

EL METABOLISMO BASAL EN LA ALTURA

POR TULLIO VELÁSQUEZ QUEVEDO

El metabolismo energético total, expresado en términos de calor, puede ser medido por la cantidad de oxígeno necesaria para mantenerlo. Es posible esta medición porque el oxígeno tiene un valor calórico conocido según la clase de alimento que se quema en el organismo, y porque se puede saber qué clase de alimento (hidratos de carbono, grasas o proteínas) o mezcla de ellos, se quema por la relación entre el CO_2 desprendido y el O_2 consumido, vale decir, por el Cociente Respiratorio. En este hecho se basan los métodos de Calorimetría Indirecta para la apreciación del Metabolismo Basal.

Estos métodos son, fundamentalmente, dos. En el primero, llamado de "circuito cerrado", se da a respirar O_2 puro, se mide el consumo y se le convierte en calorías, otorgándole un valor calórico medio standard. En el segundo método, de "circuito abierto", se hace respirar aire atmosférico, y se calcula el consumo de oxígeno, midiendo el contenido de este gas en el aire espirado y deduciéndolo del volumen total de oxígeno inspirado en el aire atmosférico; en este caso el O_2 obtiene su valor calórico del cociente respiratorio exacto del sujeto, que se conoce porque el aire espirado es analizado, también, para su contenido en CO_2 .

Se han verificado las más exhaustivas determinaciones de la producción calórica basal a nivel del mar o a alturas cercanas a él, en relación con los más diversos factores fisiológicos y antropológicos. También han sido realizadas mediciones del Metabolismo Basal en las grandes alturas: N. Zuntz y Schumberg, (1) en 1896, no encontraron modificación a 2800 metros. Loewy, Loewy y Zuntz (2) en 1897, a 3620 señalaron un pequeño aumento del consumo de O_2 . Burgy, (3) en 1901, a 2252 m. no encuentran alteración en el M. B. Zuntz y Daring, (4) en 1912, en Te-

nerife, a 2900 m., encontraron una tasa metabólica no alterada. Douglas, Haldane, Henderson y Schneider, (5) 1913, en el Pike's Peak, Colorado, a 4200 m. encontraron un metabolismo normal después de estar aclimatados. Hasselbach y Linhard, (6) operando en cámaras de baja presión barométrica demostraron no haber alteración en el consumo basal de oxígeno. Schneider, (7) en el año 1923, encuentra un 5% más de metabolismo antes de estar aclimatados a la altura que después de la aclimatación. Schneider, Trusdell y Clarke, (8) en 1924, en cámaras de baja presión, imitando una altura de 15000 pies, demostraron que no había alteración después de una prolongada exposición. Barcroft, Binger, Bock, Doggart, Forbes, Harrop, Meakins y Redfield, (9) 1922, en Cerro de Pasco, a 4300 metros, no encontraron alteración del metabolismo. Kestner, Peemøller y Schadow (10) encontraron aumento en los primeros días con restablecimiento posterior de la tasa metabólica basal. Du Bois, (11) en cámaras respiratorias, a diferentes presiones (más y menos de una atmósfera) no ha notado variaciones en las condiciones basales. Hurtado, usando los metabolímetros de Sanborn y de Benedict-Roth (de "circuito cerrado"), (12) en 1928, trabajando a 4038, 3800 y 2300 metros, no ha encontrado alteraciones del M. B. en los residentes de esas alturas, nativos o no, adaptados, y sí un marcado descenso en los no adaptados. Crile y Quiring, (13) en Guatemala, a 2650 metros, han encontrado un aumento de 8% sobre las tablas. Rajacopal, (14) en la India, a 2000 metros, lo ha encontrado normal en los residentes y aumentado en los recién llegados. Lenti, (15) en 1936, en el Monte Rosa, 2900 metros, ha encontrado un aumento de 7% en recién llegados. Mc. Krittrick, (16) en Wyoming, a 7128 pies, estudiando 100 sujetos, lo ha encontrado en cifras normales. Lewis R., Iliff A., Duval A. M., (17) en 1943, en Denver, Colorado, en un estudio de 43 sujetos, ha encontrado que la altura indicada no afecta el metabolismo basal (fué usado un metabolímetro de "circuito cerrado"). Lewis, Iliff, Duval y Kinsman, (18) 1943, en El Dorado, a 8720 pies, estudiando un grupo previamente adaptado por varias semanas a esa altura, y al que ya se había estudiado en Denver, a 5280 pies, encontraron que no había cambio en el M. B. a esa altura. Mc. Creery, Lamb y Bavuosset, (19) a 3215 pies, con el metabolímetro de Benedict-Roth, han hallado un metabolismo normal. Asmussen E. y Consolazio F., (20) en el Monte Evans, a 4300 me-

tros y 460 mm. Hg. de presión, han encontrado que no había alteración apreciable del M. B. en sujetos previamente estudiados a nivel del mar.*

Por otra parte, la saturación al oxígeno de la sangre arterial es función de la presión parcial de este gas en el aire alveolar. A nivel del mar esta saturación alcanza valores del 96 al 99%; un aumento en la presión del oxígeno no la hace variar apenas, en cambio una disminución de esta presión produce un descenso en la tasa de hemoglobina saturada tanto mayor cuanto mayor sea el descenso de aquella. En Morococha, a 4517 metros y 431.9 mm. Hg. de presión barométrica, la saturación al oxígeno de la sangre arterial es de 81.4%. (21) Dedúcese, en consecuencia, que el consumo de O_2 , determinado en los metabolímetros corrientes, en que el sujeto respira O_2 a elevada presión, a nivel del mar o a pequeñas alturas, depende de las combustiones orgánicas, pero en las grandes alturas depende de dos factores: los requerimientos metabólicos y la elevación de la saturación de la sangre arterial y venosa así como el pago del déficit tisular. Este hecho introduce un factor de error en las mediciones del metabolismo basal por el método indicado, que no se puede calcular a priori para corregir los resultados y que hace necesario un estudio comparativo con el método de "circuito abierto" para determinar el grado de validez de aquel. Como en nuestro medio hay suficientes determinaciones del Metabolismo Basal con los Metabolímetros de Sanborn y Benedict-Roth, en grandes alturas, nos hemos propuesto, en el presente trabajo, realizar un estudio del M. B. por el método de "circuito abierto" tanto para verificar la validez de las cifras dadas por los métodos corrientes, cuanto para acrecentar el número de datos relativos a la respiración en la altura. Quizá el número de determinaciones efectuado es insuficiente para llenar el fin propuesto, pero, creemos, es bastante para dar idea clara del problema.

