

# Variaciones Hídricas Observadas en los Compartimientos Corpóreos de Vacunos Jóvenes y su Relación con la Altura

C.M. Stowe; + M. Ruiz ++

+ *Profesor Jefe del Departamento de Fisiología y Farmacología Veterinarias, Universidad de Minnesota, St. Paul, Minn. U.S.A.*

++ *Profesor Jefe Sección Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.*

## SUMARIO

Se estudiaron las variaciones en los compartimentos fluídos del organismo (espacio extracelular y agua total corpórea), en relación con los cambios de altitud en siete terneros, (2 machos y 5 hembras de seis meses de edad). Los animales fueron trasladados de su lugar de origen (2.646 m. de elevación) a una altitud de 3.300 m. donde permanecieron siete días y luego trasladados rápidamente a un ambiente tropical (400 m. de elevación) donde se mantuvieron por 7 días.

Las mediciones de los distintos volúmenes corpóreos se hicieron inyectando cantidades y volúmenes conocidos de T-1824 (azul de Evans) para la evaluación de los volúmenes plasmático y sanguíneo; Tiocianato de sodio para la evaluación del espacio intersticial y Antipirina para la medición del agua total corpórea.

Todos los animales observados mostraron tendencia a la disminución de los compartimentos hídricos al ser trasladados a una altitud mayor que la de su origen. Un aumento de todos los compartimentos fue igualmente observado al trasladarlos nuevamente a una altitud menor.

La exposición a altitud de 3.300 m. determinó en los animales observados la disminución concomitante del hematocrito, esta persistió cuando los animales fueron trasladados a una altitud menor y en ambiente tropical.

## DISCUSION

La medición de los volúmenes sanguíneo (plasma y sangre total), espacio intersticial y agua total dependen de la dilución de las varias sustancias inyectadas las cuales se distribuyen en forma uniforme en los espacios anteriores, estableciéndose que la cantidad de solvente (A) adicionado a un volumen dado de solvente (V) determina una concentración dada (C); lo anterior se define mediante la siguiente ecuación:

$$A = C.V \text{ o mg/ml por ml (1)}$$

Entre las sustancias usadas en las determinaciones corrientes para los espacios fluídos del cuerpo se encuentran:

1. — El Azul de Evans T-1824, (2) y el Iodo 131 radiactivo (3) usados para medir el volumen plasmático. El volumen sanguíneo se calcula corrigiendo los valores encontrados para el volumen plasmático con el hematocrito.



2. — El espacio intersticial (7) se calcula mediante la dilución en él, de sustancias como el tiocianato, (6) la suero (4) los iones de cloruro (5) el sulfocianuro y el sodio radiactivo (9), el ferrocianuro, el bromuro (5), la insulina (8) y muchos otros (2).

3. — El agua total mediante la distribución en todos los compartimientos de sustancias como la antipirina, (10) y el D<sup>2</sup>O (11).

En general los volúmenes calculados concuerdan con relación al peso corpóreo habiéndose encontrado para los mamíferos valores del 6 al 7% para el volumen plasmático (12), del 22 al 30% para el espacio intersticial (13, 14-15) y del 40 al 68% para el agua total corpórea (16).

Las razones para las diferencias anotadas, dada la habilidad de penetración de las sustancias químicas dentro de otros reservorios de agua corpórea tales como el líquido cefalo-raquídeo, el de las cavidades sinoviales y cápsulas articulares, al igual que el contenido de la vesícula biliar y vejiga urinaria, no son del todo conocidas. Por otra parte, y en relación al espacio intersticial, la penetración de sustancias químicas dentro del tejido conjuntivo es incierta. A pesar de estos problemas se procedió a medir los compartimientos fluidos en terneros sometidos a distintas condiciones de altitud.

## MATERIALES Y METODOS

Se emplearon siete terneros (2 machos y 5 hembras) de las razas Holstein Freisian y Criolla. Estos animales habían sido levantados en Bogotá, altitud: 2556 m y estaban en óptimas condiciones de salud. De conformidad con las recomendaciones de Lochard Conley y Niskerson (17) los animales fueron trasladados al páramo de Soacha altitud: 3.300 m. (Granja de San Jorge) en donde fueron mantenidos durante siete días.

