

DISTRIBUCION DEL SODIO EN SANGRE, PLASMA Y ERITROCITOS, EN SEIS RAZAS BOVINAS ESPAÑOLAS

Por González, P.
Tuñón, M. J.
Díaz, M., y
Vallejo, M.

INTRODUCCION

Desde que KERR⁹ en 1937 sugirió que en la especie ovina, los animales se podían clasificar en grupos, según su contenido en K^+ y Na^+ eritrocitarios, muchos investigadores han pretendido evidenciar estos grupos. Si en esa especie se ha comprobado ampliamente esta suposición (se ha demostrado parcialmente su determinismo genético y se han estimado las correlaciones existentes entre ambos electrolitos), en la especie bovina (menos variable inicialmente) los estudios son escasos y contradictorios. Diversos autores relacionan en distintos géneros y especies bovinas^{1, 2, 5, 9, 12} diferentes concentraciones de K^+ y Na^+ eritrocitarios, siendo SENGUPTA¹³, en 1974, quién, después de evidenciar una distribución bimodal del K^+ eritrocitario (KE), demuestra en búfalos que dicha concentración está determinada genéticamente por un par de alelos K^1 y K^2 , entre los que existe una relación de dominancia incompleta, constatando igualmente que el Na^+ eritrocitario (NaE) presenta unas concentraciones que se distribuyen de una forma inversa a la del KE.

Como en las razas bovinas españolas se ha podido comprobar la existencia de dicha bimodalidad en relación con las concentraciones del KE¹⁶, en el presente trabajo se estudia la distribución del Na^+ en sangre, plasma y eritrocitos, con la intención de constatar lo comentado en relación con la distribución de NaE¹³ y aportar unos datos estadísticos relativos a este electrolito, dada la exigua bibliografía existente a este respecto.

MATERIAL Y METODOS

El material animal está representado por 510 bovinos pertenecientes a las razas: Asturiana de la Montaña (AM), 45 vacas y 40 novillos; Asturiana de los Valles (AV), 91 vacas y 26 novillos; Cárdena Andaluza (CA), 25 vacas; Morucha (M), 98 vacas; Blanca Cacereña (BC), 61 vacas y Alistano Sanabresa (AS), 124 vacas.

An. Fac. Vet. León, 1984, 30, 137-145.

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante venocleisis yugular, recogiendo en tubos heparinizados; las extracciones de sangre se realizaron por la mañana y en el mismo día para cada raza, excepto en la raza AV, que se extrajeron en dos series de 48 y 50 animales, separadas por dos semanas de intervalo. La determinación del valor hematocrito se realizó por el método del microhematocrito; la de las concentraciones de Na^+ en sangre y plasma mediante fotometría de llama, y la de la concentración de Na^+ en eritrocitos, de una forma indirecta a partir de la fórmula siguiente: $\text{Na}_e^+ = [C_s \times 100 - C_p(100 - \text{VH})]/\text{VH}$, en donde C_s = concentración de Na^+ en sangre total, C_p = concentración de Na^+ en plasma y VH = valor hematocrito.

El estudio de la distribución del Na^+ en sangre, plasma y eritrocitos, por razas, se realizó mediante la prueba de Kolmogoroff-Smirnoff, conjuntamente con la prueba de significación de los coeficientes de asimetría y curtosis, utilizando las tablas de corrección de Pearson.

RESULTADOS

La consideración general de que las constantes bioquímicas (concentraciones de Na^+ en sangre, plasma y eritrocitos) se distribuyen normalmente, ha podido comprobarse ya que todas las distribuciones de dichas concentraciones y en todas las

