
TESIS DE LA FACULTAD

SOBRE METABOLISMO AZOADO EN BOGOTÁ

Tesis para el doctorado en medicina presentada y sostenida por el doctor Calixto Torres Umaña.

(Continuación)

Influencia de la temperatura ambiente.—Ya dije que, según los cálculos del Dr. Garavito, la temperatura media de Bogotá es de 12°,97. El Dr. Corpas cree que esta baja temperatura exterior es una de las causas de la baja temperatura animal, pues “el cuerpo humano en busca de equilibrio térmico tiende a acercarse a ella”.

A primera vista esta causa no carece de importancia, pues aunque todos sabemos que los animales omeotermos tienen medios de defensa que permiten luchar contra la temperatura ambiente, también es verdad que un descenso o un aumento considerable de temperatura pueden hacer variar la temperatura animal en algunos décimos de grado. Esto parece confirmado por los experimentos de David y los posteriores de Montegazza, Fousset, etc.; pero ninguno de estos observadores ha hallado una baja tan considerable como la que se encuentra entre nosotros, ni aun en atmósferas de proporción higrométrica más considerable. Entre 247 observaciones de Montegazza, por ejemplo, no ha encontrado, en climas mucho más fríos que el de Bogotá, sino una temperatura mínima de 36°,4, que alcanza, cuando más (1), a ser igual a nuestra temperatura media. Agréguese a esto que las razas tropicales, por vivir en un clima siempre igual, luchan, por efectos de la costumbre, mucho mejor contra los grandes fríos como contra los grandes calores; así las pequeñas variaciones de temperatura animal que se observan en Europa del verano al invierno, no se encuentran en los trópicos, al comparar a este respecto, los habitantes de los climas más ardientes con los de los más fríos; de modo que la temperatura ambiente (que no es tan baja para producir un descenso de temperatura animal), no nos explica la baja considerable de la temperatura animal en la altiplanicie.

Presión atmosférica. — Para mantener sus combustiones orgánicas, el hombre necesita introducir, en cada hora, según los cálculos de Bru-

(1) Ch. Richet. La chaleur animale.

ner y Valentín, 31,30 gramos de oxígeno, que corresponden a 21,91 litros al nivel del mar, o sea 450 litros de aire, que se introducen en las 15 o 16 respiraciones por minuto, que se consideran en Europa como normales, a razón de 500 c. c. en cada una, quitando los 50 c. c. que son expulsados a cada inspiración.

Ahora bien: como en Bogotá la presión es de 0,20 c. c. de mercurio menos que al nivel del mar, si el organismo no dispusiera de medios de defensa, se tendría que en los 21,91 litros de oxígeno no introduciría los 31,30 gramos, sino mucho menos; de donde resultaría una gran insuficiencia de las combustiones que podría explicarnos la baja de la temperatura humana.

Pero hemos visto ya que la actividad del metabolismo celular es independiente de la cantidad de oxígeno ofrecido a los tejidos. Los experimentos de Liebig demuestran que la presión no influye sobre la absorción de oxígeno (2), y aun cuando Truntz observó un aumento, este aumento no duraba sino cuando más un minuto, y era, según el mismo autor, debido a la repleción de los pulmones (3). De la misma manera que el organismo no toma sino el oxígeno que necesita, cuando la atmósfera está enrarecida se vale de ciertos medios de defensa para tomar todo el que le sea necesario. Veamos si de estos medios disponen los habitantes de la altiplanicie.

Bajo la influencia del clima de las alturas, “que llevaría en realidad la disminución del oxígeno del aire en relación con la presión atmosférica, el número de los glóbulos rojos aumentaría, en una proporción hasta el punto de alcanzar siete y ocho millones por milímetro cúbico en el hombre”. Según la observación hecha por T. Viault, en sí mismo a 4.392 metros de altura en un viaje al Perú, la hiperglobulía se produciría a partir de los 700 metros. Por medio de esta hiperglobulía aumenta la superficie de absorción del oxígeno y puede el organismo fijarlo en la misma cantidad que a la presión ordinaria.