Al término de este período, fueron trasladados rápidamente a un ambiente tropical en la región del Espinal altitud 400 m. (Granja-Nataima) donde permanecieron durante otro lapso igual. En todo momento los animales tuvieron libre acceso a una alimentación compuesta de forraje verde y concentrados, suplementos minerales y agua de bebida.

Las determinaciones de los espacios corporales fueron hechas mediante la inyección endovenosa de soluciones de las siguientes sustancias: T-1824 (Azul de Evans), tiocianato de sodio y antipirina, administradas de acuerdo con el peso corpóreo en las siguientes dosis: Azul de Evans 0.8 mg/ml. de tiocianato de sodio 40 mg/ml. y antipirina 200 mg/ml. De estas soluciones se usaron 0.5 ml por kilogramo de peso. Previa a la inyección de las sustancias se tomaron muestras de sangre las que se emplearon como reactivo ("blanco". En esta experiencia, todas las inyecciones se hicieron a través de un cateter de polietileno insertado en la vena yugular. Los volúmenes por inyectar fueron cuidadosamente medidos por medio de bureta, el sistema de perfusión fue enjuagado después de la inyección con volúmenes conocidos de solución salina fisiológica, los cuales fueron igualmente inyectados. Se retiraron muestras de sangre a los 20, 40, 60 y 80 minutos de la vena yugular opuesta mediante venopuntura y en tubos heparinizados. Todas las muestras de sangre fueron centrifugadas para separar el plasma y leer el hematocrito.

Las muestras de plasma fueron analizadas para Azul de Evans empleando una longitud de 625 m $\mu$  (filtro rojo) (1). Seguidamente a esta determinación, se procedió a desproteinizar el plasma con ácido tricloroacético al 10% (se tomaron 5 ml de plasma a los que se adicionaron 6 ml de ácido tricloroacético, pasados 15 minutos la mezcla se filtró cuidadosamente).

