

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS DE LOS HABITANTES DEL TROPICO EN RELACION CON LOS CAMBIOS DE ALTITUD *

CARLOS MONGE M., LEONCIO CONTRERAS, TULLIO VELÁSQUEZ,
CÉSAR REYNAFARJE, CARLOS MONGE C. Y RODOLFO CHÁVEZ

Miembros del Instituto de Biología Andina, Lima, Perú.

Las relaciones del hombre con el ambiente deben ser motivo de cuidadosas investigaciones científicas. Sobre la fisiología y aclimatación en los trópicos y a las atmósferas cálidas, los trabajos de CASTELLANI,¹ DILL,² ADOLPH y colaboradores,³ MILLS⁴ y LEE,⁵ son dignos de ser mencionados: así como los muy importantes hechos durante la guerra, en Estados Unidos, Australia, etc., cuya bibliografía no cabe dentro de los términos de esta contribución. Sin embargo, como dice LEE, "debe afirmarse inmediatamente que el total del conocimiento exacto adquirido sobre estos asuntos es insignificante".

Hemos hecho un ensayo para aproximarnos al conocimiento de la fisiología y de la aclimatación del hombre en los trópicos cuando desciende de las altiplanicies frías tropicales a las zonas cálidas del nivel del mar (costa) o a altitudes muy cercanas a dicho nivel (selvas). Partiendo del conocimiento de la fisiología de altitud del hombre con aclimatización congénita y ancestral, hemos investigado algunos mecanismos fisiológicos de adaptación al nuevo medio, de temperatura elevada y atmósfera sobreoxigenada.

En las zonas tropicales del mundo, América, Asia y Africa, millones de hombres viven hasta a 17,000 pies de altitud, como ha señalado I. BOWMAN.⁶ Puede asegurarse que los movimientos

(*) Ponencia solicitada por el Comité Organizador y presentada al III Congreso de Medicina Tropical de Washington. Mayo de 1948.

CUADRO N° 1

Lugar	Altitud Pies	Longitud	Latitud	PRESION		TEMPERATURA					Precipit.	Humedad Relativa	Clima
				Bart.	O ₂	max.	min.	Promedio Anual	Oscilación 24 horas				
Morococha	14900	76°03'—	11°37'—	446	89	—	—	6.25	—	1189.5	59.60	Puna	
Huancayo	10170	71°12'44"	12°04'20"	518	104	30.9	-10.0	12.05	40.9	754.84	77.54	Altiplano	
Lima	500	77°02'14"	12°03'02"	750	156	32.5	9.6	18.40	22.9	39.37	86.80	Costa	
Iquitos	347	75°11'24"	3°45'23"	752	157	37.0	17.8	31.80	13.26	2878.8	80.10	Selva	

migratorios de las poblaciones así como la diaria trashumancia humana y animal se hace en sentido vertical tanto como horizontal. En pocas horas se baja del clima ártico de la Cordillera de los Andes eternamente nevadas, al clima frío de las altiplanicies, habitat natural de las sociedades sudamericanas y por eslepas escalonadas se llega a los climas templados o cálidos del nivel del mar. El sol tropical es una constante para todos los climas; pero en los altiplanos hay frío durante la noche y durante el día en la sombra, en relación con las variaciones de temperatura y altitud, mientras que la densidad de la atmósfera es casi la mitad de la del clima ártico o ecuatorial. Estas zonas climáticas apenas definidas en los tratados de Climatología han sido estudiadas por J. BROGGI,⁷ de cuyos trabajos tomamos los datos referentes a las 3 zonas climáticas en que hemos hecho nuestra investigación: Morococha, Huancayo y Lima. (Cuadro 1).

Según el esquema termohidrológico de BROGGI, Lima se caracteriza por su clima cálido del subgrupo (CS) o sea con precipitación de sólo agua al estado líquido y en cantidad menor de 30 cm. al año. Huancayo pertenecería al grupo frío-templado subhúmedo (Ft II) o sea con temperatura media anual entre 10-20°C y derretimiento total de la nieve caída en el año. Morococha tiene actualmente el mismo clima de Huancayo, pero más frío y aproximado al grupo glacial.

Las características fisiológicas y bioquímicas del hombre en los altiplanos de los Andes tropicales muestran tales desviaciones de las cifras normales del nivel del mar que puede afirmarse que el hombre andino pertenece a una variedad climato-fisiológica de raza humana, (MONGE).

Para estudiar el efecto del clima tropical de las tierras bajas hemos seleccionado clínica y radiológicamente en Huancayo (10,170 pies, temperatura media anual, 12.05), un grupo de 12 soldados de 19 a 23 años de edad, nacidos en el altiplano y los trasladamos a Morococha (14,900 pies, temperatura media anual, 6.25), donde permanecieron durante 15 días para bajar a Lima (nivel del mar, temperatura media anual, 18.40°), donde la investigación ha continuado durante varios meses hasta acercarnos a la normalización de los valores del nivel del mar, siendo estudiados los sujetos a intervalos variables durante la estación de verano. Un grupo similar estudiado en la selva, Iquitos (altura: 347 pies, temperatura media anual, 31°8), podría deslindar el

factor temperatura del factor altitud desde el punto de vista de la fisiología comparada de los climas.

La investigación comprende los siguientes datos: hematología (volumen sanguíneo, morfología hemática, bilirrubina); bioquímica de la sangre (glucosa, ácido láctico, ácido pirúvico); equilibrio ácido-base (Ph); metabolismo básico y ventilación pulmonar; electrocardiografía y radiología del corazón; estudio clínico.