Cuando los sujetos sometidos a los experimentos vuelven a la llanura, el número de los glóbulos rojos vuelve rápidamente a su nivel normal. La cuestión, en todo caso, está oscura, pero lo que parece demostrado es que la hiperglobulía de que se trata es simplemente periférica y que el número de glóbulos rojos del corazón y de los gruesos vasos no aumenta.” (4).

Los siguientes exámenes de sangre, practicados, unos por mí, y otros, en su mayor parte, por el Dr. Jorge Martínez Santamaría, podrán darnos alguna idea de lo que a este respecto pasa en la altiplanicie. Las numeraciones de Glóbulos fueron hechas en el cuadrillado de Hayem.

(2) Lusk. *Sciencie of Nutrition*.

(3) *Journal of Physiology*.

(4) Gley. *Traité Elementaire de Physiologie*, 1910.

Algunas han sido rectificadas en el Thoma Zeiss. La hemoglobina fué medida en el aparato de Fleischl.

Nros.	Edad Años.	Glóbulos rojos por 0,001 c. c.	Hemo- globina.
1	24	5.084,000	80
2	30	4.900,000	80
3	26	5.673,000	80
4	24	5.697,000	74
5	25	5.952,000	86
6	23	4.836,000	80
7	28	5.759,000	88
8	25	5.611,000	90
9	27	5.549,000	73
10	22	5.890,000	90
11	22	5.840,000	80
12	23	5.759,000	90
13	35	5.673,000	73
14	26	5.518,000	98
15	25	5.053,000	90
16	26	5.456,000	80
17	38	4.960,000	70
18	32	5.890,000	80
19	33	5.208,000	90
20	22	5.904,000	80
21	24	5.363,000	85
22	22	5.177,000	90
23	23	5.115,000	90
24	23	5.122,000	74
25	26	4.705,000	84
26	31	4.774,000	90
27	27	5.270,000	84
28	30	5.208,000	80
29	35	5.332,000	90
30	25	5.425,000	68
31	25	5.425,000	80
32	26	4.898,000	80
33	28	5.921,000	85
34	24	5.084,000	85
35	26	4.774,000	74
36	30	5.239,000	80
37	30	5.153,000	80
38	30	4.464,000	78
39	23	5.594,000	80

Nros.	Edad Años.	Glóbulos rojos por 0,001 c. c.	Hemo- globina.
40	26	4.743,000	68
41	25	4.619,000	80
42	22	4.530,000	80
43	25	4.691,000	70
44	24	5.100,000	70
45	31	5.053,000	76
46	26	4.898,000	78
47	23	4.710,000	74
48	27	4.650,000	76
49	26	4.734,000	90
50	23	4.898,000	79
51	24	4.805,000	74
52	23	4.960,000	81
53	24	4.681,000	80
54	40	4.843,000	82
55	36	5.852,000	100
56	30	4.898,000	78
57	40	4.752,000	80
58	20	4.619,000	96
59	32	4.681,000	91
60	22	5.270,000	95
61	24	4.650,000	100
62	25	4.960,000	98
63	38	3.998,000	90
64	25	4.680,000	95
65	30	3.875,000	80
66	28	3.906,000	90
67	24	4.123,000	96
68	24	4.960,000	90
69	30	5.426,000	85
70	20	4.650,000	93
71	32	4.340,000	88
72	22	4.185,000	75
73	27	5.022,000	80
74	25	4.405,000	90
75	28	4.898,000	88
76	40	4.371,000	92
77	25	4.154,000	93
78	25	4.030,000	88
79	22	4.041,000	82
80	25	3.410,000	78
81	38	4.464,000	82
82	28	4.712,000	93