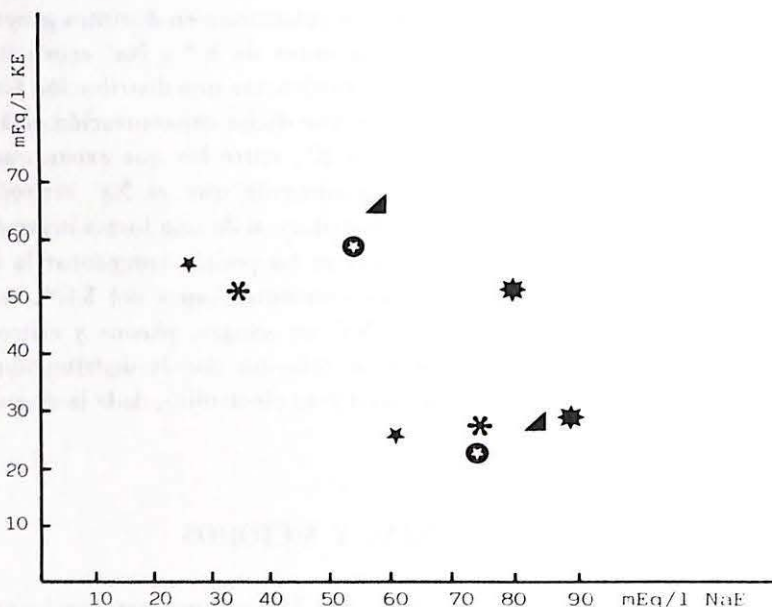


Fig. 1.- Distribución de razas bovinas españolas, según sus concentraciones medias conjuntas de K y Na eritrocitarios. Razas: ★ Asturiana Montaña, * Asturiana Valles, ⊗ Cardena Andaluza, ⊙ Morucha, ▲ Alistano-Sanabresa.

razas, se han ajustado a la normalidad, menos en las correspondientes a las concentraciones de Na^+ en plasma, en las razas AM y AV, que han mostrado una desviación significativa ($P < 0,01$) a la normalidad ($K-S = 0,11^{**}$ para ambas; Coef. asimetría = 0,09, Coef. de curtosis = 1,81^{**} para la raza AM y Coef. asimetría = 0,27, Coef. de curtosis = 1,89^{**} para la raza AV). Por ello en la comparación de las concentraciones medias de Na^+ en plasma, entre razas, se ha utilizado la prueba de significación «U» de Mann-Whitney, en vez de la prueba «t», cuando entraba alguna de estas razas en las comparaciones.

Los diferentes estadísticos de los valores de Na^+ sangre, plasma y eritrocitos, así como los del VH, por introducirse en el cálculo de esta última variable sanguínea, se resumen en la tabla I, de la que puede deducirse la gran dispersión de valores observados en la distribución del Na^+ eritrocitario en relación con las del Na^+ en sangre, plasma y valor hematocrito, cuantificada esta dispersión por los diferentes valores de sus respectivos coeficientes de variación. Esta ausencia de paralelismo dispersivo tiene su justificación: así como las concentraciones de Na^+ en sangre, plasma y el VH se estiman directamente, la concentración de NaE se estima mediante un cálculo matemático en el que intervienen las concentraciones de Na^+ comentadas y el VH, motivo por el que es una función de éstas. En estas condiciones, si la media estimada de NaE se ve afectada por un coeficiente que actúa de forma lineal, la

TABLA I
Parámetros estadísticos de Na^+ en sangre, plasma, eritrocitos (mEq/l)
y valor hematocrito, en razas bovinas españolas (t de Student y U de Mann-Whitney)

Estadist.	Razas	Asturiana Montaña	Asturiana Valles	Cardena Andaluza	Morucha	Blanca Cacereña	Alistano Sanabresa	TOTAL RAZAS
n		85	117	25	98	61	124	510
Na^+ sangre	\bar{x}	125,90	136,87	128,07	117,62	137,09	127,03	128,54
		a	b	a,c	d	b	a,c	
	$S_{\bar{x}}$	0,77	0,95	1,01	0,95	0,80	0,63	0,48
	S	7,11	10,30	5,07	9,41	6,29	6,99	10,82
CV	0,06	0,07	0,04	0,08	0,04	0,05	0,08	
Na^+ plasma	\bar{x}	161,60	161,51	154,23	144,64	159,51	151,23	155,19
		a	a,b	c	d	b	e	
	$S_{\bar{x}}$	1,98	1,56	1,31	0,68	0,85	0,64	0,61
	S	18,22	16,93	6,57	6,69	6,64	7,14	13,89
CV	0,11	0,10	0,04	0,05	0,04	0,05	0,09	
Na^+ eritrocitos	\bar{x}	61,47	88,91	73,69	73,67	85,91	81,48	78,50
		a	b	c	c	b,d	c,d	
	$S_{\bar{x}}$	3,92	2,90	4,68	2,85	3,03	1,83	1,31
	S	36,17	31,33	23,42	28,24	23,68	20,41	29,65
CV	0,59	0,35	0,32	0,38	0,27	0,25	0,38	
VH	\bar{x}	35,45	34,55	32,8	38,69	30,70	34,75	35,00
		a	a	a	b	c	a	
	$S_{\bar{x}}$	0,41	0,51	0,95	0,46	0,55	0,32	0,22
	S	3,75	5,51	4,74	4,59	4,29	3,61	5,00
CV	0,10	0,16	0,14	0,12	0,14	0,10	0,14	