MÉTODOS

Los sujetos fueron estudiados en la mañana en condiciones del metabolismo básico. Una muestra de sangre venosa mezclada con heparina se reparó para hematología, química y Ph. Volumen sanguíneo (rojo vital brillante). Glucosa (Folin y Malmros). Acido láctico (Edwards). Acido pirúvico (Fatigue Laboratory Manual Harvard). Ph (sangre equilibrada a p. CO₂, 40 mm. Hg.) (método del Laboratorio de fatiga de Harvard). Metabolismo básico (circuito abierto). Radiología del corazón: mediciones (método de Ungerlinden). El tratamiento estadístico de las cifras aparecerá en las memorias originales. Para el presente trabajo sólo hemos considerado las cifras medias, en obsequio a la brevedad.

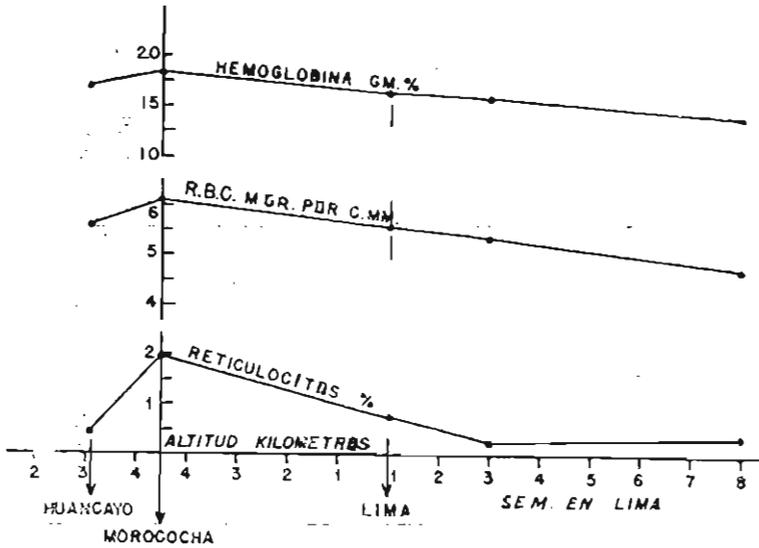
* * *

El hombre aclimatado a 14,900 pies y clima frío presenta desviaciones de la fisiología ortodoxa del nivel del mar, algunas de las cuales señalaremos en síntesis breve, refiriendo a las personas interesadas a las publicaciones del Instituto de Biología Andina, y particularmente, a los últimos trabajos de MONGE,⁸ HURTADO,^{8a} ASTE-SALAZAR,^{8b} MERINO,^{8c} ROTTA,^{8d} DELGADO FEBRES.^{8e} Compararemos brevemente, algunos de los valores encontrados anteriormente. Volumen sanguíneo aumentado (35%) a expensas de los eritrocitos; baja saturación arterial y bajo contenido de ácido carbónico-bicarbonatos; tensión del oxígeno alveolar elevada correspondiente a la aclimatación; presión del ácido carbónico alveolar muy bajo; bilirrubina y ácido pirúvico apreciablemente elevados; respuesta circulatoria de tipo atlético; aumento de la tensión del líquido céfalo-raquídeo (40%); características propias electrocardiográficas y radiológicas. Estas característi-

CUÁDRO N.º 2

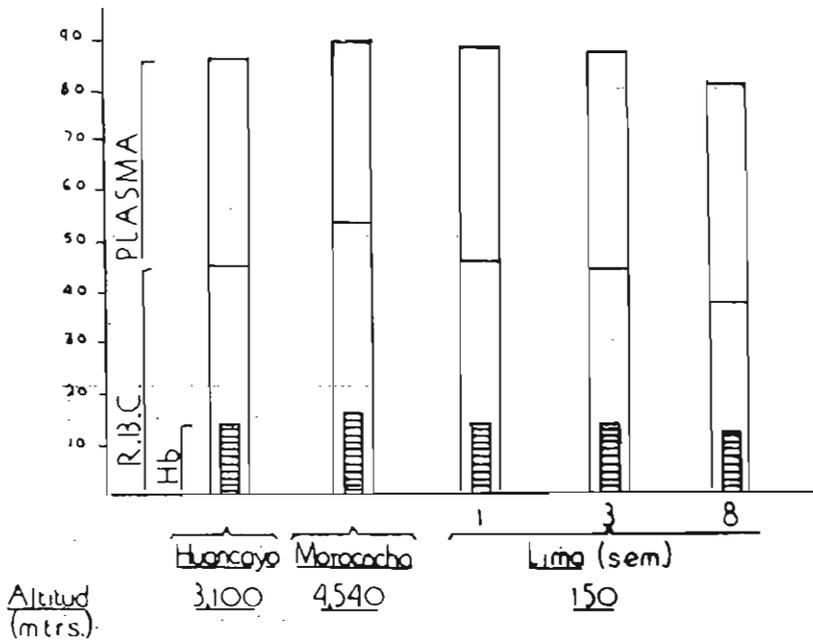
HEMATOLOGÍA	Morococha nativos	Oroya nativos	Huancayo nativos	Morococha hombres de Huancayo	Lima hombres de Huancayo 1.º Sem.	Lima hombres de Huancayo 3.º Sem.	Lima hombres de Huancayo 8.º Sem.	Lima hombres de la Costa
	Altitud 14900 p.	Altitud 12230 p.	Altitud 10170 p.					
Glóbulos Rojos, mill por mm ³ .	6.15	5.67	5.65	6.05	5.57	5.37	4.70	5.14
Hemoglobina, grs. %	20.76	18.82	16.85	17.98	16.49	15.95	14.30	16.00
Hematocrito, C. R. %	59.90	54.10	50.36	54.43	50.67	49.46	43.10	46.80
Reticulocitos, %	1.5	0.8	0.47	1.94	0.77	0.25	0.4	0.5
Bilirrubina Total, mgrs. %	1.56	1.47	0.84	0.84	0.91	—	0.83	0.72
Bilirrubina Directa, mgrs. %	0.46	—	0.16	0.38	0.26	—	0.33	0.37
Bilirrubina Indirecta, mgrs. %	1.10	—	0.68	0.46	0.65	—	0.50	0.35
Volumen Sangüíneo, litros	6.98	6.15	5.36	5.58	5.55	5.49	5.17	5.21
Volumen Plasmático, litros	2.65	2.76	2.55	2.29	2.66	2.67	2.80	2.82
Volumen Globular, litros	4.29	3.36	2.79	3.25	2.87	2.79	2.35	2.34
Volumen Sangüíneo, cc. por Kgr.	120.8	108.7	87.21	90.64	89.67	88.11	81.70	86.5
Volumen Plasmático, cc. por Kgr.	46.1	48.9	41.46	38.77	42.83	42.67	44.28	47.1
Volumen C. Rojos, cc. por Kgr.	74.1	59.7	45.45	53.78	46.45	44.75	37.10	38.8
Hemoglobina Total, grs.	1464.00	1150.00	905.01	1002.42	894.32	867.26	737.99	788.00
Hemoglobina Total, grs. por Kgr.	25.2	20.7	14.73	16.76	14.80	13.91	11.64	13.2

