

# EL CUADRO HEMÁTICO DE LA ALTURA

HUGO CHIOLDI

Instituto de Biología de la Altura, Universidad Nacional de Tucumán.  
Mina Aguilar, Pcia de Jujuy, Argentina.

Desde los tiempos de Paul Bert se reconoce la existencia de cambios hemáticos engendrados por la depresión barométrica y es muy grande el número de trabajos acumulados al respecto hasta el presente. Es sin embargo en años recientes que Hurtado y colaboradores (1) aportan los datos más completos sobre los efectos de la hipoxemia, producida por la permanencia en la altura, sobre la actividad hematopoyética del hombre, y es a ellos a quien referimos al lector para la bibliografía correspondiente.

La instalación del Instituto de Biología de la Altura en Mina Aguilar\* (3975 y 4515 metros) nos impuso como primera tarea el estudio del cuadro hemático de las personas residentes en el lugar y que constituye el objeto del presente trabajo.

## MÉTODOS

En todos los casos la extracción de sangre se hizo por la mañana, estando el sujeto en ayunas y en los casos en que se extrajo sangre arterial, con un reposo previo de media hora como mínimo.

Para las determinaciones de hemoglobina y volumen globular y recuento de glóbulos rojos y blancos se utilizó sangre, obtenida sin estasis de la vena del pliegue del codo, a la cual se agregó una mezcla de 6 mg. de oxalato de amonio y 2 mg. de oxalato de potasio como anticoagulante.

\* Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Compañía Minera Aguilar S. A. por toda la clase de facilidades proporcionadas al Instituto de Biología de la Altura.

Para determinar la velocidad de sedimentación de los eritrocitos se recibieron 3 ml. de sangre venosa en una jeringa que contenía 0.6 ml. de una solución de citrato de sodio al 3.8%.

La sangre arterial se extrajo, bajo vaselina líquida, por punción de la arteria femoral, utilizando "Liquemin" Roche desecada como anticoagulante.

*Hemoglobina* se determinó por duplicado con un hemoglobinómetro de Sahli, calibrado con el método de capacidad de oxígeno. En 8 casos se hicieron determinaciones con ambos métodos.

*Recuentos globulares* se hicieron siempre por duplicado, obteniéndose el promedio de las 2 determinaciones.

*Volumen globular* la sangre, colocada en un hematocrito de Wintrobe, se centrifugó durante una hora a 3500 r.p.m. En muchos casos las determinaciones se hicieron por duplicado. Dado que se utilizó como anticuagulante la mezcla de oxalato de potasio y de amonio no se efectuó ninguna corrección de las lecturas.