Letras distintas corresponden a grupos distintos ($P < 0,05$).

varianza se modifica de una forma cuadrática (variación cuadrática de la varianza), originando unas varianzas más elevadas y consecuentemente una mayor dispersión.

También de la tabla I puede deducirse igualmente la característica extracelular de este catión, al comprobarse que el 78,60 % del Na⁺ es plasmático y sólo el 21,40 % intraeritrocitario. Se observa además que, así como los valores medios de VH difieren poco entre razas, al encontrarse diferencias significativas ($P < 0,05$) sólo entre las razas M y BC, en los restantes estadísticos estudiados, las diferencias significativas, entre sus valores medios, se hacen extensivas a todas las razas investigadas, en general.

DISCUSION

Inciendo en el NaE, por su posible relación con el KE, determinado genéticamente, al menos en búfalos, los resultados relacionados con sus concentraciones en las razas bovinas estudiadas son similares a los recopilados de la bibliografía, en base a presentar diferencias entre ellas, como puede comprobarse en la tabla II. Una vez evidenciada la bimodalidad en las concentraciones de KE³ y demostrado su determinismo genético, constatándose al mismo tiempo una distribución de NaE inversa a la de KE¹³ en 1974, los resultados de las concentraciones de NaE comienzan a aparecer en función de los dos tipos fenotípicos de KE demostrados: LK (bajos potásicos) y HK (altos potasios). En este sentido, los resultados extraídos de la bibliografía no parecen totalmente concordantes.

Debe destacarse que si bien se ha encontrado una bimodalidad en la distribución de KE en cinco de las seis razas estudiadas¹⁶, en el NaE, no ha podido evidenciarse ni una paralela bimodalidad, ni una inversa relación entre las concentraciones de KE y NaE, como sugiere SENGUPTA¹³, ya que el coeficiente de correlación estimado entre estas dos variables eritrocitarias, ha sido negativo, a un nivel de probabilidad no significativo ($r = -0,047 \pm 0,044$), lo que muestra una independencia lineal entre aquéllos. Sin embargo, cuando se siguen las indicaciones bibliográficas y las concentraciones medias de KE y NaE se relacionan en función del tipo de KE, a los

TABLA II
Concentraciones de Na⁺ eritrocitario en razas bovinas (mEq/l)

Razas	Núm. de animales	Na ⁺ eritrocitario (mEq/l)	Características del parámetro	Autor
Vaca	1	119	—	Abderhalden (1898)
<i>Bos taurus</i>	6	86	\bar{x}	Kerr (1937)
Vacas	28	75	\bar{x}	Bernstein (1954)
Ayrshire	33	52-85	Rango	Evans & Phillipson (1957)
Brahman y cruces	200	83,04-91,48	Rango de \bar{x}	Evans (1963)
Africander y cruces	150	78,96-87,10	ídem	ídem
Shorthorn y cruces	200	68,28-73,23	ídem	ídem
Hereford y cruces	200	72,99-75,96	ídem	ídem
Razas españolas	510	61,47-88,91	ídem	Original, 1984

TABLA III
Concentraciones medias de K⁺ y Na⁺ eritrocitarios según tipo de animales LK y HK, en razas bovinas autóctonas españolas (mEq/l)

