

# Constantes bio-fisicoquímicas del líquido sinovial de bovinos.

## Conductividad eléctrica en función de la temperatura.

NOIA, M<sup>1</sup>., CARROZZA, J<sup>2</sup>. FRÍGOLI, A<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Profesor Titular de la Cátedra de Introducción a la Biofísica de la Facultad de Cs. Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata y Profesor Asociado a cargo de la Cátedra de Física Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias – UNLPam

<sup>2</sup>Ex-Profesor Asociado a cargo de la Cátedra de Química Inorgánica y Orgánica de la Facultad de Cs. Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa y Ex-Profesor Titular de las cátedras de Introducción a la Biofísica y de Física y Química Aplicadas de la Facultad de Ciencias Veterinarias - UNLP.

<sup>3</sup>Jefe de Trabajos Prácticos y Profesor Adjunto ad-honorem de las cátedras de Introducción a la Biofísica y de Física y Química Aplicadas de la Facultad de Ciencias Veterinarias - UNLP.

[mignoia@yahoo.com.ar](mailto:mignoia@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

En el presente trabajo se ha estudiado la conductividad eléctrica (conductividad específica) del líquido sinovial de bovinos, clínicamente sanos, a temperaturas comprendidas entre 20,0 °C y los 40,0 °C  $\pm$  0,1 °C, efectuándose a intervalos de 5 °C. Se ha encontrado una fuerte dependencia lineal entre la conductividad eléctrica y la temperatura, cuya pendiente vale  $2,0 \cdot 10^{-4}$ . Por interpolación gráfica se ha determinado el valor de la conductividad eléctrica a la temperatura media de esta especie animal (38,5 °C) que resulta ser:  $K \cdot 10^2 = 1,66 \pm 0,02 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ , donde k es la conductividad eléctrica. La energía de activación,  $E_a$ , del proceso estudiado, se obtiene mediante la representación gráfica del log. k en función de la inversa de la temperatura absoluta, de acuerdo con lo que establece la ecuación de Arrhenius. El valor obtenido para  $E_a$  es:  $2,4 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

*Palabras claves:* Fluido Sinovial; Conductividad Eléctrica

### SUMMARY

In the present work, the electrical conductivity (conductivity specifies) of the synovial fluid of healthy bovines, to temperatures between 20 °C and 40 °C +/- 0,1 °C, taking place intervals of 5 °C, has been an strong linear dependency, between the electrical conductivity and the temperature which pending bond.

The value of the specific conductivity at average temperature, from graphical interpolation of this animal (38,5 °C is:  $K \cdot 10^2 = 1,66 \pm 0,02 \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , where K is electrical conductivity).

The energy of activation  $E_a$ , of the studied proces is obtained by means of the graphical representation of Log K in function of the inverse one of the absolute temperature, according to which it establishes the equation of Arrhenius.

The obtained value for  $E_a$  is  $2,4 \pm 0,2 \text{ Kcal Mol}^{-1}$ .

*Key words:* Synovial Fluid- Electrical Conductivity.

## INTRODUCCIÓN

Distintos autores (Davidoff y Sautier, 1952. Citado por De Vega, 1969; Sunderman, 1945) han demostrado que existe una estrecha relación entre la conductividad eléctrica o conductividad específica del plasma sanguíneo, tanto humano como de algunas especies de animales domésticos, y su correspondiente ionoproteinograma. (Carroza et al., 2000).

El objeto de este trabajo es determinar si el líquido sinovial, que como indicáramos en nuestro trabajo anterior (1.s.), cumple dicha relación y de ser así, establecer la interrelación existente entre los distintos parámetros involucrados. Se trata además de determinar cuáles son los valores medios de la conductividad eléctrica de esta especie animal. Los datos existentes en la literatura a nuestro alcance, son escasos o prácticamente nulos, razón por la cual nos vimos incentivados a abordar el estudio de este parámetro fisicoquímico de la forma más completa posible. Por lo expuesto, trataremos de buscar la correlación existente entre conductividad específica y proteinograma y realizar en base a los datos obtenidos, la comparación con los valores medios conocidos para los líquidos sinoviales de distintas especies animales, como también con los correspondientes a otros líquidos biológicos de la misma especie animal y con los conocidos para el hombre.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Obtención de la muestra*