Nota.—Las cifras correspondientes a los valores normales hematológicos en Morococha, Oroya y Lima, están tomadas del trabajo de los Dres. Hurtado A., Merino C. y Delgado E. (Arch. Int. Méd. 75: 284, 1945).



Gráfica 1

VARIACIONES DEL VOLUMEN SANGUINEO POR KILOGRAMO DE PESO CORPORAL



Gráfica 2

Obsérvese ligero aumento en Morococha y disminución marcada a la 8ª semana a nivel del mar, por debajo de la media normal.

cas de un hombre diferente del de nivel del mar fundamentan la sugestión de que constituye una variedad fisiológica y climática de raza humana. :

Hematología.—Como puede verse en el cuadro 2, todos los valores normales que corresponden a las localidades de Morococha (14,900 pies) Oroya (12,240 pies) y Huancayo (10,170 pies), son superiores a las cifras del nivel del mar. Los valores normales de Morococha, Oroya y Lima han sido tomados de HURTADO, MERINO y DELGADO.^{8a} Es interesante anotar el alza que se produce al subir los sujetos de Huancayo a Morococha en los valores de los glóbulos rojos, hemoglobina, hematocrito, reticulocitos, bilirrubina y volumen de sangre, con excepción del volumen plasmático que baja ligeramente. Los valores en Morococha no han llegado a alcanzar las cifras elevadas normales para esa altitud; lo que significa un proceso adaptativo que no ha llegado a su término. Este proceso formativo coincide con una crisis reticulocitaria.

Al descender a Lima en 24 horas, durante 8 semanas de observación se aprecia una disminución progresiva de los factores hematológicos. El número de glóbulos rojos, así como la hemoglobina y el hematocrito, caen por debajo de las normales del nivel del mar, en una relación lineal con el tiempo, fenómeno señalado por DELGADO FEBRES y MERINO (comunicación personal), (Gráfica 1). Se diría que hay un proceso excesivo de desglobulización. Un nativo de Morococha deberá destruir 680 gramos de hemoglobina para llegar a aclimatarse a nivel del mar.

El volumen sanguíneo total decrece progresivamente hasta hacerse normal a la 8ª semana (Gráfica 2); el volumen de hematíes, sin embargo, lo hace más rápidamente, de suerte que el plasma aumenta. Durante este período se han destruido 274 gramos de hemoglobina, media de nuestros diez casos, para llegar al equilibrio del sistema hemático del nivel del mar.

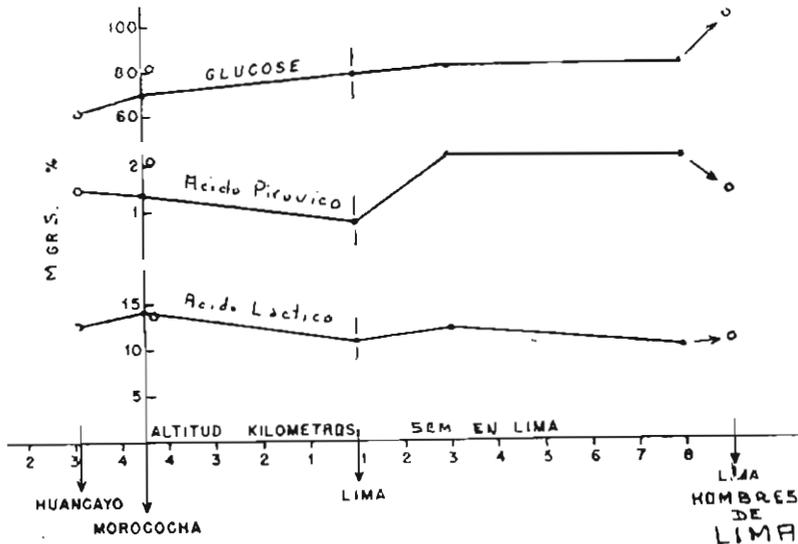
El valor de la bilirrubinemia total al subir a Morococha no se altera, pero disminuye el valor de la bilirrubina indirecta. Inmediatamente de la bajada a Lima se eleva la bilirrubina total para descender después sin llegar a alcanzar la medida del nivel del mar a las ocho semanas. La bilirrubina indirecta sigue paralelamente las mismas variaciones.