Tipo de animales	LK					HK				
	n	K ⁺ ($\bar{X} \pm E.T.$)	Na ⁺ ($\bar{X} \pm E.T.$)	Balance K ⁺ + Na ⁺	n	K ⁺ ($\bar{X} \pm E.T.$)	Na ⁺ ($\bar{X} \pm E.T.$)	Balance K ⁺ + Na ⁺		
Asturiana Montaña	83	25,59 ± 0,60	62,16 ± 3,98	87,75	2	56,87 ± 0,83	32,87 ± 5,60	89,74		
Asturiana Valles	114	29,12 ± 0,63	89,12 ± 2,93	118,24	3	51,47 ± 0,68	80,63 ± 18,51	132,10		
Cárdena Andaluza	24	27,59 ± 0,98	75,35 ± 4,57	102,94	1	50,79	33,7	84,49		
Morucha	95	22,60 ± 0,65	74,30 ± 2,87	96,90	3	58,83 ± 3,65	53,93 ± 16,62	112,76		
Alistano Sanabresa	115	28,26 ± 0,59	83,26 ± 1,77	111,52	9	66,06 ± 4,24	58,77 ± 7,94	124,83		
TOTAL RAZAS	431	26,69 ± 0,32	78,33 ± 1,45	105,02	18	60,55 ± 2,62	57,34 ± 6,63	117,89		

animales pertenecientes al tipo LK (concentraciones bajas de KE) le corresponden animales con unas concentraciones medias de NaE altas, mientras que a los animales HK (concentraciones altas de KE) le corresponden animales con unas concentraciones más bajas de NaE, como se puede deducir de la tabla III, que resume las concentraciones medias (mEq/l) de estos dos electrolitos eritrocitarios.

En este contexto, las comparaciones de los resultados del presente estudio con los de otros autores^{13, 8}, aparecen sensiblemente discordantes, según se deriva de la tabla IV. Si en relación con los búfalos, las medias anotadas son similares en su proporcionalidad, aunque de distinto orden, por tratarse de géneros distintos; con los yacks, la proporcionalidad es sensiblemente diferente. En este sentido, si la especie debe influir decisivamente, se estima que una diferencia de 9 mEq/l entre las concentraciones de KE, en animales LK y HK, es excesivamente pequeña como para discriminar estos dos grupos fenotípicos, originando consecuentemente unas diferencias, igualmente pequeñas, entre las concentraciones altas y bajas de NaE, creyéndose que ésta es la motivación de que los datos anotados para los yacks, difieran tanto de los anotados en búfalos y en el presente estudio.

TABLA IV
Concentraciones de K⁺ y Na⁺ eritrocitarios en bóvidos HK y LK (mEq/l)

Bóvidos	Tipo de animales	Núm. animales	K ⁺ (mEq/l)	Na ⁺ (mEq/l)	Autor
Búfalo Mathura	HK	68	87,3	27,2	Sengupta (1974)
	LK	44	39,1	74,3	
Búfalo Madhurikund	HK	89	91,8	31,4	Idem
	LK	57	40,3	70,0	
Búfalo Saidpur	HK	44	88,7	25,0	Idem
	LK	37	37,5	72,6	
Yacks	HK	74	26,65	38,80	Kamenek (1977)
	LK	30	17,26	45,80	

En relación con los búfalos¹³, la diferencia más sensible se ha encontrado en el análisis del balance sodio-potasio: en este género el balance K⁺ + Na⁺ es muy similar en los animales HK y LK (tabla IV), mientras que en las razas bovinas españolas estudiadas, aparece un evidente desequilibrio (tabla III). Si desde el punto de vista estadístico, podría explicarse en función del número tan reducido de animales HK encontrados (18), que condiciona unas concentraciones medias de KE y NaE que no deben ser muy representativas, desde el punto de vista bioquímico o genético no es tan simple. A nivel de membrana, se sabe de la existencia de un equilibrio y una relación negativa entre los cationes K⁺ y Na⁺, determinados por la bomba sodio-potasio; pero extrapolar esta situación a niveles poblacionales es realmente comprometida por dos razones fundamentalmente.

a) Bibliográficamente y en la especie ovina, donde se ha estudiado ampliamente, este equilibrio no aparece con la exactitud evidenciada en algunas especies de bovinos^{13, 8}. En un trabajo anterior¹⁷, en la especie ovina, se estudió este balance en

dos razas (Karakul y Manchega) y pudo comprobarse que en animales LK, el balance $K^+ + Na^+$ era inferior (91,39 y 92,72 mEq/l) al observado en animales HK (117,07 y 115,75 mEq/l, respectivamente), situación similar a la observada en el presente estudio; y este desequilibrio aparece más o menos sistemáticamente en los trabajos revisados^{4, 6, 11, 15}.