El líquido sinovial se obtuvo de la articulación de la babilla (fémoro-tibio-rotuliana) la cual fue abordada por la parte medial externa, a tres centímetros del borde de la rótula. En promedio se extrajeron entre cinco y siete  $\text{cm}^3$  (5 y 7  $\text{cm}^3$ ) por cada animal, empleándose para tal fin agujas 50/12 y jeringas de veinte  $\text{cm}^3$  (20 $\text{cm}^3$ ). El líquido obtenido era de aspecto claro y sumamente viscoso, el cual era colocado en tubos de ensayo con tapa de baquelita a rosca, evitándose en lo posible el contacto con el aire. Todos los animales estudiados eran clínicamente sanos y la toma de muestra se realizó inmediatamente después de ser sacrificados. A continuación, todas las muestras fueron refrigeradas a dieciocho grados centígrados bajo cero (-18,0 °C), temperatura esta que fue mantenida durante su transporte. En el laboratorio una vez alcanzada la temperatura ambiente, se procedió a su filtración a través de papel de filtro N° 0859 de la casa Schleicher y Schüll y posterior centrifugación a 4.000 r.p.m. durante media hora.. Todas las determinaciones experimentales se efectuaron empleando un puente y una celda de conductividad marca Philips, modelo PW 9501/01, empleándose la misma técnica que la utilizada en anteriores trabajos (Carroza et al., 1977). La constante de la celda de conductividad se determinó de la forma clásica, con soluciones de cloruro de potasio (Harned y Owen, 1950), siendo su valor medio de  $0,725 \text{ cm}^{-1}$  a 20,0 °C. A fin de poder calcular la energía de activación de este proceso, todas las determinaciones se efectuaron a temperaturas constantes y a intervalos de 5,0 °C entre los límites de 20,0 °C y 45,0 °C.

La constancia térmica se consiguió con un termostato marca Lauda, modelo NB 08/17 provisto de bomba aspirante-impelente. En todos los casos los valores de temperatura se pueden indicar con la precisión de la décima de grado. Todas las medidas se efectuaron por duplicado una vez alcanzada la constancia térmica y a dos frecuencias distintas: 200 y 2.000 cps, que son los valores con que permite trabajar el equipo anteriormente mencionado. En total se realizaron trescientas determinaciones, los datos obtenidos figuran en la Tabla I y su dependencia con la temperatura puede verse en la Figura 1.

En la Tabla II se presentan los resultados obtenidos de conductividad eléctrica de líquido sinovial para cada condición ensayada y su correspondiente desviación estándar. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada temperatura

encontrándose diferencias significativas entre ellas para un grado de significación de 0,05.

### *Análisis de los resultados*

Los valores obtenidos para la conductividad eléctrica o conductividad específica del l.s., muestran dentro del rango de temperatura estudiado y dentro de los límites del error experimental, una fuerte dependencia lineal con la temperatura ( $R^2 = 0,99$ ). Los valores extremos son: para 20,0 °C de  $1,28 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \pm 0,03 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  y para 45,0 °C vale  $1,79 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \pm 0,04 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . El valor a 38,5 °C, temperatura media de esta especie animal, obtenido por interpolación de los resultados obtenidos, resulta ser:  $k = 1,66 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

De acuerdo a lo que se observa en la Figura 1 la conductividad eléctrica se incrementa en un 0,8 % por cada grado que aumenta la temperatura. Para calcular la Energía de Activación se aplica la ecuación de Arrhenius para el cálculo de dicha energía, es decir el log. de la conductividad eléctrica en función de la inversa de la temperatura absoluta.

Los datos representados se encuentran en la Tabla III y se representan en la Figura 2. De aquí surge que la dependencia resulta ser nuevamente lineal, de pendiente negativa, cuyo valor es de - 0,522. Con este valor se puede usar la ecuación de Arrhenius, para la obtención de la Conductividad Específica (Glasstone, S.; Lewis, D. 1980, Moelwyn-Hughes, E.A., 1987)

$$k = A \cdot e^{-E_a / RT} \quad (1)$$

donde: k es la conductividad específica en  $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; el factor pre-exponencial A es una constante que se puede calcular gráficamente; e es la base de los logaritmos naturales;  $E_a$  es la energía de activación en  $\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ , T la temperatura absoluta en grados kelvin y R es la constante universal de los gases cuyo valor es  $1,987 \text{ cal} \cdot \text{°K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Aplicando logaritmos naturales a ambos miembros de la ecuación (1) se tiene:

$$\ln k = \ln A - E_a / RT \quad (2)$$

y efectuando el cambio de base, tenemos:

$$\log k = \log A - \frac{E_a}{2,303 R T} \quad (3)$$

esta última expresión corresponde a la ecuación de una recta que no pasa por el origen del sistema de coordenadas y cuya pendiente vale  $E_a / 2,303 \cdot R$ . Dicha pendiente se obtiene al representar el  $\log k$  en función de  $1/T$  de acuerdo con los datos de la Tabla III. Como fuera indicado anteriormente el valor de la pendiente resulta ser de  $-0,522 \times 10^3$ . Luego se puede calcular  $E_a$  de la siguiente manera:

$$E_a = 2,303 \cdot 1,987 \cdot 0,522 \cdot 10^3 = 2,303 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## DISCUSIÓN