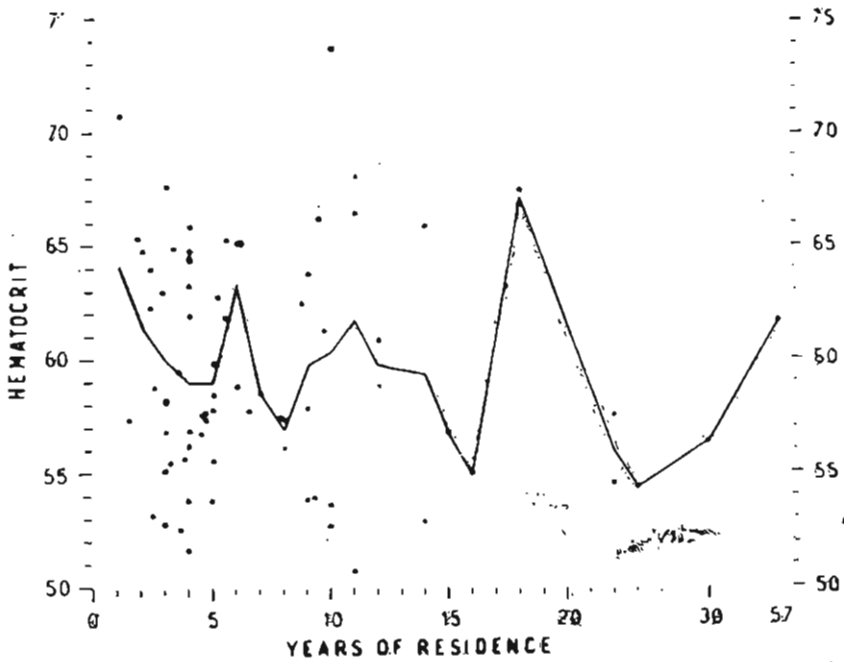
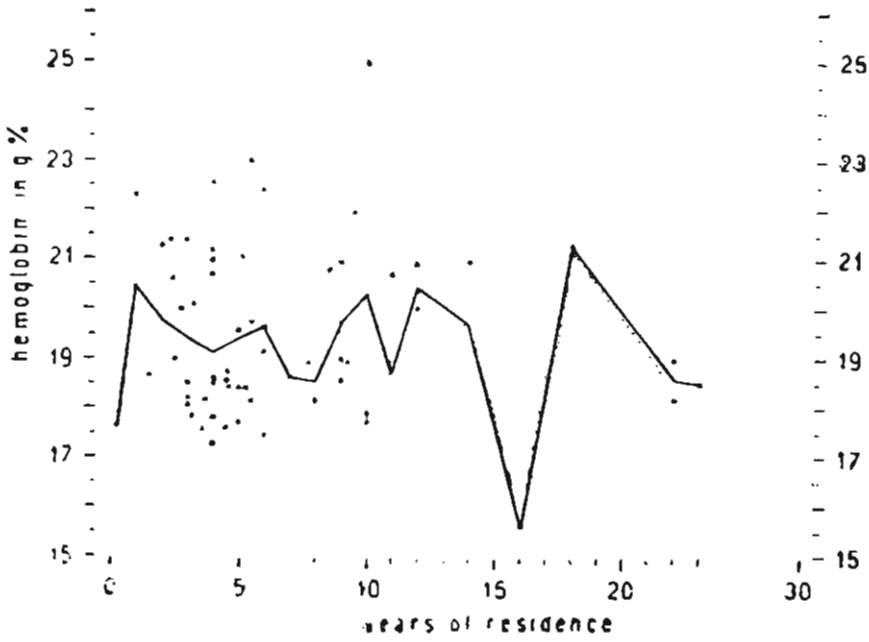
*Velocidad de sedimentación* se empleó el método de Westergreen, efectuándose la lectura en la primera hora, a una temperatura que osciló entre 19 y 21 grados C.

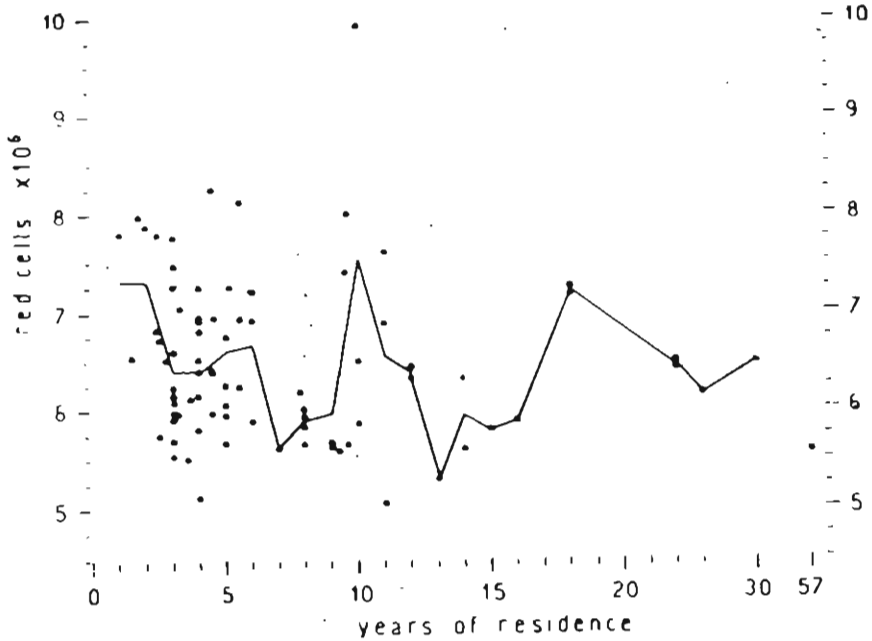
*Saturación arterial*, se determinó de acuerdo a la técnica del tonómetro, descrita por Dill y colaboradores. (2)