MATERIAL Y METODOS

Hemos efectuado 23 determinaciones del Metabolismo Basal por el método de "circuito abierto", a 4517 metros sobre el nivel

* Por directamente inaccesibles a nuestras posibilidades, en la mayor parte de los casos, los trabajos originales, en especial los anteriores a 1930, no hemos podido consultarlos en lo referente a los métodos usados en cada caso.

del mar (Morococha), previo estudio de una corta serie de estudiantes de la Facultad de Medicina, en Lima (150 m. de altura), que nos sirvió para comparar nuestros resultados y asegurarnos del buen funcionamiento de nuestros aparatos y métodos.

Los sujetos estudiados eran residentes de Morococha, por un período más o menos largo, nativos todos, menos uno, de lugares elevados y bien adaptados; casi todos de raza indígena, tres mestizos; de edad y características que señalamos más adelante (tabla I).

Las condiciones basales fueron escrupulosamente guardadas: todos los sujetos, excepto uno, durmieron en el lugar de la experiencia y no se levantaron ni hicieron ejercicio alguno antes de la prueba. La última comida fué tomada doce horas antes cuando menos. Al único sujeto que no durmió en el laboratorio, se le hizo descansar, previamente, una hora. La temperatura corporal, tomada en la boca, fué normal en todos los sujetos, entre 36° y 36.9°C . Las pruebas se tomaron con el sujeto en posición reclinada.

La ventilación de la habitación fué convenientemente asegurada así como su temperatura; en los dos casos en que la temperatura fué baja se aseguró una condición confortable para el sujeto cubriéndolo con una manta.

Se llevó un record del número de pulsaciones y respiraciones antes y durante la prueba, para asegurar una buena colaboración del sujeto. Dos resultados han sido eliminados por falta de colaboración y no figuran en el trabajo.

La presión barométrica fué tomada en cada determinación, con un barómetro aneroide. En nuestros cálculos hemos usado la presión ideal para la altura del lugar, debido a que una posterior revisión del barómetro empleado, demostró que fallaba. Debemos indicar que las pequeñas variaciones diarias de la presión barométrica sólo alcanzan a dos o tres milímetros de mercurio, en más o menos, y esta cifra altera el cálculo del consumo de O_2 y del M. B., en una fracción tan pequeña que es despreciable.

Fué usada una bolsa de Douglas para recibir el aire espirado y un gasómetro de Tissot para medirlo. Las llaves y conexiones eran revisadas frecuentemente para impedir el escape de aire; las válvulas de jebe eran secadas después de cada prueba. Para el análisis del aire espirado, en su contenido en O_2 y CO_2 , se usó el aparato de Haldane-Carpenter-Henderson. Las muestras de

aire se tomaban en tubos de vidrio Pyrex con dos llaves de vidrio, una de ellas con doble vía, conteniendo mercurio, procurándose tomar las precauciones necesarias para evitar la contaminación con el aire atmosférico.

Para acostumbrar al sujeto, a la vez que para lavar el sistema válvulas-bolsas, se efectuaba una prueba de 6 minutos. Luego eran realizadas dos pruebas definitivas de diez minutos cada una, extrayéndose, para su análisis, dos muestras de aire espirado de cada bolsa.

Después de la determinación, los sujetos eran pesados y medidos. El área de superficie corporal ha sido calculada según las tablas de Du Bois.

Para comparar nuestros resultados hemos usado los Standard de Boothby. (22)

En el grupo de estudiantes de Lima hemos seguido igual método y registrado idénticas condiciones.

A esta serie de nuestras determinaciones hemos agregado los resultados obtenidos por el Dr. Humberto Aste S. en 7 atletas, en Lima y 23 estudiantes de instrucción secundaria, residentes en Huancayo, a 3120 metros, perfectamente adaptados a esa altura.*

En todos los casos se trata de sujetos del sexo masculino. . .

RESULTADOS:

En las tablas I, II y III, dejamos anotadas las características físicas de los sujetos de los cuatro grupos estudiados.

La edad, en las series de Lima, fluctúa entre los 21 y los 26 años, para los estudiantes (con un solo caso que escapa hasta los 42), y de 20 a 25 años para los atletas, con un promedio de 25.4 para los primeros y 24.4 para los segundos. En la serie de Huancayo la edad varía entre los 16 y los 22 años, con una media de 19.4. En el grupo de Morococha la media de la edad es de 19.07, con valores extremos de 17 y 22. Todos los sujetos de Huancayo son estudiantes de colegio y los de Morococha trabajadores de superficie en las minas y con una actividad más que moderada.

* Este trabajo realizado por el Dr. Aste S., en 1940 y 1941, no ha sido publicado. Agradecemos profundamente el habérselo cedido para incrementar los datos de la presente tesis.

TABLA I

CARACTERES FISICOS DE LOS SUJETOS
ESTUDIADOS EN LIMA

(Alt. 150 m. — 751 mm. Hg.)

ESTUDIANTES

Nombre	Edad. (años)	Peso (Kgr.)	Estatura (cm.)	Ar. Superficie corporal (m ² .)
R. L.	26	56.0	167.5	1.625
J. C.	23	56.0	162.0	1.590
M. P.	21	82.5	173.0	1.964
J. F.	21	65.0	178.0	1.810
J. B.	21	48.0	160.5	1.480
D. R.	26	55.2	158.5	1.557
W. V.	42	47.5	145.5	1.370
U. G.	23	60.5	166.5	1.675

MEDIA

E. St.	25.40 ± 0.8	58.84 ± 4.0	163.94 ± 3.5	1.634 ± 0.1
Des. St.	2.08 ± 0.6	10.46 ± 2.8	9.2 ± 2.5	0.174 ± 0.1
Coef. Var. .	8.19 %	5.61 %	17.78 %	10.65 %
Val. Extré. .	21 - 42	47.5 - 82.5	145.5 - 178.0	1.37. - 1.964

ATLETAS

Nombre	Edad (años)	Peso (Kgr.)	Estatura (cm.)	Ar. Superficie corporal (m ² .)
G. J.	22	65.3	170.5	1.748
A. M.	30	69.3	173.5	1.846
O. J.	23	70.3	172.5	1.820
E. M.	20	56.0	165.5	1.605
O. Q.	25	74.9	166.5	1.820
P. R.	24	68.6	167.0	1.760
A. B.	24	64.2	170.5	1.735

MEDIA

E. St.	24.43 ± 1.2	66.94 ± 2.3	169.44 ± 0.9	1.758 ± 0.08
Des. St.	2.92 ± 0.8	5.51 ± 1.6	2.12 ± 0.6	0.2 ± 0.06
Coef. Var. .	11.95 %	8.25 %	4.25 %	11.38 %
Val. Extré. .	22 - 30	56.0 - 74.9	165.5 - 173.5	1.605 - 1.820

E. S.—Error Standard.

Des. St.—Desviación Standard.