Bioquímica.—En el cuadro 3, se aprecia que el valor de la glucosa baja en Huancayo, asciende ligeramente en Morococha;

CUADRO N° 3

Bioquímica	Morococha nativos		Oroya nativos		Huancayo nativos		Morococha hombres de Huancayo		Lima hombres de Huancayo		Lima hombres de Huancayo		Lima hombres de Huancayo	
	Altitud	p.	Altitud	p.	Altitud	p.	1 ^o Sem.	3 ^o Sem.	8 ^o Sem.	1 ^o Sem.	3 ^o Sem.	8 ^o Sem.	1 ^o Sem.	3 ^o Sem.
Glucosa mgrs. %	82.0		78.0		64.0		73.0	80.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	105.0
Acido Láctico mgrs. %	14.07		12.59		12.76		24.30	11.5	12.78	12.78	10.36	11.0	11.0	11.0
Acido Pirúvico mgrs. %	2.13		2.16		1.52		1.44	—	2.24	2.24	2.20	2.20	2.20	1.37

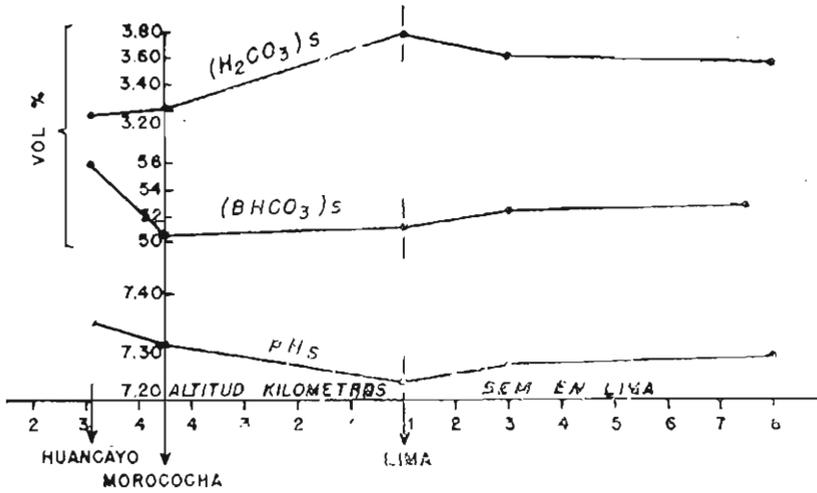
al descender a Lima se nota un aumento progresivo que no alcanza la media del nivel del mar. El ácido láctico asciende ligeramente en Morococha para caer inmediatamente en Lima a la media del nivel del mar. El ácido pirúvico no cambia en Morococha, ascendiendo en Lima a la tercera semana, por encima de la media de altura⁹ y manteniéndose así. (Gráfica 3).



Gráfica 3

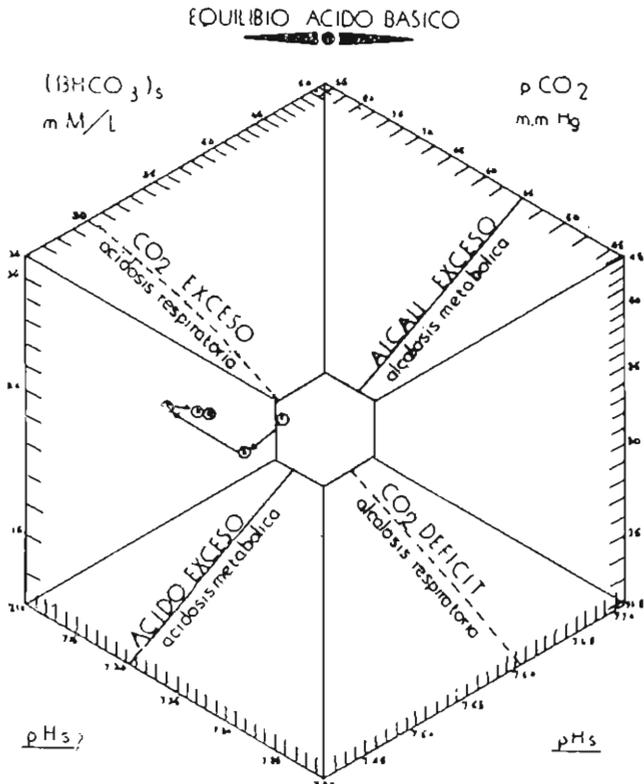
Obsérvese que no se ha operado aún el retorno a los valores normales de nivel del mar.

El estudio del equilibrio ácido-básico que hemos llevado a cabo únicamente en sangre venosa (Cuadro 4), nos permite observar que el ácido carbónico libre no se altera en Morococha; al bajar a Lima se eleva para mantenerse así. Los bicarbonatos bajan al subir a Morococha y se mantienen dentro de la misma cifra durante la estadía en Lima. El Ph como consecuencia de estas variaciones tiende a la acidez durante todo el tiempo de experimentación. De las relaciones de este sistema físico-químico podemos observar que en Morococha, la acidosis se desvía hacia una zona intermedia entre el tipo fijo y el respiratorio, y en Lima hacia el tipo respiratorio. (Gráficas 4 y 4a.).



Gráfica 4

Obsérvese que el proceso de aclimatación continúa.



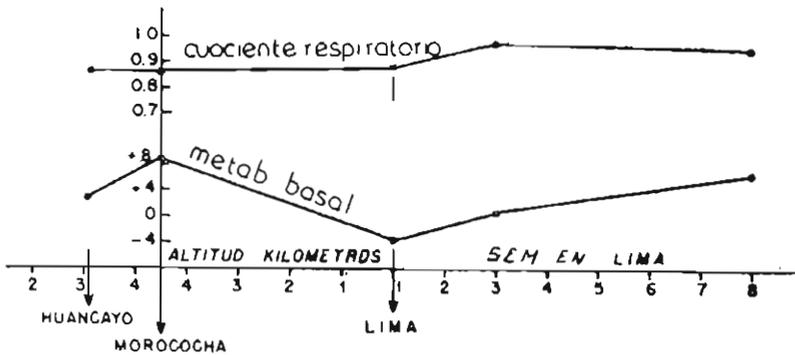
Gráfica 4a

Se observa cómo durante el proceso adaptativo el Ph se desvía del lado de la acidosis metabólica durante la estadia en Morococha para continuar al bajar a nivel del mar, en el mismo sentido, pero más bien hacia el campo de la acidosis respiratoria. A la 8ª semana no se ha normalizado el equilibrio ácido-básico.