## RESULTADOS

Las observaciones se efectuaron sobre un total de 84 sujetos del sexo masculino, clínicamente sanos, que viven permanentemente a 4515 metros sobre el nivel del mar, siendo el término medio de la presión barométrica 445.8 mm. de Hg. El tiempo de residencia continuada a dicha altura osciló entre 3 meses y 57 años (gráficos 1, 2 y 3), considerándose como residencia continuada cuando las ausencias del lugar no fueron mayores de 2 a 3 meses, ya que de acuerdo a los resultados de Hurtado y colaboradores, el cuadro hemático de la altura desapa-recas excepciones, todos eran nativos del altiplano y presentaron las siguientes características físicas: promedio de la talla, 162 m.; promedio del peso corporal, 64.3 kg., oscilando la edad entre 20 y 57 años aún cuando sólo 7 sujetos sobrepasaban los 45 años.

El término medio de la saturación de oxígeno de la sangre arterial fué  $80.6 \pm 1.57$ , con valores extremos de 74.7 y 86.2 por ciento, en las 7 personas estudiadas (tabla 1).

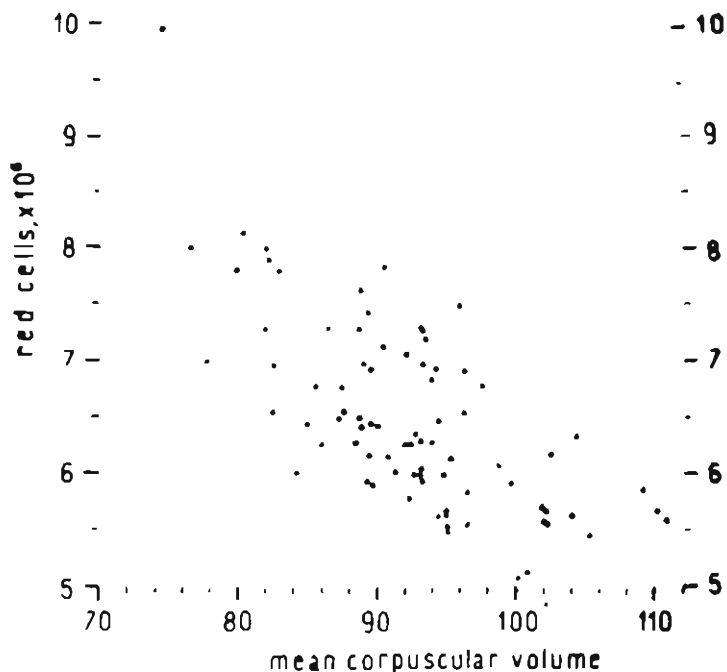




La cifra promedio de hemoglobina, en 66 casos, fué  $19.41 \pm 0.22$  g. por ciento con valores extremos de 15.66 y 24.95; la de los glóbulos rojos, en 84 casos,  $6,460,000 \pm 90,000$  con valores extremos de 5,070,000 y 9,930,000 y la del volumen globular, en 81 casos,  $59.5 \pm 0.58$  con valores extremos de 50.5 y 73.6 (tabla 2). Todos estos valores muestran un notable aumento cuando se los compara con los promedios dados por Moglia y Fonio (3) para sujetos normales de edad similar a los nuestros, residentes en la ciudad de Tucumán, a 427 m. de altura sobre el nivel del mar (ver tabla 3). Por el contrario son coincidentes con los resultados de estos autores, los calculados para el volumen corpuscular medio, la hemoglobina corpuscular media y la concentración media de la hemoglobina corpuscular, (tablas 2 y 3).

Según se muestra en el gráfico 4, existió una correlación inversa entre el volumen corpuscular medio y el número de glóbulos rojos, siendo el coeficiente de correlación  $0.69 \pm 0.06$ , el cual es 5.5 veces que el error standard de la diferencia con cero y, por lo tanto, estadísticamente significativo.