b) Desde el punto de vista bioquímico tampoco tiene total justificación: aunque hay coincidencia en la sugerencia de que estas variables deben tener un similar determinismo genético, los mecanismos para mantener estas diferentes concentraciones en un equilibrio energético adecuado, no son del todo conocidos y aunque relacionados con los procesos activos y pasivos de transporte de K^+ y Na^+ , no deben estar limitados exclusivamente a la membrana eritrocitaria. Parece probarlo el fisiologismo tan variado y distinto que poseen los eritrocitos LK y HK, en relación con la actividad ATP-ásica, grado de transporte activo, sensibilidad de la bomba al K^+ intracelular, «sites» de la bomba, permeabilidad potásica y factores sanguíneos¹⁰; y aunque TUCKER¹⁴ sugiere que todas las diferencias aludidas pueden ser el resultado de una simple mutación génica, en un locus, relacionada con el factor antigénico L, no ha podido demostrarse, si bien dicha sugerencia es lógica y muy sugestiva, genéticamente. Por todo ello se estima que si las diferencias en el balance $K^+ + Na^+$ observadas, pueden tener una justificación estadística, la bioquímica-genética la matiza más ampliamente, creyéndose que no necesariamente el balance $K^+ + Na^+$, en animales LK y HK debe ser idéntico, aunque sí de un signo o tendencia similar.

Aunque no se ha encontrado una bimodalidad en la distribución de NaE, ni correlación lineal entre el KE y NaE, es evidente que, de conformidad con EVANS y PHILLIPSON⁷, estas concentraciones deben estar reguladas genéticamente de alguna forma. Si el determinismo genético del KE está comprobado, el del NaE no se conoce, no sólo en la especie bovina sino en la ovina, que ha sido más ampliamente estudiada. La presunción genética de su determinismo se deriva de la figura 1, elaborada a partir de los datos de la tabla III. Si las poblaciones estudiadas se representan gráficamente en un par de ejes de coordenadas, situando en el eje de abscisas las concentraciones medias de NaE (mEq/l) y en el de ordenadas, las de KE (mEq/l), puede observarse que todas las poblaciones (razas) se sitúan en dos rectas teóricas más o menos paralelas entre sí correspondiéndose animales LK con altas concentraciones de NaE y animales HK con bajas concentraciones de NaE. Aunque el factor raza influye decisivamente en dichas concentraciones, la gran dispersión de puntos (razas) aparecida en los animales tipo HK, en relación con la presentada por los animales tipo LK, se cree que puede deberse al reducido número muestral de animales del primer tipo, una vez conocidas las distribuciones observadas en búfalos¹³. Una explicación no genética a esta distribución se cree que no tiene sentido, aunque anotar alguna, en los momentos actuales, sería especulativo.

RESUMEN

En 510 bovinos procedentes de las razas Asturiana de la Montaña (85), Asturiana de los Valles (117), Cárdena Andaluza (25), Morucha (98), Blanca Cacereña (61) y

Alistano Sanabresa (124), se estudia las concentraciones de Na (mEq/l) en sangre (125,90, 136,87, 128,07, 117,62, 137,09 y 127,03 respectivamente), plasma (161,60, 161,51, 154,23, 144,64, 159,51 y 151,23 respectivamente) y eritrocitos (61,47, 88,91, 73,69, 63,67, 85,91 y 81,48 respectivamente), comprobándose que siguen una distribución normal y que se diferencian significativamente entre razas, en general. Justificada la gran dispersión de Na^+ eritrocitario, se establece una distribución de las concentraciones de este electrolito en función de los tipos de K^+ eritrocitario, comprobándose que los animales HK (60,55 mEq/l) se corresponden con unas concentraciones bajas de NaE (57,34 mEq/l), mientras que los LK (26,69 mEq/l) muestran concentraciones altas de NaE (78,33 mEq/l). En los animales LK el balance $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ es inferior al de los animales HK (105,02 y 117,89 mEq/l respectivamente).