En la determinación de tiocianato se emplearon 2 ml del filtrado anterior a

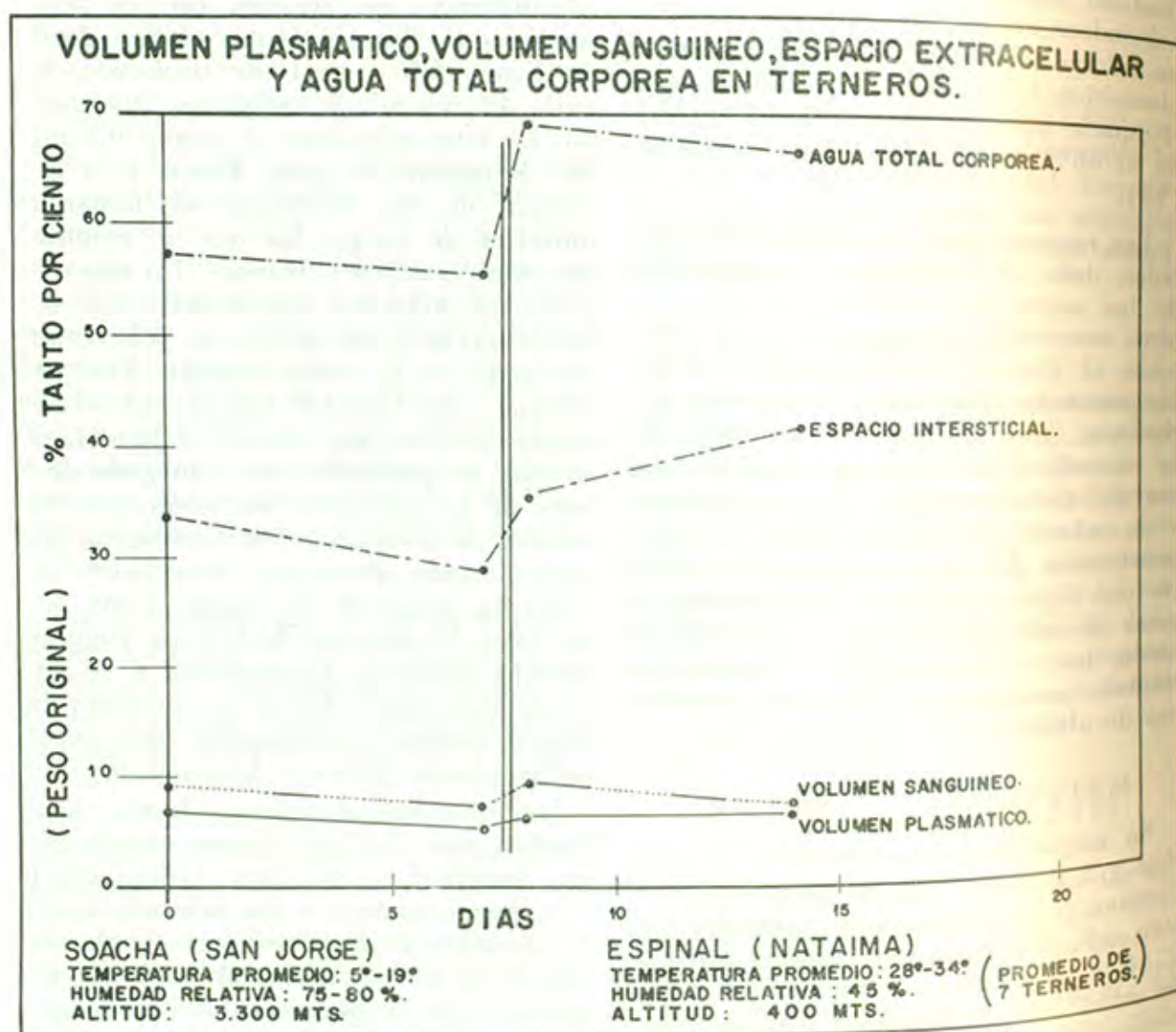


los que se adicionó 2 ml de agua destilada, usando como reactivo 1 ml. ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) en solución al 5% en ácido nítrico al 25%; las lecturas se hicieron empleando una longitud de onda de 460 mu (1).

En la determinación de la antipirina se tomaron 3 ml del filtrado anterior y se leyeron empleando una longitud de onda de 420 mu; seguidamente se adicionaron 2 gotas de solución fresca al 0.4% de nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ), vol-

viéndose a hacer una segunda lectura con la misma longitud de onda 20 minutos después. En cada muestra se sustrajo de la densidad óptica de la segunda lectura, la densidad óptica de la primera. (1).

Para los cálculos, las densidades ópticas encontradas en las muestras de plasma y en los filtrados fueron comparadas con una curva patrón elaborada de conformidad con las concentraciones de corticoides de las sustancias empleadas en los distintos compartimientos.



Gráfica que demuestra las variaciones en los compartimientos hídricos en terneros relacionados con la altitud. Las líneas paralelas verticales indican el traslado rápido de los animales de una altitud de 3.300 m. a 400 m.

## RESULTADOS.

1.— Los animales trasladados a una altitud de 3.300 m. (654 m. sobre su lugar de origen, la sabana de Bogotá), muestran después de siete días una disminución en todos sus compartimientos fluidos, Fig. 1.

2.— Después del traslado rápido de este nivel a una altitud de 400 metros, se observa un aumento inmediato en todos los compartimientos fluidos del or-

ganismo. Este aumento tiende a equilibrarse siete días después para los volúmenes plasmático, sanguíneo y agua total corpórea; en cambio el volumen intersticial mantiene su valor elevado y con tendencia al aumento Fig. 1.

3.— La disminución del volumen en todos los fluidos corpóreos en las condiciones de 3.300 m de elevación, esta acompañada de una reducción del hematocrito. Fig. 2.

VARIACIONES DEL HEMATOCRITO CON RELACION A LA ALTITUD.