En los gráficos 1, 2 y 3 se relacionó la cantidad de hemoglobina, volumen globular y número de glóbulos rojos, respectivamente, con los años de residencia continuada a 4515 m. de altitud. Se observa una



gran variabilidad de los valores obtenidos en individuos con igual tiempo de residencia a dicha altura, no existiendo tampoco relación entre el tiempo de residencia y la intensidad de la reacción hemática. Esta falta de relación se observa tanto para la hemoglobina como para el volumen globular y el número de eritrocitos. Llama la atención que sujetos con muchos años de residencia a tal altura, presentan cifras hemáticas que sólo sobrepasan ligeramente o aún se hallan dentro del límite normal superior.

La cifra promedio de la velocidad de sedimentación de los eritrocitos en la primera hora fué  $0.71 \pm 0.10$  mm. (tabla 2), lo cual representa un retardo evidente con respecto a la velocidad considerada normal para el hombre al nivel del mar.

El promedio de leucocitos por milímetro cúbico fué de  $6744 \pm 198$ , con variaciones extremas de 4100 y 12,100. Con respecto a la fórmula leucocitaria se observó un aumento del porcentaje de linfocitos y monocitos con disminución de los polinucleares neutrófilos. En algunos casos el predominio linfocitario fué muy llamativo.

TABLA 1

SATURACION DE OXIGENO DE LA SANGRE ARTERIAL DE RESIDENTES PERMANENTES EN MINA AGUILAR.

Altura	Promedio de la presión barométrica	Nº de sujetos	Saturación de oxígeno de la sangre arterial		
			Promedio $\pm$ E. S.	D. S.	Extremos
4515 m	445.8 mm Hg	7	80.6 $\pm$ 1.57	3.84	74.7—86.2

TABLA 2

CUADRO HEMATICO DE RESIDENTES PERMANENTES EN MINA AGUILAR (4515M.)

Determinaciones	Número		D.S.	Coefic. de %	Limites
	de sujetos	Promedio $\pm$ E.S.			
Glóbulos rojos, x 10 ...	84	6.46 $\pm$ 0.09	0.82	12.7	5.07— 9.93
Volumen globular, % .	81	59.5 $\pm$ 0.58	5.2	8.7	50.5 — 73.6
Hemoglobina, g% ....	67	19.41 $\pm$ 0.22	1.80	9.3	15.66— 24.95
Volumen corpuscular medio (cúbicos) .....	81	92.4 $\pm$ 0.98	7.99	8.6	74.2 —110.9
Hemoglobina corpuscular media (g) .....	56	29.9 $\pm$ 0.26	2.11	7.1	25.1 — 35.8
Concentración media de la hemoglobina corpuscular, % .....	66	32.7 $\pm$ 0.16	1.31	4.0	28.5 — 35.6
Velocidad de sedimentación, mm en la primera hora .....	70	0.71 $\pm$ 0.10	0.81	114.1	0.05— 3.8
Leucocitos .....	83	6744 $\pm$ 198	1804	26.7	4100—12,100
Fórmula leucocitaria, en % .....					
Neutrófilos, segmentados	73	44.1 $\pm$ 1.28	11.0	24.9	13—69
Neutrófilos, stab .....	73	6.3 $\pm$ 0.23	4.1	65.1	1—16
Neutrófilos, total .....	73	50.4 $\pm$ 1.36	11.7	23.1	16—75
Eosinófilos .....	73	2.9 $\pm$ 0.10	2.7	92.0	0—14
Basófilos .....	73	0.8 $\pm$ 0.05	0.4	55.0	0—3
Linfocitos .....	73	35.6 $\pm$ 1.19	10.1	28.3	8—55
Monocitos .....	73	10.2 $\pm$ 0.61	5.3	51.9	2—33

TABLA 3

CUADRO HEMÁTICO DE PERSONAS DEL SEXO MASCULINO, RESIDENTES EN TUCUMÁN, (427M.)  
SEGUN DETERMINACION DE MOGLIA Y FONIO (1944)