Nros.	Edad Años.	Glóbulos rojos por 0,001 c. c.	Hemo- globina.
83	32	4.340,000	68
84	30	4.154,000	78
85	38	3.906,000	75
86	40	4.340,000	83
87	30	4.867,000	82
88	38	5.580,000	100
89	20	4.402,000	83
90	23	5.184,000	80
91	38	4.800,000	87
92	30	4.351,000	85
93	40	4.464,000	85
94	21	4.493,000	90
95	36	5.084,000	82
96	20	4.898,000	92
97	30	4.495,000	70
98	20	4.929,000	90
99	28	4.743,000	90
100	23	5.084,000	93
101	20	4.712,000	93
102	22	4.061,000	95
103	20	4.650,000	80
104	20	4.712,000	79
105	28	4.464,000	79
106	35	3.658,000	80
107	36	5.301,000	91
108	35	3.720,000	60
109	40	4.123,000	85
110	34	5.890,000	95
111	37	4.420,000	70
112	25	4.805,000	74
113	23	4.805,000	92
114	30	4.588,000	95
115	25	5.301,000	93
116	23	4.805,000	92
117	25	5.573,000	105
118	23	4.843,000	98
119	23	4.743,000	97
120	20	4.743,000	65
121	20	4.805,000	70
122	21	5.238,000	72
123	40	4.681,000	85
124	36	4.030,000	92
125	24	4.280,000	90

126	30	4,563,000	78
127	21	4,928,000	83
128	20	5,549,000	90
129	30	5,580,000	79
130	27	4,433,000	74
131	33	4,346,000	69
132	32	4,495,000	86
133	26	4,836,000	94
134	35	4,247,000	76
135	23	4,929,000	85
136	20	3,503,000	76
137	40	4,712,000	86
138	40	4,619,000	90
139	28	4,836,000	90
140	25	4,701,000	85
141	26	4,512,000	80
142	20	3,937,000	78
143	21	4,327,000	81
144	28	4,495,000	76
145	40	5,146,000	89
146	23	4,533,000	92
147	40	5,158,400	80
148	20	4,712,000	92
149	20	4,309,000	93
150	25	5,128,000	103
151	22	3,534,000	94
152	23	4,123,000	62
153	36	4,371,000	82
154	40	3,906,000	70
155	24	4,998,000	104
156	40	4,307,000	80
157	36	4,829,000	89
158	20	4,619,000	80
159	37	4,153,000	76
160	21	4,929,000	78
161	40	4,371,000	74
162	25	4,774,000	81
163	20	5,426,000	79
164	30	4,254,000	60
165	35	3,813,000	74
166	20	4,154,000	80
167	40	5,084,000	92
168	20	4,519,000	88
169	40	4,588,000	75
170	37	4,550,800	92

Nros.	Edad Años.	Glóbulos rojos por 0,001 c. c.	Hemo- globina.
171	40	4.650,000	85
172	20	4.340,000	61
173	35	4.061,000	81
174	20	4.495,000	82
175	22	4.537,000	98
176	22	4.011,400	76
177	25	4.240,800	70
178	35	4.488,800	75
179	40	3.999,000	73
180	26	3.937,000	84
181	40	4.241,000	74
182	23	4.185,000	68
183	20	4.093,000	70
184	28	5.095,000	70
185	24	4.937,000	72
186	20	4.375,000	80
187	38	4.537,000	92
188	33	4.589,000	76
189	22	4.490,000	80
190	22	4.750,000	88
191	29	4.240,000	76
192	30	4.125,000	72
193	32	4.495,000	82
194	47	4.488,000	82
195	20	5.086,000	70
196	21	4.650,000	85
197	22	3.998,000	76
198	40	4.589,000	75
199	20	5.246,000	79
200	25	4.929,000	78

Como se ve, las cifras medias de 4.799,714 glóbulos rojos por 1 m. m. c. y la 83,21 de hemoglobina, que corresponden a un valor globular de 26 diez billonésimos de miligramo (1) no alcanzan siquiera a

(1) El valor globular, es decir, la cantidad de hemoglobina que contiene cada glóbulo rojo, ha sido obtenido, teniendo en cuenta la densidad de la sangre por la siguiente fórmula, cuyo autor es el doctor Juan N. Corpas, quien ha tenido la bondad de suministrármela:

$$X = \frac{H \times D}{N \times 100.000,000}$$

En la que X representa el valor globular; D la densidad de la sangre, o sean 1.061, prescindiendo de la coma decimal; H la cantidad de hemoglobina contenida en 100 gramos de sangre, y N el número de glóbulos rojos por 1 m. m. c.

igualar a las cifras obtenidas a nivel del mar. Bajo este punto de vista no nos defendemos, pues, los habitantes de la altiplanicie contra la altura; la ley de Viault no se cumple en nosotros, puesto que ni nuestros glóbulos rojos ni nuestra hemoglobina aumentan.