Coef. Var.—Coeficiente de variación.

Val. Extré.—Valores extremos.

TABLA II

CARACTERES DE LOS SUJETOS ESTUDIADOS
EN HUANCAYO

(3120 m. — 5 mm. Hg.)

Nombre	Edad (años)	Peso (kg.)	Estatura (cm.)	Superficie. cor- poral (m ² .)	Tiempo re- sidencia
G. S.	17	53.8	168.5	1.602	permanen.
L. M.	17	58.0	161.8	1.642	permanen.
E. S.	19	54.2	170.5	1.618	10 años
G. M.	20	52.8	157.5	1.515	permanen.
V. H.	20	48.3	158.3	1.465	permanen.
W. G.	19	59.1	162.8	1.618	8 años
A. C.	19	65.1	176.0	1.785	8 años
J. M.	17	47.6	157.3	1.446	permanen.
A. D.	18	50.1	165.3	1.534	5 años
C. A.	16	46.8	156.8	1.435	10 años
P. R.	19½	52.2	155.5	1.493	
J. M.	17	50.5	158.5	1.494	permanen.
M. I.	17	56.4	164.5	1.602	5 años
F. S.	19	53.5	166.5	1.585	5 años
J. C.	18	59.5	162.5	1.623	15 años
V. T.	19	57.3	158.5	1.573	permanen.
J. M.	20	54.1	158.3	1.543	10 años
V. A.	18	56.1	169.5	1.633	permanen.
J. F.	21	48.7	156.0	1.450	18 años
A. A.	21	56.9	167.5	1.628	1 mes
J. A.	21	51.3	159.8	1.513	5 años
F. S.	22	54.0	162.3	1.560	5 años
V. V.	21	52.7	162.5	1.548	

	Media ± E. St.	Desviación Standard	Cofic. Variac.	Valros ex- tremos
Edad	19.4 ± 0.33	1.59 ± 0.23	8.20 %	16 - 22
Peso	53.67 ± 0.86	4.13 ± 0.60	7.70 %	46.83 - 65.09
Estatu.	162.54 ± 1.13	5.43 ± 0.80	3.34 %	155.5 - 176.0
Sup. Cor.	1.560 ± 1.67	8.00 ± 1.20	5.13 %	1.435 - 178.5

TABLA III

CARACTERES DE LOS SUJETOS ESTUDIADOS
EN MOROCOCHA

(4517 m. — 431.9 mm. Hg.)

Nombre	Edad (años)	Peso (kg.)	Estatura (cm.)	Superfic. cor- poral (m ² .)	Tiempo re- sidencia
R. H.	18	46.5	148.5	1.380	7 años
R. M.	17	48.5	159.5	1.480	permanen.
G. H.	17	45.0	151.5	1.385	2 años
L. F.	20	52.0	155.0	1.490	permanen.
A. T.	18	47.5	161.5	1.480	9 años
A. A.	18	50.0	159.5	1.495	3 meses
J. A.	20	53.5	153.0	1.495	4 años
A. R.	19½	57.0	161.0	1.590	3 años
I. H.	19	50.7	154.5	1.470	13 años
L. S.	18	54.2	163.0	1.572	8 años
H. Y.	17	46.0	147.5	1.365	3 años
A. D.	18	53.5	163.0	1.565	permanen.
A. V.	20	59.5	160.5	1.620	2 meses
J. H.	18	53.3	157.0	1.520	5 meses
A. Q.	17½	53.0	158.5	1.530	6 meses
A. G.	19	52.0	165.0	1.560	permanen.
C. L.	17½	60.0	159.0	1.620	1 año
P. H.	20	55.0	159.0	1.560	6 años
A. F.	17	60.5	158.0	1.615	4 meses
V. V.	19	49.3	152.0	1.435	1 mes
G. E.	22	43.8	148.5	1.340	2 años
A. M.	20	49.5	155.5	1.455	1 mes
V. C.	19	53.8	162.5	1.560	9 años

	Media ± E. St.	Desviación Standard	Cofic. Variac.	Valores extremos
Edad	19.07 ± 0.27	1.28 ± 0.19	6.72 %	17 — 22
Peso	52.17 ± 0.95	4.57 ± 0.67	8.75 %	43.8 — 60.5
Estatura . .	157.28 ± 1.06	5.10 ± 0.75	3.24 %	147.5 — 165.0
Sup. Corp. .	1.5100 ± 1.73	8.28 ± 1.22	5.48 %	1.34 — 1.620

El tiempo de residencia de los sujetos estudiados en la altura es variable, entre 1 mes y más de 20 años. Este tiempo de residencia se refiere al lugar en que han sido hechas las determinaciones pero, en general, todos son oriundos de zonas elevadas, y han vivido casi a permanencia en ellas (excepto uno de Morococha que era nacido en Lima con 13 años de residencia en la altura, y dos de Huancayo: uno nacido en Lima y otro en Huánuco con 15 y 10 años en la altura, respectivamente).

Las diferencias físicas entre los diferentes grupos son bastante acentuadas, sobre todo entre el grupo de atletas cuyo peso y estatura medios son elevados y el de Morococha de peso y talla más bien bajos. Así, el área de superficie (función de peso y estatura) varía de 1.634 m², para los estudiantes de Lima, 1.758 m², para los atletas a 1.560 m², para los sujetos de Huancayo y 1.510 m², para los de Morococha.