Determinaciones	Número de sujetos	Edad	Promedio
Glóbulos rojos, x10 .....	150	20 a 44 años	5.31
Volumen globular, % .....	..	..	48.6
Hemoglobina, g % .....	..	..	16.12
Volumen corpuscular medio (cúbicos) .....	..	..	91.9
Hemoglobina corpuscular media (g) .....	..	..	30.4
Concentración media de la hemoglobina corpuscular: (%) ...	..	..	33.2

## DISCUSION

La hipoxemia crónica engendrada por la residencia prolongada, a una altura de 4515 m. sobre el nivel del mar, produce en el hombre un aumento de las cifras promedios de hemoglobina, eritrocitos y volumen globular y un retardo de la velocidad de sedimentación de los glóbulos rojos. Si bien este grado de hipoxemia crónica no produce alteraciones sensibles del número de leucocitos circulantes, altera en cambio la fórmula leucocitaria, provocando un aumento del porcentaje de las células mononucleares con disminución del de los polinucleares neutrófilos.

El aumento de la hemoglobina, glóbulos rojos y volumen globular es muy variable según los sujetos, algunos de los cuales presentan cifras que se hallan dentro del límite superior normal mientras en otros están muy por encima de dicho límite. No existe ninguna relación entre el tiempo de residencia permanente a 4515 m. de altura y la magnitud del cambio de las cifras hemáticas, pudiendo observarse aumentos muy pronunciados al cabo de un año de residencia y por el contrario valores casi normales en personas con 10 o más años de permanencia en el lugar.

No sabemos a que se debe una variabilidad tan grande en la respuesta hematopoyética a un mismo grado de depresión barométrica, hecho ya señalado por Monge (4) y por Hurtado (5). Ella podría interpretarse: a) como una simple acentuación de las diferencias individuales que se encuentran a nivel del mar; b) como debida a una

respuesta hematopoyética proporcional al grado de la hipoxemia, que varía de un individuo a otro; c) finalmente, podría ocurrir que otro factor de adaptación a la altura hiciera innecesario o reemplazara el aumento de la hemoglobina como factor de aclimatación.

Los promedios del volumen corpuscular medio, la hemoglobina corpuscular media y de la concentración media de la hemoglobina corpuscular no difieren sensiblemente de los valores normales, existiendo una relación inversa, estadísticamente significativa, entre el número de eritrocitos y el volumen corpuscular medio. Esto implica que la policitemia observada por nosotros es del tipo normocítico, en contraposición a lo señalado por Hurtado y colaboradores. (1)

Los valores promedios de glóbulos rojos, volumen globular y leucocitos del presente trabajo concuerdan con los obtenidos por estos autores en sujetos con características físicas y raciales similares, sometidos a igual depresión barométrica y que presentaron el mismo grado de insaturación de oxígeno de la sangre arterial. La cifra promedio de hemoglobina dada por Hurtado y colaboradores es 1.35 g. superior al obtenido por nosotros.

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se realizó el estudio del cuadro hemático en sujetos normales, residentes permanentes a 4515 m. sobre el nivel del mar. Se observó:

- 1) Aumento de la hemoglobina, número de glóbulos rojos y del volumen globular, con amplias variaciones individuales, no existiendo relación entre la respuesta hematopoyética y la duración de la hipoxia. La policitemia es de tipo normocítico.
- 2) Alteración de la fórmula leucocitaria consistente en un aumento de las células mononucleadas con disminución de los polinucleares neutrófilos, pero sin cambios notables del número total de los leucocitos.
- 3) Retardo de la velocidad de sedimentación de los eritrocitos.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.—HURTADO, A., C. MERINO AND E. DELGADO. *Arch. Int. Med.* 75, 284, (1945).
- 2.—DILL, D. B., A. GRAYSIEL, A. HURTADO AND A. C. TAQUINI. *Ztschr. f. Altersforsch.* 2, 20 (1940).
- 3.—MOGLIA, J. L. y O. A. FOMBO. *Rev. Soc. Arg. Biol.* 20, 531, (1944).
- 4.—MONGE, C. *Science.* 65, 79, (1942).
- 5.—HURTADO, A. *Amer. J. Physiol.* 10, 487, (1932).