CUADRO N° 4

pHs	Morococha nativos	Oroya nativos	Huancayo nativos	Morococha hombres de Huancayo	Lima hombres de Huancayo 1 ^o Sem.	Lima hombres de Huancayo 3 ^o Sem.	Lima hombres de Huancayo 8 ^o Sem.	Lima hombres de la Costa
	Altitud 14900 p.	Altitud 12230 p.	Altitud 10170 p.					
(H ₂ CO ₂)s vol. %	—	—	3.19	3.17	3.82	3.63	3.59	—
(BHCO ₂)s vol. %	—	—	56.06	50.43	51.38	52.03	52.26	—
pHs	—	—	7.354	7.316	7.237	7.267	7.275	—

El estudio del metabolismo básico (Cuadro 5) acusa cifras normales observándose que el cociente respiratorio sube en las últimas determinaciones. La ventilación aumentada en la altura disminuye a nivel del mar para elevarse nuevamente. (Gráfica 5).



Gráfica 5

Electrocardiografía.—El electrocardiograma normal del hombre de la altura ha sido descrito por SAENZ¹⁰ y ROTTA.¹¹ En nuestros electrocardiogramas de Morococha se observan alteraciones consistentes en la elevación del espacio ST con inversión o difasismo de T en las derivaciones precordiales unipolares principalmente en V₁, V₂, V₃, extendiéndose en muchos casos hasta V₄ y V₆. En la mayoría el eje eléctrico está desviado hacia la derecha; a veces más allá de lo normal. Estos hechos corresponden a la fase adaptativa a la altura.

Al descender a Lima, en los electrocardiogramas tomados el primero al bajar y los otros con intervalos de 15 días y los últimos mensualmente, se producen modificaciones evidentes que se mantienen aún después de cuatro meses. Las más saltantes son:

a) Aumento de amplitud de QRS y de T a veces en todas las derivaciones; en algunos casos principalmente en las precordiales y en las unipolares de las extremidades. Las mayores modificaciones se observan inmediatamente después de la bajada tres días después. Las ondas T se normalizan y los electrocardiogramas se acercan a su forma normal. En los exámenes sucesivos hay un aumento creciente de QRS y sobre todo de T, principal-

CUADRO N° 5

Metabolismo Basal	Morococha nativos	Oroya nativos	Huancayo nativos	Morococha hombres de Huancayo	Lima hombres de Huancayo 1 ^a Sem.	Lima hombres de Huancayo 3 ^a Sem.	Lima hombres de Huancayo 8 ^a Sem.	Lima hombres de la Costa
	Altitud 14900 p.	Altitud 12230 p.	Altitud 10170 p.					
Metabolismo Basal %	+2	-3	+3.9	+8.7	-4.16	+1.16	+9	+0.2
Cuociente Respiratorio	0.86	—	0.87	0.87	0.88	0.92	0.906	0.82
Ventilación * por mint.	8.3	—	5.5	6.4	5.0	5.7	6.0	—

* Sin correcciones.

mente de V_1 a V_6 . En los últimos exámenes hay tendencia a la regresión de estas modificaciones. Es posible algunas veces, encontrar que hay oscilaciones en el proceso de suerte que la variación no es exactamente progresista.

b) El eje eléctrico se desvía gradualmente hacia la izquierda en todos los casos. Rotta en nativos de Morococha ha encontrado a QRS desviado hacia la derecha entre $+90^\circ$ y $+180^\circ$, 59% de sujetos. Nosotros hemos encontrado como variación máxima durante el proceso adaptativo que la posición eléctrica no siempre varía paralelamente al eje, aunque en la mayoría de los casos observados tiende a desviarse hacia la horizontal, durante el proceso adaptativo.

Estas modificaciones sugieren la existencia de cambios marcados en la posición del corazón y en el volumen relativo de sus cámaras.

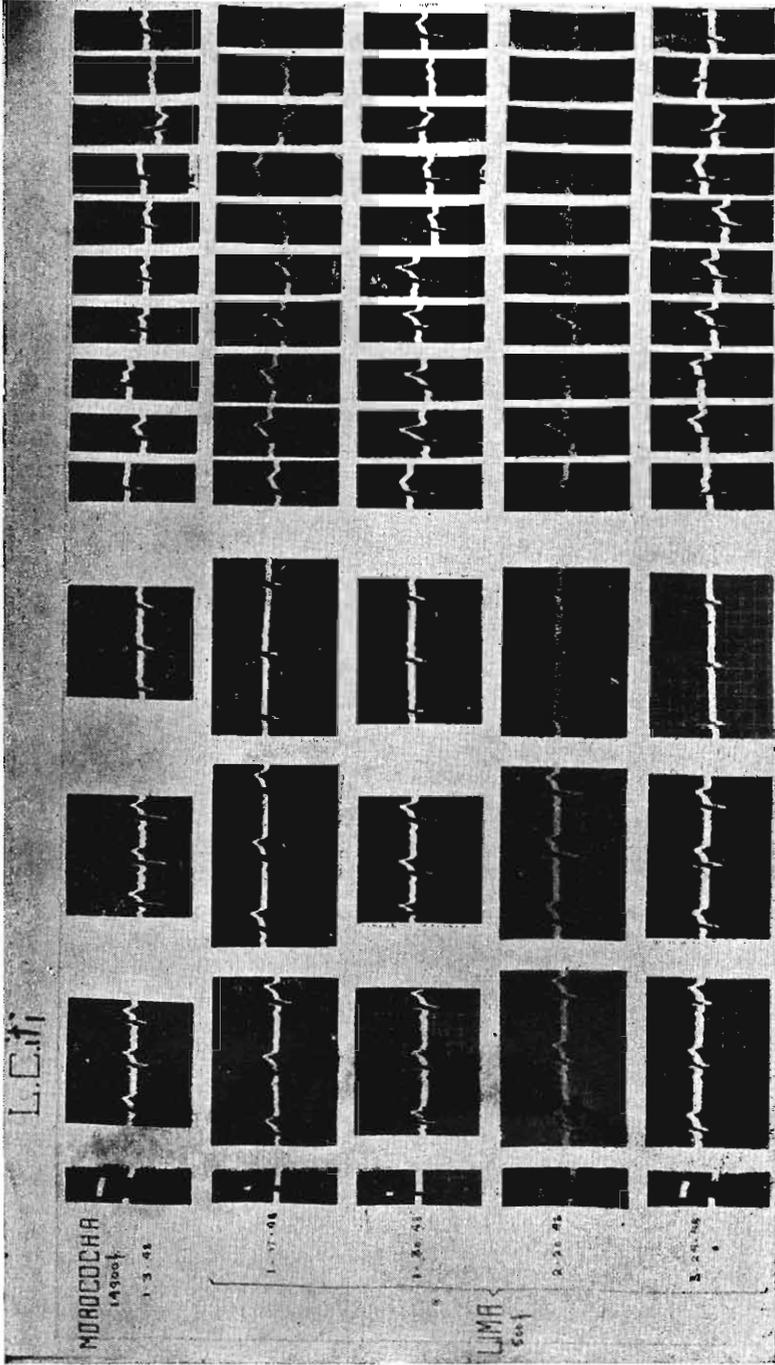
En los electrocardiogramas en serie (1 y 2) puede apreciarse algunas de las variaciones anotadas.