En los cuadros IV, V y VI, hacemos constar la producción de CO₂, el consumo de O₂ y el cociente respiratorio, en cada uno de los sujetos estudiados, en los cuatro grupos. Damos los dos primeros resultados (O₂ y CO₂) tanto en centímetros cúbicos por minuto, que es la forma habitual de expresarlos, cuanto en centímetros cúbicos por minuto y m², de superficie corporal, porque esta última forma nos permite una comparación más adecuada de los resultados en vista de las notables diferencias físicas, ya anotadas, entre los diversos grupos. Podemos resumir nuestros resultados en el siguiente cuadro comparativo, en el cual se ha usado la media de cada grupo:

TABLA IV

CONSUMO DE O₂ Y PRODUCCION DE CO₂ EN LIMA
CUOCIENTE RESPIRATORIO

ESTUDIANTES

Nombre	Consumo O ₂ minuto (cc.)	Consumo O ₂ min.-m ² . (cc.)	Produc. CO ₂ minuto (cc.)	Produc. CO ₂ min.-m ² . (cc.)	Cuociente Respir.
R. L.	231.4	142.4	195.0	120.0	0.84
J. C.	223.7	140.7	182.5	114.8	0.82
M. P.	295.9	150.9	252.0	128.5	0.85
J. F.	269.0	148.6	227.2	125.7	0.85
J. B.	184.1	124.4	145.4	98.2	0.79
D. R.	220.3	141.5	205.9	132.2	0.94
W. V.	176.1	128.5	137.8	100.6	0.78
U. G.	243.9	145.6	172.1	102.7	0.71
Media . . .	230.55	140.33	189.78	115.34	0.82
E. St. . . .	± 14.1	± 3.3	± 13.8	± 3.91	± 0.02
Des. St. . .	37.42	8.74	36.43	10.35	0.06
E. St. . . .	± 10.00	± 2.3	± 9.7	± 2.3	± 0.02
Coe. Var. . .	16.23%	6.21%	19.2%	8.97%	7.32%
Valores . .	{176.1	124.4	137.8	98.2	0.71
Extremos .	{295.9	150.9	252.0	132.2	0.94

ATLETAS

Nombre	Consumo O ₂ minuto (cc.)	Consumo O ₂ min.-m ² . (cc.)	Produc. CO ₂ minuto (cc.)	Produc. CO ₂ min.-m ² . (cc.)	Cuociente Respir.
G. J.	275.7	157.7	193.7	110.8	0.70
A. M.	238.5	131.3	235.6	129.7	0.99
O. J.	302.5	166.2	223.2	122.6	0.74
E. M.	267.8	166.9	197.8	123.2	0.74
O. Q.	228.0	125.3	201.9	110.9	0.89
P. R.	272.6	154.9	227.6	129.3	0.83
A. B.	284.0	163.7	228.4	131.6	0.80
Media . . .	267.01	152.29	215.46	122.59	0.81
E. St. . . .	± 9.75	± 6.4	± 6.45	± 3.3	± 0.04
Des. St. . .	23.88	15.78	15.81	8.04	0.09
E. St. . . .	± 6.9	± 4.56	± 4.56	± 2.3	± 0.03
Coe. Var. . .	8.94%	10.36%	7.34%	6.56%	11.11%
Valores . .	{228.0	125.3	193.7	110.8	0.70
Extremos .	{284.0	166.9	235.6	131.6	0.99

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación.

TABLA V

CONSUMO DE O₂ Y PRODUCCION DE CO₂ EN HUANCAYO
 CUOCIENTE RESPIRATORIO

Nombre	Consumo O ₂ minuto (cc.)	Consumo O ₂ min.-m ² . (cc.)	Produc. CO ₂ minuto (cc.)	Produc. CO ₂ min.-m ² . (cc.)	Cuociente Respir.
G. S.	281.04	175.4	253.20	158.1	0.90
L. M.	306.01	186.4	262.69	160.0	0.86
E. S.	262.54	162.3	225.31	139.3	0.86
G. M.	255.08	168.4	198.44	131.0	0.78
V. H.	230.07	157.0	189.65	129.5	0.82
W. G.	202.97	125.4	162.14	100.2	0.80
A. C.	246.43	138.1	240.47	134.7	0.98
J. M.	232.22	160.6	197.55	136.6	0.85
A. D.	232.26	151.4	196.37	128.0	0.84
C. A.	275.33	191.9	230.36	160.5	0.83
P. R.	224.81	150.6	172.87	115.8	0.77
J. M.	230.97	154.6	174.87	117.0	0.76
M. I.	256.21	159.9	251.03	156.7	0.98
F. S.	241.52	152.4	188.50	118.9	0.78
J. C.	261.32	161.0	119.44	135.2	0.84
V. T.	262.59	166.9	226.76	144.2	0.86
J. M.	229.26	148.6	203.98	132.2	0.89
V. A.	242.16	148.3	198.21	121.4	0.82
J. F.	262.01	180.7	217.57	150.0	0.79
A. A.	268.31	164.8	241.60	148.4	0.90
J. A.	226.21	149.5	185.22	122.4	0.82
F. S.	260.73	167.1	223.84	143.5	0.86
V. V.	236.67	152.9	235.97	152.4	0.99
Media . . .	251.20	159.78	211.85	136.74	0.85
± E. St. . .	± 4.88	± 3.19	± 6.01	± 3.35	± 0.01
Des. St. . .	23.39	15.30	28.84	16.07	0.06
± E. St. . .	± 3.45	± 2.26	± 4.25	± 2.37	± 0.01
Coe. Var. . .	9.31%	9.58%	13.61%	11.75%	7.50%
Valores . .	{202.97	125.4	162.14	100.2	0.76
Extremos .	{306.01	191.9	262.69	160.5	0.99

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación.