Los fluidos de naturaleza biológica pueden, en general, ser considerados, bajo el punto de vista fisicoquímico, como disoluciones de polielectrolitos en medio acuoso, donde además de los cationes y aniones, sodio, potasio, calcio, magnesio y cloruro, fosfatos y bicarbonatos respectivamente, se incluyen a las distintas especies iónicas de naturaleza proteica (polianiones). Todos ellos contribuyen en mayor o menor medida a la conductividad eléctrica del líquido estudiado en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos de las concentraciones de las distintas especies iónicas presentes en el líquido sinovial de bovinos (Carroza et al., 2000), se concluye, nuevamente, que los iones cloruro y sodio son los mayores responsables de la conducción iónica, sin ignorar, como es lógico suponer, la contribución de los restantes aniones y cationes presentes en el líquido sinovial de esta especie animal.

**Tabla I.-****CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA DEL LÍQUIDO SINOVIAL DE BOVINOS  
NORMALES, EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA**

Muestra	20,0 °C	25,0 °C	30,0 °C	35,0 °C	40,0 °C	45,0 °C
1	1,25	1,30	1,40	1,54	1,68	1,78
2	1,20	1,34	1,46	1,55	1,65	1,77
3	1,20	1,35	1,42	1,58	1,66	1,75
4	1,28	1,32	1,40	1,55	1,62	1,76
5	1,30	1,35	1,45	1,60	1,78	1,82
6	1,28	1,34	1,42	1,50	1,67	1,75
7	1,30	1,36	1,44	1,59	1,66	1,74
8	1,29	1,34	1,46	1,50	1,65	1,76
9	1,35	1,45	1,57	1,65	1,72	1,82
10	1,41	1,40	1,44	1,60	1,66	1,77
11	1,32	1,42	1,52	1,62	1,67	1,72
12	1,30	1,35	1,42	1,62	1,71	1,85
13	1,34	1,44	1,52	1,64	1,70	1,79
14	1,30	1,36	1,44	1,58	1,67	1,78
15	1,28	1,32	1,45	1,54	1,66	1,74
16	1,27	1,34	1,42	1,56	1,72	1,81
17	1,30	1,35	1,44	1,55	1,65	1,75
18	1,27	1,36	1,43	1,59	1,66	1,76
19	1,30	1,38	1,48	1,60	1,70	1,85
20	1,28	1,35	1,40	1,58	1,65	1,79
21	1,25	1,32	1,44	1,59	1,68	1,78
22	1,22	1,38	1,45	1,55	1,66	1,76
23	1,25	1,40	1,48	1,58	1,74	1,84
24	1,30	1,45	1,55	1,62	1,66	1,76
25	1,27	1,34	1,47	1,57	1,67	1,75

**Tabla II.-**

**DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS VALORES DE CONDUCTIVIDAD  
ESPECÍFICA DEL LÍQUIDO SINOVIAL DE BOVINOS NORMALES**

Temp. °C	k . 10 <sup>2</sup> (ohm . cm)	desv. standard
20,0	1,28	± 0,03
25,0	1,37	± 0,04
30,0	1,47	± 0,04
35,0	1,59	± 0,05
40,0	1,69	± 0,04
45,0	1,79	± 0,04

**Tabla III.-**

**CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE ACTIVACIÓN**

Temp. °C	Temp. °K	10 <sup>3</sup> / T °K <sup>-1</sup>	k . 10 <sup>2</sup> (ohm . cm)	log. k
20,0	293,15	3,411	1,28	- 1,89
25,0	298,15	3,354	1,37	- 1,86
30,0	303,15	3,299	1,47	- 1,83
35,0	308,15	3,245	1,59	- 1,80
40,0	313,15	3,193	1,69	- 1,77
45,0	318,15	3,143	1,79	- 1,75