Pero veamos si hay otros medios de defensa contra el enrarecimiento del aire.

Vimos atrás que el organismo no toma sino el oxígeno que necesita. Vimos también que a causa del enrarecimiento del aire el habitante de la altiplanicie de Bogotá no toma en los 21 litros 91 los 31 gramos 30 que se toman a nivel del mar en el mismo volumen.

Lo primero que se ocurre es que los habitantes de la altiplanicie suplen con una mayor capacidad torácica esta insuficiencia de oxígeno atmosférico; que introduciendo en cada inspiración un mayor volumen de gas, llegan a absorver los mismos 31 gramos 30 de oxígeno por hora. Pero en 54 capacidades torácicas que he tomado en hombres he hallado un promedio que no alcanza sino a 1,8, cifra muy semejante a la que encontró el doctor Corpas (1,7). El problema se reduce entonces a averiguar cuántas respiraciones se necesitan en Bogotá para tomar la cantidad de oxígeno indicada en peso. Hé aquí cómo lo resuelve el doctor Corpas:

Según los experimentos de Bruner y Valentín, el hombre toma la cuarta parte del aire que pasa por sus pulmones; de modo que para tomar los 31 gramos 30 que necesita en cada hora, deben pasar por los pulmones 125 gramos 20 que están contenidos, a nivel del mar, en 450 litros de aire. Ahora bien: si en Bogotá contiene un litro de aire 0 gramos 192 de oxígeno, los 125 gramos 20 estarán contenidos en 652 litros de aire que servirán, a razón de 500 c. c. por cada respiración, para 1,304 respiraciones por hora, o sean 21,7 por minuto.

Como resultado de 100 observaciones, el mismo autor encuentra, como término medio, 20,9 respiraciones por minuto. Como se ve, los dos resultados—el del cálculo y el de la observación—son sensiblemente iguales y se acercan también a la cifra 20,3 fijada por el Dr. Coidet en la mesa de Anahuac. Según el mismo autor, el número de pulsaciones por minuto es, en la altiplanicie, de 83. De modo que si no hay un mecanismo compensador respecto a una mayor superficie de hemoglobina, lo hay por una mayor rapidez en la renovación de las superficies puestas en contacto para tomar el oxígeno que debe ir a producir las combustiones. Lo difícil es saber si este mecanismo alcanza a suplir a aquél; si lo que resulta por el cálculo matemático, resulta también en cuanto a la práctica de las combustiones orgánicas, o si en definitiva la falta de superficie hemoglobínica es una de las causas de la baja de la temperatura animal en la altiplanicie. Por tener plena confianza en la competencia del doctor Corpas, no me he tomado el trabajo de rectificar estos dos últimos importantes datos, lo que

habría implicado un tiempo mucho mayor del que he necesitado para la elaboración de este trabajo.

Ya se vió cómo la intensidad de las combustiones orgánicas está en razón directa de la cantidad de alimentos ingeridos (véase página 20), de modo que para compensar las pérdidas de calor que el organismo sufre en la altiplanicie—por efecto de la altura, del estado higrométrico, de la temperatura ambiente, etc.—se necesita agregar a los medios de defensa de que ya se ha hablado, el de una alimentación muy rica en materiales nutritivos.

Me extendería demasiado si me pusiera a relatar los experimentos que se han hecho sobre esta cuestión del alimento, como medio de defensa contra las causas de enfriamiento, tales como las de Levy, en perros (1), las de Viault, en el hombre, las de Richet, en curíes (2), las de Atwater y las de Rubner sobre el valor alimenticio de los alimentos (3).

Estas consideraciones, agregadas a la observación diaria y la tesis del doctor Del Río (4), dejan comprender que hay una insuficiencia de eliminación de la úrea entre nosotros, me condujeron a hacer investigaciones sobre la alimentación y luégo sobre la eliminación azoada de la altiplanicie. En los capítulos siguientes se verá el resultado de estas investigaciones.

(Continuará)

(1) Lambling. Loc. cit.

(2) Ch. Richet. Chaleur animale, páginas 13 y siguientes.

(3) Labbé. Les Regimes alimentaires.

(4) Anastacio del Río. Tesis para el doctorado. 1892.