Radiología.—En cuanto a la imagen radiológica, hemos encontrado en Morococha en general, aumento del diámetro del corazón como lo han señalado MIRANDA y Rotta¹² para nativos. (?) En las semanas sucesivas hay un aumento gradual de estos índices que continúan, en algunos casos, después de cuatro meses. Algunos muestran una regresión de los diámetros transversos y del área cardíaca sin llegar a los valores del nivel del mar. El aumento del diámetro del pedículo vascular es realmente extraordinario; en un caso llegó a 46%. En ciertos casos el proceso es oscilante.

Además constatamos aumento progresivo del diámetro transversos y del área del corazón en la mayor parte de los casos.

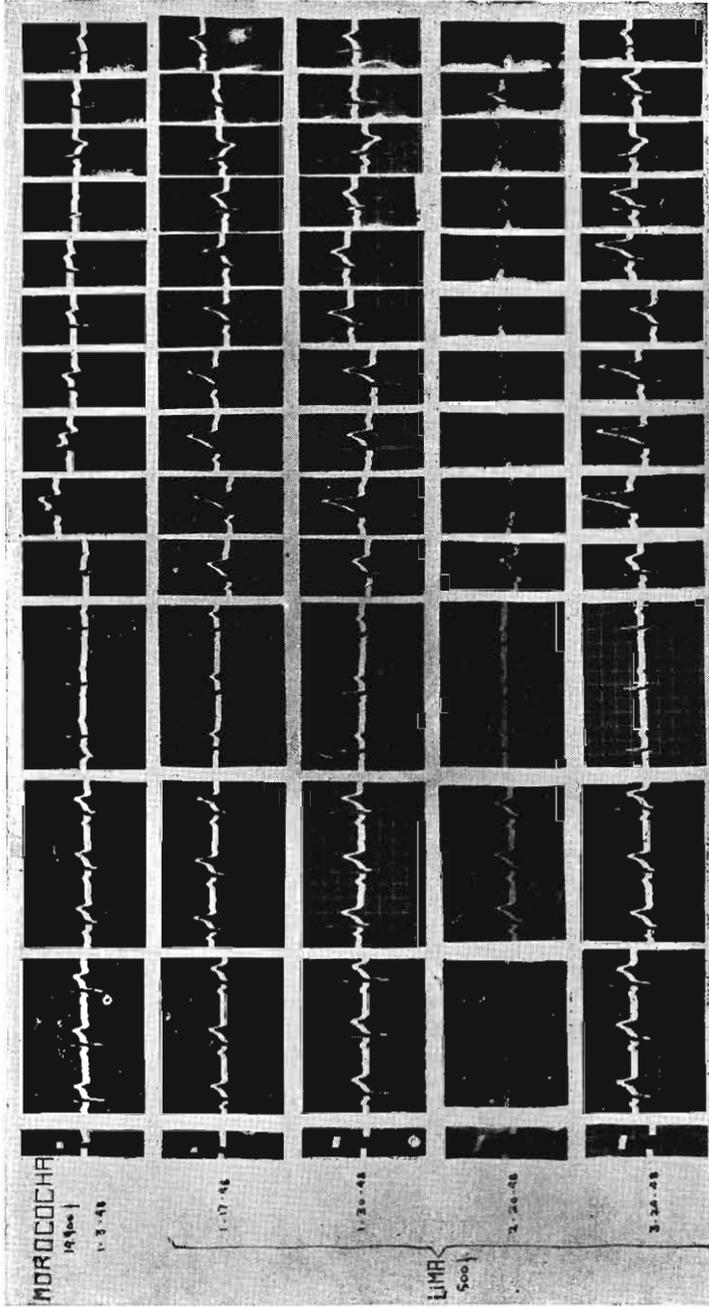
Datos clínicos.—Para Torres,¹³ "en el curso del proceso de adaptación al nivel del mar, descende la presión arterial máxima, se acorta la diferencial y disminuye el número de pulsaciones". Hechos similares encontramos; la bradicardia es considerable, pues, de 63 baja a 47. Si éste es un efecto vagal, no podríamos asegurarlo. Los detalles principales se encuentran en el cuadro 6.