Cálculo de la pendiente =  $\Delta y / \Delta x$

$$= - 0,522$$

Ea = energía de activación

$$Ea = 2,303 \cdot R \cdot \text{pendiente}$$

$$Ea = 2,39 \text{ kcal / mol}$$

Figura 1.-

### Conductividad eléctrica del líquido sinovial de bovinos

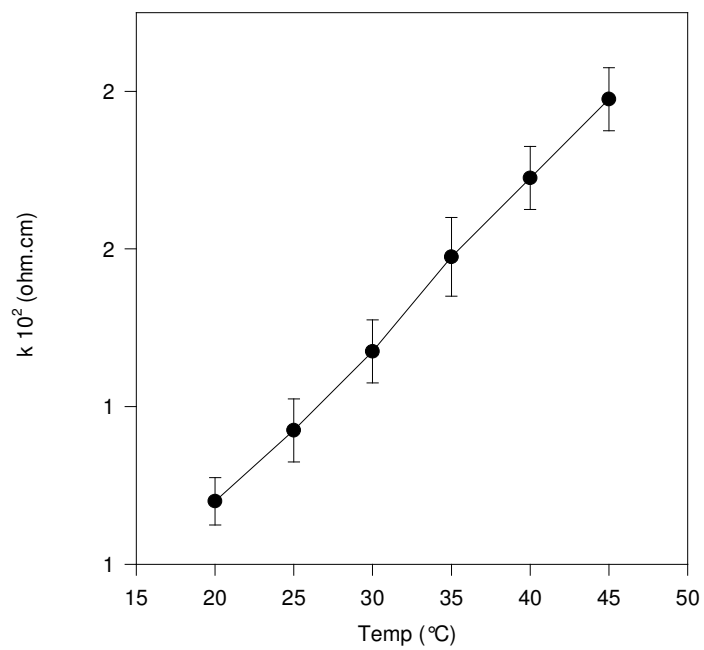
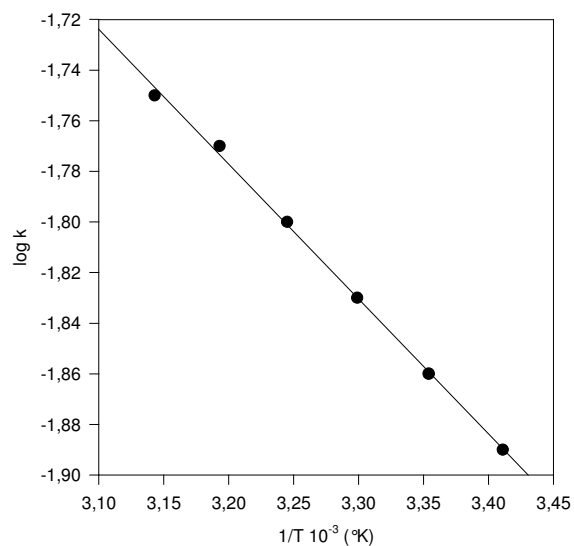


Figura 2.-

### Energía de activación





## BIBLIOGRAFÍA

- CARROZZA, J. S. W. y FRÍGOLI, A. E.** 1999. Constantes bio-fisicoquímicas del humor vítreo de porcinos. Parte IV: Conductividad eléctrica a distintas temperaturas. Revista de Medicina Veterinaria 71: 184.
- CARROZZA, J. S. W.; NOIA, M. A.; FRÍGOLI, A. E.; MIGUEL, M.; GONZALEZ, G.; ANCONITANI, M. M.; CURA, S.** 2001. Constantes bio-fisicoquímicas del líquido sinovial de bovinos. Parte I: Ionograma y proteínas totales. Anuario Facultad de Ciencias Veterinarias.
- DAVIDOFF Y SAUTIER** 1969. Ann. Biol. Clin. 549, 1952. Citado por De Vega, F. en Bioquímica Clínica 3, 166.
- DE VEGA, F.** 1969. Bioquímica Clínica 3, 166.
- GLASSTONE, S.; LEWIS, D.** 1980. Química-Física. Ed. Médico Quirúrgica. Bs.As. 750.
- HARNED, H.; OWEN, S.** 1950. The Physical Chemistry of Electrolytic Solutions. Reinhold Publishing Co. New York. Cap. 6°.
- MOELWYN-HUGHES, E. A.** 1987. Fisicoquímica. Ed. Addison-Wesley. Ed. Iberoamericana. Wilmington. Delawerw. U.S.A. pág. 856.
- MOSCATO, E. T.; PAGEL, S.; CARROZZA, J. S. W.** 1997. Constantes bio-fisicoquímicas del humor vítreo de bovinos. Parte III: Conductividad eléctrica. Revista de Medicina Veterinaria 58:229.
- SUNDERMAN, F.W.** 1945. American Journal of Clinical Pathology 15: 219.