TABLA VI

CONSUMO DE O₂ Y PRODUCCION DE CO₂ EN MOROCOCHA
CUOCIENTE RESPIRATORIO

Nombre	Consumo O ₂ minuto (cc.)	Consumo O ₂ min.-m ² . (cc.)	Produc. CO ₂ minuto (cc.)	Produc. CO ₂ min.-m ² . (cc.)	Cuociente Respir.
R. H.	224.0	162.32	180.4	130.7	0.81
R. M.	230.6	155.81	192.2	129.9	0.84
G. H.	249.4	180.07	226.2	163.3	0.91
L. F.	209.9	140.87	180.1	120.9	0.86
A. T.	210.3	142.09	177.6	120.0	0.85
A. A.	224.2	149.97	193.3	129.3	0.86
J. A.	212.9	142.41	199.1	133.2	0.94
A. R.	227.2	142.89	176.7	111.1	0.78
I. H.	208.9	142.11	193.4	131.6	0.93
L. S.	215.6	137.15	185.1	117.7	0.86
H. Y.	223.4	163.66	185.1	135.6	0.83
A. D.	209.5	133.87	174.0	111.2	0.83
A. V.	258.1	159.32	222.2	137.2	0.86
J. H.	220.7	145.20	194.8	128.2	0.88
A. Q.	262.4	171.50	244.8	160.0	0.94
A. G.	227.8	146.03	196.8	126.2	0.86
C. Ll.	220.9	136.36	208.5	128.7	0.94
P. H.	222.1	142.37	189.1	121.2	0.85
A. F.	240.9	149.16	207.6	128.5	0.87
V. V.	204.9	142.79	184.6	128.6	0.90
G. E.	190.8	142.39	145.7	108.7	0.77
A. M.	257.9	177.25	205.8	141.4	0.77
V. C.	227.3	145.71	194.7	124.8	0.86
Media . . .	225.44	150.65	193.15	129.30	0.86
± E. St. . .	± 3.61	± 2.67	± 3.75	± 2.65	± 0.01
Des. St. . .	17.33	12.81	17.98	12.69	0.05
± E. St. . .	± 2.56	± 1.89	± 2.65	± 1.87	± 0.01
Coe. Var. . .	7.69%	8.50%	9.31%	9.81%	5.90%
Valores . .	{190.8	133.87	145.7	108.7	0.77
Extremos .	[262.4	180.07	244.8	163.3	0.94

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación.

	O ₂ /min. cc.	CO ₂ /min. cc.
Estudiantes	230.55	189.78
Atletas	267.01	215.46
Huancayo	251.20	211.85
Morococha	255.44	193.15

Que las pequeñas diferencias se deben a la disparidad de los caracteres físicos de los sujetos estudiados, se demuestra refiriendo estos valores al área de superficie, como se ve en el cuadro siguiente:

	O ₂ /min.-m ² . cc.	CO ₂ /min.-m ² . cc.
Estudiantes	140.33	115.34
Atletas	152.29	122.59
Huancayo	159.78	136.74
Morococha	150.95	129.30

Se ve que las diferencias en el consumo de O₂ casi han desaparecido. Igual conclusión se desprende del análisis de las cifras del CO₂.

El Cuociente Respiratorio, con variaciones individuales, probablemente debidas al factor alimenticio, que oscilan entre valores de 0.70 y 0.99 en Lima, 0.76 y 0.99 en Huancayo, y 0.77 y 0.94 en Morococha, tiene un valor promedio de 0.82, 0.81, y 0.85 y 0.86 para los cuatro grupos estudiados, respectivamente. Este valor está perfectamente ajustado al que clásicamente se da como standard en condiciones basales.

Podemos anotar, también, que hay en lo que se refiere a los valores del consumo de O₂, diferencias individuales bastante apreciables: para Lima los valores extremos son 176.4 cc. y 295.9 cc. por minuto en los estudiantes, 228.0 cc. y 284.0 cc. en los atletas; para Huancayo 202.97 cc. y 306.01 cc. por minuto; y para Morococha 190.8 cc. y 262.4 cc. por minuto.

En las Tablas VII, VIII y IX, constan separadamente los resultados del Metabolismo Basal en los cuatro grupos estudiados.

Las cifras del pulso y de las respiraciones anotadas son, en cada caso, la media de no menos de 5 recuentos para el pulso y de 6 para las respiraciones. El número de pulsaciones es normal

en todos los casos, debiendo notarse solamente que la media en los atletas (55.3 por minuto) es inferior a la media en los otros grupos (estudiantes en Lima 70, Huancayo 66.4 y Morococha 69.2). El número de respiraciones es normal en todos los grupos: 14.1 y 14.5 en Lima, 16.8 en Huancayo y 17.2 en Morococha.

La cifra media de las calorías por hora y metro cuadrado de superficie corporal, y el por ciento de desviación de estos resultados con relación a los standards usados (Boothby), demuestran que estos valores caen dentro de las cifras consideradas como normales: + 0.2 % en los estudiantes, en Lima; + 8.8 % en los atletas; + 10.5 % en los estudiantes de Huancayo, y + 2.2 % en los sujetos de Morococha.

TABLA VII
METABOLISMO BASICO EN LIMA
(150 m. — 751 mm. Hg.)

ESTUDIANTES

Nombre	Pulso	Respiración	Calorías Hora	Calorías Hora-m ² .	Cal. Stand. (Boothby)	Metabol. Básico
R. L.	71	14.1	67.32	41.43	40.24	+ 2.95
J. C.	75	13.0	62.77	40.74	40.82	- 0.20
M. P.	67	15.0	86.31	44.02	41.43	+ 6.24
J. F.	81	18.8	78.39	43.31	41.43	+ 4.54
J. B.	76	15.0	52.92	35.76	41.43	- 13.69
D. R.	67	12.0	65.64	42.16	40.24	+ 4.76
W. V.	60	13.1	50.46	36.83	38.00	- 3.08
U. G.	63	11.8	68.61	40.96	40.82	+ 0.35
Media	70.0	14.1	66.55	40.65	40.55	+ 0.23
± E. St.	± 2.5	± 0.8	± 4.2	± 1.1	± 0.4	
Des. St.	6.6	2.1	11.15	2.74	0.98	
± E. St.	± 1.8	± 0.6	± 3.0	± 0.7	± 0.3	
Coe. Var.	9.4%	14.96%	16.75%	6.74%	2.42%	
Val.	{60	12.0	50.46	35.76	38.00	- 13.69
Extre.	{81	18.8	86.31	44.02	41.43	+ 6.24