DISTRIBUTION OF WHOLE BLOOD, PLASMA AND ERYTHROCYTE SODIUM CONCENTRATIONS IN SIX SPANISH CATTLE BREEDS

SUMMARY

In 510 cattle belonging to six spanish breeds, Asturiana de la Montaña (85), Asturiana de los Valles (117), Cárdena Andaluza (25), Morucha (98), Blanca Cacereña (61) and Alistano Sanabresa (124), we have studied the distribution of the whole blood, plasma and red blood cells sodium concentrations, showing that these distributions are normal and that the mean values are significantly different between the breed. It is justified the great dispersion inside of the red blood cells Na^+ concentrations and so, it is established a distribution of this last electrolyte concentration according to the two potassium populations. It is showed that there is an inverse relationship between Na^+ and K^+ red blood cells concentrations, being more in LK type and less in HK type animals. The electrolyte balance $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ was lower in LK type than HK type animals.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ABDERHALDEN, E. (1898).—Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. *Hoppe-Seyl.*, **Z.** **25**, 65-115.
- 2) BERNSTEIN, R. E. (1954).—Potassium and sodium balance in mammalian red cells. *Science*, **120**, 459-460.
- 3) ELLORY, J. C., y TUCKER, E. M. (1970).—High potassium type red cells in cattle. *J. agric. Sci., Camb.*, **74**, 595-596.
- 4) EVANS, J. V. (1961).—Differences in the concentration of potassium and the type of haemoglobin between strains and sexes of Merino sheep. *Austr. J. biol. Sci.*, **14**, 274-287.

- 5) EVANS, J. V. (1963).—Adaptation to subtropical environments by zebu and British breeds of cattle in relation to erythrocyte characters. *Austral. J. Agric. Res.*, **14**, 555-558.
- 6) EVANS, J. V., y KING, J. W. B. (1955).—Genetic control of sodium and potassium concentrations in the red blood cells of sheep. *Nature, London*, **176**, 171.
- 7) EVANS, J. V., y PHILLIPSON, A. T. (1957).—Electrolyte concentrations in the erythrocytes of the goat and ox. *J. Physiol.*, **139**, 87-96.
- 8) KAMENEK, V. M. (1977).—Polymorphism for blood potassium concentration in yacks. *Genetika*, **13**, 1172-1176.
- 9) KERR, S. E. (1937).—Studies on the inorganic composition of blood. IV. The relationship of potassium to the acid-soluble phosphorus fraction. *J. biol. Chem.*, **117**, 227-235.
- 10) LAFF, P. K. (1975).—Antigen-antibody reactions and cation transport in biomembranes: immunophysiological aspects. *Biochim. biophys. Acta*, **145**, 173-229.
- 11) MEYER, H. (1963).—Vorkommen und Verbreitung der Blutkalium-typen bei deutschen Schafrassen. *Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie*, **79**, 161-182.
- 12) PANDEY, M. D., y ROY, A. (1968).—Potassium and sodium distribution in erythrocyte and plasma of buffalo cows. *Curr. Res.*, **9**, 256.
- 13) SENGUPTA, B. P. (1974).—Distribution of red cell potassium and evidence of its genetic control in buffaloes. *J. agric. Sci., Camb.*, **82**, 559-561.
- 14) TUCKER, E. M. (1976).—Some physiological aspects of genetic variation in the blood of sheep. *Anim. Blood Grps. biochem. Genet.*, **7**, 207-215.
- 15) VALLEJO, M.; ALTARRIBA, J.; RODERO, A.; ZARAZAGA, I.; MONGE, E.; GARZÓN, R., y LIANES, D. (1976).—Estudio de la concentración del Na en sangre y eritrocitos: su distribución en las razas ovinas españolas. *Archivos de Zootecnia*, **98**, 171-200.
- 16) VALLEJO, M.; GONZÁLEZ, P., y TUÑÓN, M. J. (1984).—Potassium type red cell in five spanish cattle breeds. XIXth International Conference on Anim. Blood Groups and Bichem. Polymorph, 86.
- 17) VALLEJO, M.; RODERO, A.; ZARAZAGA, I.; MONGE, E.; GARZÓN, R., y ALTARRIBA, J. (1974).—Relaciones del sodio y potasio a nivel eritrocitario en las razas ovinas Talavera y Karakul. *Anal. Fac. Vet. Zaragoza*, **9**, 335-347.