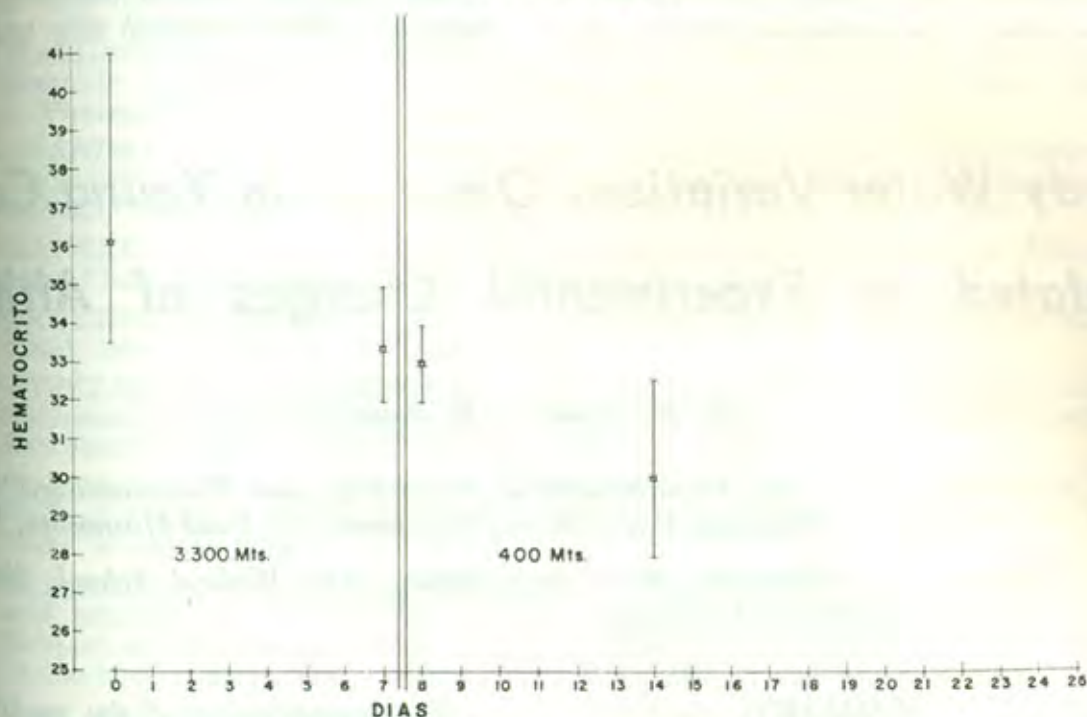


FIG. 2

Gráfica que relaciona los cambios en el hematocrito en siete terneros respecto a la altitud. Las líneas paralelas indican el traslado rápido de los animales de 3.300 m. a 400 m.

4.— Los valores del hematocrito continuaron reducidos y con tendencia a disminuir después de haber trasladado los animales a un nivel de 400 m (El Espinal).

## CONCLUSIONES.

La reducción observada en todos los volúmenes corpóreos en las condiciones de altitud a 3.300 metros es atribuible



a un incremento en los mecanismos de eliminación hídrica. (17) Se anota que en estas condiciones los animales no mostraron disminución del apetito ni dejaron de beber normalmente.

La reducción del hematocrito en estos terneros sugiere una inhibición de los mecanismos de regulación eritropoyética en condiciones de mayor altitud.

El traslado rápido de los animales a una altitud de 400 metros y condiciones tropicales, determina un aumento transitorio en todos los volúmenes corpóreos. Este incremento es atribuible a que los animales en este ambiente de temperatura elevada bebieron abundantemente obteniéndose una mejor hidratación de los tejidos. Esta condición tiende a equi-

librarse algunos días después para todos los volúmenes hídricos exceptuando el compartimiento intersticial el que continúa elevado y con tendencia al aumento.

Los valores bajos del hematocrito durante las últimas observaciones en las condiciones de baja altitud y ambiente tropical pueden explicarse como causados por hemodilución al aumentarse el espacio extracelular.

Agradecemos a las directivas y personal administrativo de la Facultad de Medicina Veterinaria de Bogotá y a los doctores L. C. Widemann y A. Bastidas directores de las estaciones experimentales de San Jorge y Nataima respectivamente, sin cuya valiosa colaboración no hubiera podido realizarse este trabajo.

## *Body Water Variations Observed in Young Cattle Related to Experimental Changes of Altitude*

C. M. Stowe † M. Ruiz ††

† *Profesor and Head, Department of Physiology and Pharmacology, School of Veterinary Medicine, University of Minnesota, St. Paul Minnesota, U.S.A.*

†† *Profesor and Chairman, Physiology section, 420 Medical School, National University, Bogotá Colombia.*

### SUMMARY

Variations in total body fluid (extracellular space-su total body water were studied in relation to changes of altitude in seven healthy calves including males and females, about six months old.

The animals were moved from an elevation of 8,675 ft to an altitude of 10,803 ft where they were left for seven days after which they were moved to a tropical environment at altitudes of 1,312 ft.