ATLETAS

Nombre	Pulso	Respiración	Calorías Hora	Calorías Hora-m ² .	Cal. Stand. (Boothby)	Metabol. Básico
G. J.	54	16.0	77.52	44.55	40.82	+ 9.14
A. M.	53	19.0	72.06	39.68	39.34	+ 0.86
O. J.	73	18.0	85.80	47.14	40.24	+ 17.15
E. M.	54	13.0	75.72	47.18	41.43	+ 13.88
O. Q.	51	12.0	67.20	36.92	40.24	- 8.25
P. R.	50	9.3	79.14	44.97	40.24	+ 11.75
A. B.	52	14.5	81.78	47.14	40.24	+ 17.15
Media	55.3	14.5	77.03	43.94	40.36	- 8.81
± E. St.	± 3.0	± 1.3	± 2.33	± 1.54	± 0.25	
Des. St.	7.4	3.2	5.70	3.78	0.59	
± E. St.	± 2.1	± 0.9	± 1.65	± 1.09	± 0.17	
Coe. Var.	13.3%	21.9%	7.40%	8.60%	1.46%	
Val.	{50	9.3	67.20	36.92	39.34	- 8.25
Extre.	{73	19.0	85.80	47.18	41.43	+ 17.15

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación. — Val. Extre.: Valores extremos.

TABLA VIII

METABOLISMO BASICO EN HUANCAYO

Nombre	Pulso	Respi- ración	Calorías Hora	Calorías Hora-m ² .	Cal. Stand. (Boothby)	Metabol. Básico
G. S.	52	15.7	83.04	51.84	44.80	+ 15.71
L. M.	67	13.0	89.40	54.49	44.80	+ 21.63
E. S.	60	16.1	76.68	47.39	42.32	+ 11.98
G. M.	59	16.0	73.08	48.24	41.43	+ 16.44
V. H.	72	16.9	66.66	45.50	41.43	+ 9.82
W. G.	59	15.1	58.44	36.13	42.32	- 14.63
A. G.	56	18.3	74.22	42.17	42.32	- 0.35
J. M.	75	16.6	67.80	46.89	44.80	+ 4.67
A. D.	71	14.2	67.62	44.08	43.25	+ 1.92
C. A.	61	24.3	79.98	55.73	45.72	+ 21.89
P. R.	68	6.9	64.26	43.04	42.00	+ 2.48
J. M.	71	10.4	65.76	44.02	44.80	- 1.74
M. I.	66	23.8	77.16	48.17	44.80	+ 7.52
F. S.	76	16.8	69.24	43.69	42.32	+ 3.24
J. C.	72	18.8	75.90	46.76	43.25	+ 8.12
V. T.	76	22.2	76.86	48.23	42.32	+ 13.97
J. M.	56	14.5	67.50	43.75	41.43	+ 5.60
V. A.	57	14.0	70.14	42.95	43.25	- 0.69
J. F.	68	17.4	75.30	51.93	41.43	+ 25.34
A. A.	61	16.6	79.26	48.69	41.43	+ 17.52
J. A.	64	14.5	65.40	43.22	41.43	+ 4.32
F. S.	83	19.2	76.14	48.81	40.82	+ 19.57
V. V.	62	19.4	71.52	46.20	41.43	+ 11.51
Media	66.4	16.8	72.70	46.44	42.80	+ 10.54
± E. St.	± 1.63	± 0.78	± 1.38	± 0.85	± 0.27	
Des. St.	7.8	3.73	6.64	4.10	1.30	
± E. St.	± 1.15	± 0.60	± 0.98	± 0.60	± 0.19	
Coe. Var.	41.75%	22.16%	9.13%	8.84%	3.04%	
Val.	[52	6.9	58.44	36.13	40.82	- 14.63
Extre.	[83	24.3	89.46	55.73	45.72	+ 25.34

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación.. — Val. Extre.: Valores extremos.

TABLA IX

METABOLISMO BASICO EN MOROCOCHA

(4517 m. — 431.9 mm. Hg.)

Nombre	Pulso	Respi- ración	Calorías Hora	Calorías Hora-m ² .	Cal. Stand. (Boothby)	Metabol. Básico
R. H.	61	14	64.59	46.81	43.25	+ 8.22
R. M.	94	13	67.02	45.28	44.80	+ 1.07
G. H.	62	17	73.83	53.31	44.80	+ 19.00
L. F.	58	16	61.41	41.22	41.43	- 0.52
A. T.	87	18	61.26	41.39	43.25	- 4.30
A. A.	71	15	65.58	43.87	43.25	+ 1.42
J. A.	57	18	63.42	42.42	41.43	+ 2.39
A. R.	76	19	65.10	40.94	42.00	- 2.53
I. H.	69	18	62.07	42.23	42.32	- 0.23
L. S.	61	19	63.06	40.12	43.25	- 7.25
H. Y.	59	16	64.84	47.50	44.80	+ 6.02
A. D.	56	17	60.81	38.86	43.25	- 10.15
A. V.	62	17	75.48	46.60	41.43	+ 12.47
J. H.	81	18	64.86	42.67	43.25	- 1.34
A. Q.	76	18	78.18	51.10	44.03	+ 16.06
A. G.	61	20	66.63	42.71	42.32	+ 0.93
C. Ll.	66	17	65.91	40.69	44.03	- 7.60
P. H.	61	16	64.80	41.54	41.43	+ 0.27
A. F.	72	19	70.53	43.68	44.80	- 2.51
V. V.	70	14	60.54	42.19	42.32	- 0.31
G. E.	62	13	54.45	40.64	40.82	- 0.45
A. M.	81	14	76.56	52.62	41.43	+ 27.01
V. G.	77	18	66.48	42.62	42.32	+ 0.70
Media	69.2	17.2	65.91	44.04	42.84	- 2.24
± E. St.	± 2.1	± 0.5	± 1.18	± 0.79	± 0.27	
Des. St.	9.96	2.32	5.65	3.80	1.28	
± E. St.	± 1.47	± 0.34	± 0.83	± 0.56	± 0.18	
Coe. Var.	14.4%	13.5%	8.57%	8.62%	2.99%	
Val.	[56.0	13.0	60.54	38.86		- 10.15
Extre.	[94.2	24.0	78.18	53.31		+ 27.01

E. St.: Error Standard. — Des. St.: Desviación Standard. — Coe. Var.: Coeficiente de variación. — Val. Extre.: Valores extremos.

Anotamos que 87 % de los resultados en el grupo de Morococha caen dentro de los valores $- 15 \%$ y $+ 15 \%$, considerados como normales, y el 78.27 % entre $- 10 \%$ y $+ 10 \%$.