ELECTROCARDIOGRAMA EN SERIE N° 1



Obsérvese principalmente la bradicardia al descender y las variaciones de la onda T, en derivaciones precordiales.

ELECTROCARDIOGRAMA EN SERIE Nº 2



Obsérvese que el proceso adaptativo del corazón acusa variaciones electrocardiográficas, particularmente inscritis en las derivaciones precordiales, donde aparece su V₂ una onda de tipo coronario. Los cambios de altitud de la onda T, son significativos.

DISCUSION

El estudio de la adaptación de los andinos al nivel del mar revela desviaciones fisiológicas evidentes. Para que un hombre de la altura se convierta en un hombre del nivel del mar, debe perder uno o dos litros de sangre y cambiar sus equilibrios hemáticos por patrones distintos de los que constituyen su normalidad en la altura.

En nuestras observaciones encontramos que hubo de destruirse 214 gramos de hemoglobina en ocho semanas, lo que significa una producción de 7.50 gramos de bilirrubina, por encima del sistema en equilibrio. Este hecho fué señalado por MONGE en 1928 y más tarde por DELGADO FEBRES.^{8e} La hiperbilirrubinemia de desglobulización es muy precoz, hecho ya señalado por DELGADO FEBRES. URTEAGA también encontró el hecho en enfermos con mal de montaña crónico y pudo observar que la eliminación provocada de bilirrubina se hace dentro de niveles más altos que a nivel del mar.¹⁴

La glucemia baja de la altura que tiende a alcanzar la cifra de la costa, la hiperpirruvinemia producida al descender, la acidosis que de un campo intermedio entre el tipo fijo y el respiratorio se inclina hacia este último al nivel del mar, la hiperventilación acompañada de aumento del cociente respiratorio producido a la bajada. La ventilación no alcanzó la cifra de 8.3 litros, señalada por E. VELÁSQUEZ para nativos de Morococha.

Se trata, pues, de fenómenos alejados de la fisiología normal de los habitantes del llano y por consiguiente de difícil explicación y revelan que nuestros sujetos se encuentran todavía en el período adaptativo. La aclimatación no se ha alcanzado.

Otro tanto ocurre con las modificaciones del corazón expresadas por una bradicardia encontrada al bajar y modificaciones electrocardiográficas que ponen de manifiesto desviaciones tan grandes de los potenciales eléctricos que, en algunos casos podrían ser tomados como patológicos, pero cuya tendencia reversible hacia la normalidad expresa el reajuste a nivel del mar del corazón de altura. Deben ser comparados con anomalías semejantes del electrocardiograma señaladas por STEWART y

MANNING¹⁹ y por GRAYBIEL y colaboradores.²⁰ De otro lado, debe insistirse sobre el cambio observado en la posición del corazón que de una posición vertical se desvía gradualmente en el sentido horizontal. En un caso, sin embargo, se observó un retorno a la posición vertical original. Se puede aceptar la misma interpretación para el agrandamiento de los diámetros del corazón, en veces excesivo, sin que absolutamente haya fundamento para aceptar que exista un estado patológico, tanto más cuanto que gradualmente se ha observado un retorno a la normalidad. En igual sentido deben tomarse los cambios en los diámetros del corazón, con cifras a veces elevadísimas que sin embargo, no acusan una correlación clínico-patológica y que experimentan en el tiempo un proceso de normalización.

El estado general de los sujetos no sufrió desmedro alguno; quizás si en Morococha se sentían más alegres por las vacaciones del cuartel. Al llegar a Lima, no se ha registrado ningún síntoma visible de pérdida de su capacidad. Hicieron un trabajo moderado y con excepción de uno que presentó un granuloma inguinal venéreo, los demás se han comportado como seres perfectamente normales. Desde el punto de vista psicológico, dos de ellos manifestaban su vivo deseo de retornar a Huancayo, donde están sus familiares y se manifestaban irritables por las tomas frecuentes de sangre.

En la actualidad, después de cuatro meses, han aumentado todos de peso (media de 2 kilos) y llevan a cabo sus faenas siguiendo el entrenamiento corriente del cuartel, conduciéndose aparentemente como sujetos normales. Y decimos aparentemente porque el andino que baja a nivel del mar presenta una disminución en su eficiencia para el esfuerzo físico acentuado. Hecho conocido por nosotros y señalado últimamente por Doxoso,¹⁶ quien encontró que los atletas procedentes de La Paz (12,240 pies) disminuían a nivel del mar sus records en las pruebas de ejercicios violentos y aunque ganaron las pruebas de fondo pero no alcanzaron sus records de La Paz.

No disponemos de datos suficientes para conocer cuál es el límite de variación de clima tolerada por el andino y cuáles las oscilaciones de los sistemas de equilibrio a diferentes presiones de oxígeno ambiental.

En realidad sólo el esfuerzo físico acentuado puede revelar el déficit fisiológico que no se ha medido todavía.

En lo que se refiere a cierta inferioridad para la resistencia a las enfermedades (MONGE), estudios estadísticos han probado que el soldado andino presenta en la costa menor resistencia a las enfermedades respiratorias.¹⁷

Igualmente apreciaciones históricas de la época del Incanato, de la Colonia y de las guerras de la Independencia, hacen ver cómo estos cambios estudiados tienen una representación biogeográfica y sociológica (MONGE).¹⁸

El estudio correlativo de los factores biológicos de adaptación, nos permite señalar varios hechos: 1) que nuestros sujetos después de dos o cuatro meses, no han alcanzado el equilibrio de los valores del nivel del mar; 2) que las desviaciones químicas, fisiológicas y morfológicas salen de los hechos normales de la fisiología; 3) que hay trastornos funcionales tan alejados de lo normal, que podrían considerárseles como fisiopatológicos si pensamos con el conocimiento ortodoxo de la ciencia del nivel del mar; 4) que hay evidentemente una homeostasis distinta para razas de los llanos y de la altitud.

