadas, con equipo portátil a camélidos sudamericanos agrupados en dos condiciones experimentales: un grupo integrado por 34 ejemplares, ubicados en la región altoandina de la I Región de Chile, entre los que se incluían alpacas, llamas, vicuñas y guanacos, y otro integrado por 18 individuos, de las mismas especies, viviendo a nivel del mar de la V Región del País, por 2 años a lo menos.

El análisis de los resultados demostró ausencia de modificaciones electrocardiográficas inducidas por la condición de altura, salvo respecto a frecuencia cardíaca —menor en los altiplánicos—, y en las mismas, una mayor y significativa duración del sístole eléctrico ventricular ($Q-T_c$).

De acuerdo con los resultados obtenidos con esta metodología se sugiere que en los camélidos sudamericanos la expresión electrocardiográfica de la actividad cardíaca podría constituir un patrón fisiológico de elevada fijación genética, no modificable significativamente con los comprobados cambios anatómicos cardíacos por efecto de diferencias de altura.

REFERENCIAS

- BESOAIN, M. Electrocardiografía elemental. Santiago, A. Bello, 1959, p. 98.
- CUEVA, S.; A. VALLENAS. Relación peso ventrículo derecho-peso de masa ventricular total en algunas especies de animales domésticos de nivel del mar y la altura. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria (Lima) 22: 135-145, 1968.
- CUEVA, S.; H. SILLAU. Peso relativo del ventrículo derecho de alpacas y llamas en la altura y a nivel del mar. Rev. Inv. Pec. 1: 145-149, 1972.
- HAMLIN, R.L.; R.C. SMITH. Anatomical and physiologic basis for interpretation electrocardiogram. Am. J. Vet. Res. 21: 701-708, 1960.
- HARRIS, C.W.; J.E. HANSEN. Electrocardiographic changes during exposure to high altitude. Am. J. Cardiol. 18: 183-189, 1966.
- HARRIS, P.; D. HEATH, P. SMITH, D.R. WILLIAMS, A. RAMÍREZ, H. KRÜGER, D.M. JONES. Pulmonary circulation of the llama at high and low altitudes. Thorax 37: 38-45, 1982.
- HOCHACHKA, P.; C. STANLEY, J. MERKT, J. SUMAR. Metabolic meaning of elevated levels of oxidative enzymes in high altitude adapted animals: An interpretative hypothesis. Resp. Physiol. 52: 303-313, 1982.
- HULTGREEN, H.N.; H. MILLER. Right ventricular hypertrophy at high altitude. Ann. N.Y. Acad. Sci. 127: 627-631, 1965.
- MONGE, C.C.; B.E. SALINAS. El mal de montaña crónico y la salud de la población andina. Instituto Andino de Estudios en Población y Desarrollo (INANDEP). Lima, 1986. Cuaderno de Investigación N° 5, 16 p.
- MORRIS, J.J.; H.E. ESTES, R.E. WHALEM, H.K. THOMPSON, H.D. McINTOSH. P-wave analysis in valvular heart diseases. Circulation 29: 242-246, 1964.
- SAN MARTÍN, F.; C. BRYANT. Nutrición de los camélidos sudamericanos: Estado de nuestro conocimiento. Monografía de la Facultad de Medicina Veterinaria. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1987, pp. 1-67.

Recibido en noviembre de 1988, aprobado en diciembre de 1988.