En el diagrama "A" pueden verse gráficamente estos resultados. Hemos agregado, como dato comparativo, la media de los resultados obtenidos por Hurlado en Santa Lucía, a 4038 metros sobre el nivel del mar, recalculados con los Standards de Boothby usados en el presente trabajo.

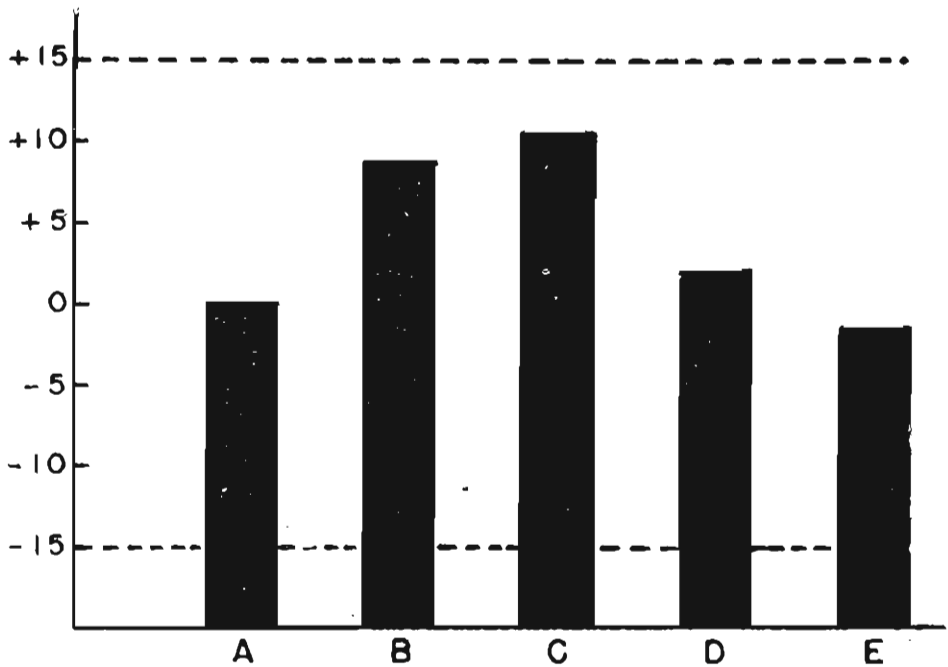
En el diagrama "B" hemos colocado en forma gráfica la distribución del Metabolismo Basal, considerado en desviación por ciento del standard, obtenido en Morococha.

DISCUSION

De los más extensos y documentados trabajos presentes en la literatura, se desprende que el gasto metabólico basal no es alterado por las bajas presiones de oxígeno, dependientes de una disminución de la presión barométrica. Hemos de hacer referencia especial a las determinaciones efectuadas en nuestro medio por Hurlado para estudiar la influencia de la raza y de la altura en el Metabolismo Basal, porque ellas han sido efectuadas en el mismo tipo de sujeto con el que nosotros hemos trabajado y porque conocemos perfectamente el método usado.

De esas determinaciones se desprendía que el Metabolismo Basal en las grandes alturas es normal en los adaptados y bajo en los no adaptados. Existía, sin embargo, la crítica de que el método usado determinaba un error debido a que parte del oxígeno consumido se gastaba en corregir la insaturación de la sangre y el déficit en O_2 de los tejidos. El presente trabajo, realizado con el método de "circuito abierto", que descarta el error mencionado, ratifica, hasta donde el corto número de las determinaciones lo permite, la normalidad de las cifras del Metabolismo Basal encontradas por Hurlado y otros investigadores.

Se deduce de este hecho que el error debido a la insaturación arterial debe ser de tal magnitud que no alcanza a determinar una variación de importancia en los resultados. Para aproximar un cálculo de este factor de error, sería preciso estudiar la variación de la saturación arterial cuando, en la altura, se da a respirar oxígeno puro a sujetos a quienes, además, se les ha determinado su volumen total de hemoglobina. Existen mu-



A- LIMA (ESTUD.)	- MEDIA = + 0.2 %
B- LIMA (ATLET.)	- MEDIA = + 8.8 %
C- HUANCAYO	- MEDIA = +10.5 %
D- MOROCOCHA	- MEDIA = + 2.2 %
E- STA. LUCIA	- MEDIA = - 1.5 % (HURTADO)

Diagrama "A"
Valores del M. B. a diferentes alturas.

chos factores en juego para que sea posible un cálculo a priori, que no diera resultados demasiado groseros, del volumen de oxígeno necesario para elevar la saturación arterial y venosa a los mismos valores que a nivel del mar. Sabemos, por ejemplo, que el volumen sanguíneo y con él el volumen total de hemoglobina, está aumentado; (21) que la velocidad de circulación de la sangre está disminuida; (23) que el coeficiente de difusión del oxígeno a través de la membrana alveolar no varía al bajar la presión de este gas; (9) (8) que el consumo de O_2 es normal como se desprende del presente trabajo y como lo han demostra-

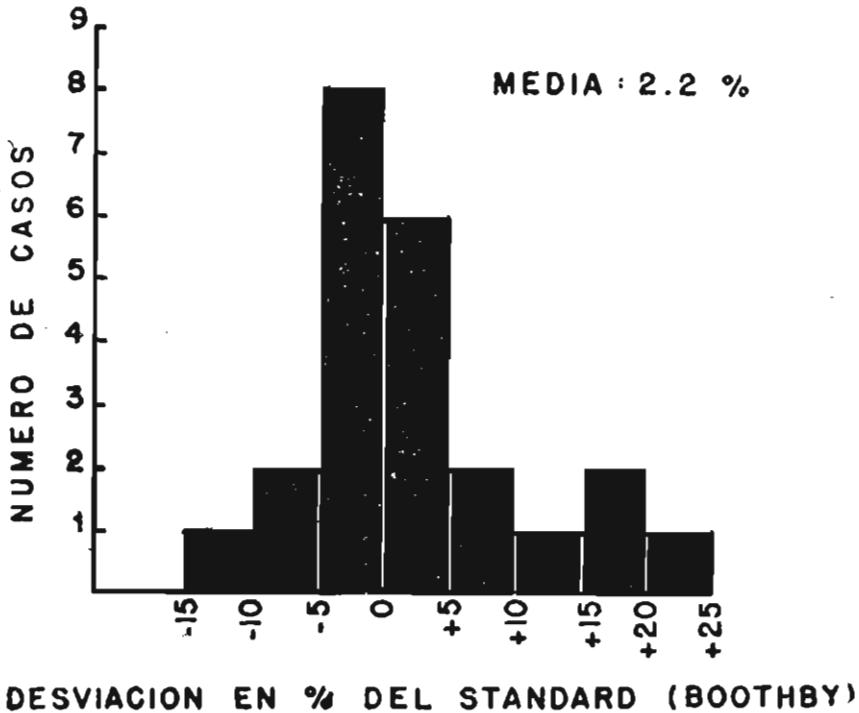


Diagrama "B"
Distribución de los valores del M. B. en Morococha.