En realidad, es difícil establecer en qué forma cada uno de los factores climáticos: temperatura, humedad, presión barométrica, etc., intervienen en las variaciones biológicas estudiadas. Sobre todo, no nos ha sido posible estudiar la respuesta al clima cálido que DILL² y LEE⁵ han investigado a nivel del mar. Pero es posible que el estudio integral de grupos humanos en los países tropicales, llevados de las alturas frías a zonas bajas cálidas y de éstas a la altura, así como de grupos estudiados horizontalmente en diferentes tipos de clima, permitan enjuiciar mejor las relaciones entre el organismo y el ambiente, si al mismo tiempo se dispone de facilidades para la investigación de todos los factores que median entre el hombre y su ambiente.

La noción de la "agresión climática" está en el fondo del problema.⁸ El hombre que llega a las tierras bajas tropicales, debe vencer el traumatismo climático durante el período adaptativo. Cuando éste ha sido superado, el sujeto está aclimatado. Los términos de adaptación y aclimatación tienen así una significación efectiva. Una terminología precisa para un debido entendimiento del problema resulta así indispensable.

CONCLUSION

El cambio de habitat geográfico de los altiplanos de los Andes tropicales (clima frío y de altitud) a las llanuras próximas al mar (clima cálido y marítimo) revelan desviaciones fisiológicas considerables, que progresivamente tienden a igualarse a los valores del nivel del mar, lo que significa que existe un síndrome adaptativo. En nuestro grupo de 10 soldados, 4 meses han sido insuficientes para llegar a la aclimatación. Esta investigación apenas si inicia el conocimiento de las adaptaciones fisiológicas y de la aclimatación de los habitantes en el trópico en relación con los cambios de altitud.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—CASTELLANI. *Climate and Acclimatization*. 2ª Ed. Lima, 1938.
- 2.—DILL D. B. *Life, Heat and Altitude*. Cambridge, Harvard University Press, 1938.
- 3.—E. F. ADOLPH AND ASSOCIATES. *Physiology of man in the desert*. Intersciences Publishers, Inc., New York, 1947.
- 4.—MILLS C. A. *El clima y el hombre*. Rev. Geog. III, Nº 7: 879, 1939, México.
- 5.—LEE D. H. *A basis for the Study of Man's Reactions to Tropical Climates*. Published University of Queensland, Australia, 1940.
- 6.—BOWMAN ISAIAH. *Los Andes del Sur del Perú*. "Ed. La Colmena". Arequipa-Perú, 1938.
- 7.—BROGGI JORGE. *Climatología del Perú*. Copias mimeografiadas, Escuela de Ingenieros, Lima, Perú, 1948.
- 8.—MONGE C., ENCINAS E., HERAUD C., HURTADO A., CERVELLI M., y colab. *Estudios fisiológicos sobre el hombre de los Andes*. Ed. Imp. del Asilo "Victor L. Herrera". Lima, 1928. MONGE C. *Climatophysiologie et Climatopathologie. Traité de Climatologie. Biologique et Medicale*. Masson et Cia. Editeurs, Paris, 1934. Arch. Int. Med. 59: 32, 1937; Science 95: 79, 1942; Phys. Rev., 23: 166-184, 1943; Anal. Fac. Med., 28: 307-384, 1945, 28: 1-30, 1945.
- 8a.—HURTADO A. *Aspectos fisiológicos y patológicos de la vida en la Altura*. Imp. Rímac. Lima, 1937; Am. J. Phys. 109: 626, 1934; Am. J. Anthropol. 17: 137, 1932; Am. J. Phys. 17: 137, 1932; Am. J. Phys. 3: 487, 1932.
HURTADO A., MERINO C., DELGADO E. Arch. Int. Med., 75: 284-323, 1945.
- 8b.—ASTE SALAZAR. Anal. Fac. Med. 19: 226, 1936; ASTE S., HURTADO A. Am. J. Phys. 142: 733-743, 1944.
- 8c.—MERINO. Véase 8ª.
- 8d.—ROTTA A. *La circulación en las grandes alturas*. Imp. Gil, Lima, 1938.
ROTTA A., HURTADO A. Rev. Soc. Biol. Lima. 1: 4, 1934.

- 8e.—DELGADO-FEBRES E. *La bilirrubinemia*. T. de Lima, 1943 (por publicarse).
- 9.—MONGE C. C. Tesis de Lima, 1948 (por publicarse).
- 10.—SÁENZ R. An. Fac. Med. Lima, 23: 237, 1938.
- 11.—ROTTA ANDRÉS. Am. Heart Journal, 33: 669-676, 1947.
- 12.—MIRANDA ARTEMIO Y ROTT A. An. Fac. Med. Lima, 27: 49-58, 1944.
- 13.—TORRES HERNÁN. An. Fac. Med. Lima, 20: 406, 1938.
- 14.—URTEAGA O. Y BOISSET G. An. Fac. Med. Lima, 25: 67, 1942.
- 15.—VELASQUEZ T. Anal. Fac. Med. Lima, 30: 194, 1947.
- 16.—DONOSO EFRAÍN. Arch. Gab. Med. de Dep. La Paz. Bolivia, 1917.
- 17.—MONGE M. C. Rev. San. Mil. Perú, 7: 338, 1934.
- 18.—MONGE M. C. *Aclimatación en los Andes. Confirmaciones históricas sobre la "Agresión Climática" en el desenevolimiento de las Sociedades de América*. Ed. Med. Lima, 1946. (Traducido al inglés por The Johns Hopkins University Press).
- 19.—STEWART C. B. AND MANNING G. W. Am. Heart. J. 27: 502, 1944.
- 20.—GRAYBIEL M. C., Mc FARLAND R. A., GATES D. C. AND WEBSTER P. A. Am. Heart. J. 27: 524, 1944.