

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 expiración.

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 hiperglobulia se produciría a partir de los 700 metros. Por medio de esta hiperglobulia 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 hiperglobulia 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. *Science 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 | 22 | 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 absorber 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. Coindet 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 curies (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 luego 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.