do muchos investigadores. (5) (8) (24) Elevando notablemente la presión del oxígeno en el aire alveolar es posible suponer una rápida corrección de la saturación arterial debido a la acentuada gradiente que existe entre dicho aire y la sangre venosa, cuya presión de O_2 es bastante más baja que a nivel del mar. Acentúa esta presunción de una rápida corrección de la saturación el hecho de que parece que la presión del O_2 en el aire alveolar sube rápidamente al respirar este gas puro aún en malas condiciones de ventilación. (25) Sin embargo, sólo nos permitimos dejar establecido que el volumen de oxígeno en referencia no alcanza a alterar la expresión calórica del consumo metabólico basal.

Hemos encontrado, también, un consumo de oxígeno por minuto, normal y estas cifras coinciden con las existentes en la literatura, (5) (8) (24) determinando que un bajo consumo de O_2 no existe como fenómeno de adaptación a las bajas presiones

barométricas. "El metabolismo standard es una constante que es independiente de los cambios externos debido a que estos cambios son siempre hechos insignificantes por los mecanismos reguladores antes de que alcancen la célula". (26)

CONCLUSIONES:

1º En el presente trabajo hemos expuesto los resultados de la determinación del Metabolismo Basal de 23 sujetos residentes en Morococha, a 4517 metros sobre el nivel del mar, realizada por nosotros, y 23 determinaciones llevadas a cabo por Aste Salazar en Huancayo, a 3120 metros de altura, usando en ambos casos el método de "circuito abierto".

2º Las cifras del Metabolismo Basal encontradas, son perfectamente normales en relación a los standards americanos y en concordancia con los resultados anteriormente obtenidos en las grandes alturas por Hurtado, en nuestro medio, y por otros investigadores, en distintos lugares.

3º El error que determina la insaturación arterial en la apreciación del Metabolismo Basal por el método de "circuito cerrado" es insuficiente para hacer variar los resultados de éste. Pueden, pues, usarse los metabolímetros corrientes, sobre todo, si se tiene la precaución de hacer un trazo suficientemente largo para eliminar la parte inicial de él, que es la que debemos suponer más afectada.

4º El consumo de oxígeno es normal en la altura. Un bajo consumo de oxígeno no existe como fenómeno de adaptación a las bajas presiones barométricas.

5º El cociente respiratorio tiene, en la altura, un valor normal e igual, prácticamente, al considerado standard en condiciones basales. Puede, en consecuencia, usarse para el O_2 el mismo valor calórico que se le atribuye a nivel del mar.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ZUNTZ y CHUMBERG: cit. por B. Abagli: "O Metabolismo Básico em funcao da alimentacao e clima", 1939, pág. 67.
- 2.—BURGI: cit. p. Abagli, ob. cit.
- 3.—LOEWY, LOEWY y ZUNTZ: cit. p. Abagli, ob. cit.
- 4.—DURING y ZUNTZ: cit. p. McCann, "Calorimetry in Medicine", ed. 1934. pag.
- 5.—DOUGLAS, HALDANE, SCHNEIDER y HENDERSON: cit. p. Y. Henderson "Adventures in Respirations, ed. 1938, pag. 90.
- 6.—HASSELBALCH y LINHARD: cit. p. McCann, ob. cit.
- 7.—SCHNEIDER, cit. p. McCann, ob. cit.
- 8.—SCHNEIDER, TRUESDELL y CLARKE: cit. p. E. Schneider, "Phisiology of muscular activity", 2ª ed. 1940, pag. 370.
- 9.—BARCROFT y Colab.: Philosophical Transactions of the Royal Society of London; Serie B. Vol 211, pags. 351 y 480.—1922.
- 10.—KESTNER, PEEMOLLER y SCHADOW: cit. p. Du Bois, "Basal Metabolism in Health and Disease", ed. 1936.
- 11.—DU BOIS, ob. cit.
- 12.—HURTADO A.: "Estudios de Metab. Bas. en el Perú", tesis para optar el grado de Doctor en Medicina, 1938.
- 13.—CRILE y QUIRING: cit. p. A. Herlitzka "Fisiología da Respiracao" ed. 1944, pag. 186.
- 14.—RAJACOPAL: cit. p. Herlitzka, ob. cit.
- 15.—LENTI: cit. p. Herlitzka. ob. cit.
- 16.—Mc KRITTRICK, Journal of Nutrition, vol. II, pg. 319, 1936.
- 17.—LEWIS R., ILIFF A., y DUVAL A. M., Journal of Nutrition, 26, 175, 1943.
- 18.—LEWIS, ILIFF, DUVAL y KINSMAN G., The Jour. of Lab. Clin. Med., 38-B, 851, 1943.
- 19.—Mc GRERY J., LAMB M. B. y BAVOUSSET N. D., Journal of Nutrition, 25, 245, 1943.
- 20.—ASMUSSEN y CONSOLAZIO, The Amer. Jour. of Phisiol., 132, 555, 1941.
- 21.—HURTADO A., MERINO C., DELGADO E., Anales de la Fac. Med., Lima, Vol. XXIX, 1946.
- 22.—BOOTHBY, BERKSON y DUNN, The Amer. Jour. of Phisiol., 116, 468, 1936.
- 23.—ROTTA A., Anales de la Fac. de Med., Lima, 1938.
- 24.—HENDERSON Y., ob. cit., pa. 83 y 90.
- 25.—BERCONSKY I., Semana Médica N° 19, 1933.
- 26.—DU BOIS, ob. cit., pag. 231.