The measurement of the variations in total body fluid was made by injecting known volumes of T-1824 Evans' blue dye for the evaluations of plasma and blood volumes. The interstitial space was evaluated by the sodium thiocyanate method and the total body water by the antipyrine method.

All of the animals in this experiment showed a reduction in volume in all fluid compartments when moved to the 10,803 ft altitude.



After being moved to the lower altitude (1.312 ft), the body fluid content of all compartments increased.

During the seven days of exposure to the higher altitude, a decrease in hema-

tocrit was observed. The hematocrit in tropical environment remained similar to that recorded at the higher altitude as the result of an increase in extracellular space.

## BIBLIOGRAFIA

- 1—STOWE, C. M.: Animal Physiology Laboratory Manuel: Exp. 25. 1963.
- 2—GREGERSEN, M. I., and STEWART, J. D.: Simultaneous Determinations of Plasma Volumen With T-1824 and the "Avaivable Fluid" Volume With Sodium Thiocyanate, Am. J. Physiol. 125: 142, 1939.
- 3—CRISPELL, K. R., PORTER B., and NIESET, R. T.: Studies of Plasma Volume Using Human Serum Albumin tagged With Radioactive Iodene 131, J. Clin. Invest. 29: 513, 1950.
- 4—GAMBLE, J. L. Jr., ROBERTSON, J. S. HANNIGAN, C. A., FOSTER, C. G., and FARR. L. E.; Chloride, Bromide, Sodium and Sucrose Spaces in Man, J. Clin. Invest. 32: 483. 1953.
- 5—WALLACE, G. B., and BRODIE, B. B.: The Distribution of Administred Bromide in Comparison With Chloride and Its Relations to Body Fluids, J. Pharmacol. and Exper. Therap. 65: 214-, 1939.
- 6—GRANDALL, L. A., and ANDERSON, M. X.: Estimation of the State of Hydration of the Body by the Amunt of Water Available for the Solution of Sodium Thiocyanate, Am. J. Digest. Dis. and Nutrition 1: 126, 1934.
- 7—MANEREY, J. F.: Radioisotope Method for Determining Volum of Extracellular Fluid in the Animal Body, Meth. M. Res. 4: 53, 1951.
- 8—GAUDINO, M. and LEVITT, M. F.: Inulin Space as a Measure of Extracellular Fluid, Am. J. Physiol. 1957: 387, 1949.
- 9—WINKLER, A. W., ELKINTON, J. R. and EISMAN, A. J.: Comparison of Sulfocionide with Radioactive Cloride and Sodium in the Measurement of Extracellular Fluid, Am. J. Physiol. 139: 239, 1943.
- 10—SOBERMAN, R., BRODIE, B. B., LEVY. 3-3., AXEL ROD, J., HOLLANDER, V., and STEELE, J. M.: The Use of Antipyrine in the Measurement of Total Body Water in Man.
- 11—SCHLOERB, P. R., FRIIS-HANSEN, B. J., EDELMAN, I. S., SOLOMON. A. K., and MOORE F. D.: The Measurement of Total Body Water in the Human Subject by Deuterium Oxide Dilution with Consideration of Dynamics of Deuterium Distribution, J. Clin Invest. 29: 1296, 1950.
- 12—Bard, Philip: Text book of Medical Physiology St. Louis: The C. V. Mosby Company 1961.
- 13—HARRISON, H. E., DARROW, D. C., and YANNET, H.: The Total Electrolite Content of Animals and Its Probable Relation to the Distribution of Body Water, J. Biol. Chem. 113:515, 1936.
- 14—WIDDWSON, E. M., McCance, R. A., and Spray, C. M.: the Chemical Composition of the Human body, Clin. Sc. 10: 113, 1951.
- 15—STOWE, C. M. RUIZ, M., SALAZAR, B., SERRANO, L., y RUIZ, A.: Evaluación del "Espacio" Extracelular en Bovinos En dos regiones de Colombia, Rev. de la Fac. de Med. Vet. 29: 1, 1966.
- 16—STEELE, J. M., BERGER, E. V., DUNNING, M. F., and BRODIE, B. B.: Total Body Water in Man, am. J. Physiol 162.
- 17—LOSKHARD CONLEY, C. and NISKERSON J. L.: Effects of Temperature Change on the Water Balance in Man, Am. J. Phisiol. 143: 1945.