

ACLIMATACION EN LOS ANDES

Antropología Fisiológica Comparada del
Hombre del Altiplano
(FORMA Y FUNCION DEL TORAX)

P O R

Carlos Monge M., Jean Vellard, Carlos Monge Cassinelli
y Alberto Cazorla



SEPARATA DE
PERU INDIGENA
Nº 13 — Vol. V
CORRESPONDIENTE A DICIEMBRE DE 1954

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
AÑO DEL LIBERTADOR MARISCAL CASTILLA
Facultad de Medicina
UBHCD

TRABAJO DEL INSTITUTO DE BIOLOGIA ANDINA

Director Profesor: Carlos Monge M.

ACLIMATACION EN LOS ANDES *

Antropología Fisiológica Comparada del Hombre del Altiplano **

(FORMA Y FUNCION DEL TORAX)

POR CARLOS MONGE M., JEAN VELLARD, CARLOS MONGE CASSINELLI,
Y ALBERTO CAZORLA

Desde que comenzamos nuestras investigaciones tuvimos oportunidad de apreciar un hecho sustantivo para la apreciación antropológica del hombre de los altiplanos: sus características fisiológicas tan marcadamente desarrolladas en relación con las del hombre de nivel del mar. Fué así, como expusimos, por invitación del Congreso de Americanistas de 1952 (1), nuestras aseveraciones sobre que la Antropología Física —sensu strictu— no bastaba para asegurar un completo entendimiento del hombre de la altura y que su fundamento debería buscarse en la dinámica fisiológica del hombre y del ambiente que asegura la vida en la altitud; esto es: en la Antropología fisiológica (Monge).

Lo que constituye la base del problema de la vida en la altitud es la necesidad de suponer al Hombre de los Andes dentro de su realidad dinámica, recibiendo y balanceando el impacto producido por los cambios funcionales del ambiente. La dinámica de la vida en los Andes se complica en cierta forma debido a que, por cada cambio de la fisiología del medio ambiente, corresponde un cambio de la fisiología del organismo. A nivel del mar, el medio externo es una constante y la fisiología se expresa en una sola dimensión horizontal, por decirlo así. En las alturas, esta constante deja de serlo, pues el ambiente cambia con los cambios de altitud debido al medio geográfico vertical de las montañas. Colocado el organismo humano en el segmento vertical de la curva de disociación de la hemoglobina, los cambios tensionales del ambiente la insaturan fácilmente. Balancear la anoxia aguda ya no es emergencia sino proceso permanente. Así podríamos

* Nuestro primer trabajo sobre el particular fué presentado a la Conferencia de Ciencias Antropológicas (por publicarse) y ha sido revisado en la actualidad, incluyendo posteriores investigaciones.

** Este trabajo ha sido llevado a cabo con la ayuda económica proporcionada por la Wenner Gren Foundation for Anthropological Research, a la que expresamos nuestro agradecimiento.

decir que la fisiología actúa en dos dimensiones, vertical y horizontal, puesto que, ahora el ambiente externo constituye una variable. La "sabiduría del cuerpo" del hombre aclimatado para adaptarse a esta variable, desconocida por el hombre de nivel del mar, es la característica fundamental del hombre aclimatado a la altitud.

Al considerar al hombre en un medio ambiente estático, como lo requiere la fisiología, para fijar patrones de normalidad a distintas altitudes, se puede señalar datos, cifras e índices, pero en lo que respecta a las reacciones biológicas correspondientes a los cambios dinámicos de la fisiología humana en relación con los de la fisiología del ambiente, sólo podemos adelantar suposiciones. Este es un campo nuevo, promisor, de investigaciones originales y de informaciones biológicas que espera su doctrina.

La distribución vertical del hombre en las altiplanicies de América ha sido posible en los andinos gracias a mecanismos biológicos especiales de significado adaptativo que les permiten equilibrar la fisiología del ambiente hasta los 18,000 a 20,000 pies sobre el nivel del mar, como se puede observar en los vuelos de grandes alturas efectuados por aviadores peruanos sin emplear máscaras de oxígeno. Hay por supuesto un límite de tolerancia para la altitud por encima del cual la vida no es posible. Se puede admitir con justicia que la ecología humana para el andino puede ser establecida hasta los de 5,800 metros de altitud (Bowman) (2).

Las observaciones clínicas han demostrado que el hombre andino es capaz de ejecutar a dichas alturas, los trabajos más arduos, en las minas por ejemplo. Además, se ha demostrado, desde 1930 (Monge, Cervelli), por medio de pruebas clínicas que, en general, la producción de trabajo de los andinos es mayor si se la compara con la producción de trabajo de individuos costeños a nivel del mar, y que su rendimiento al esfuerzo es comparable al de un atleta (3).

Haremos recalcar el hecho de que existen localidades en las altiplanicies, o en lugares aún más elevados, en que no hay condiciones apropiadas para el mantenimiento de la vida. Esto se hace evidente en las minas situadas a tales alturas que el trabajo es posible solamente durante algunas horas, viéndose forzados los trabajadores a descender a niveles más bajos para pernóctar. Nosotros propusimos en 1928 denominar a los lugares en los que la vida se desenvuelve normalmente en todo sentido: localidades *habitables* para diferenciar estas tierras ecológicas de los lugares *habitados* artificialmente establecidos con fines industriales. Como las minas situadas a muy elevada altitud (Monge).

Debemos anticipar que pueden existir profundas diferencias en la fisiología de cada uno de los grupos de habitantes de ambas localidades, hecho que debería ser tomado en cuenta en Antropología para comprender el problema de la vida y de la enfermedad en la altura. Para la precisión del conocimiento, nosotros hemos recalcado que hay dos aspectos fundamentales en el estudio de la investigación del hombre en la altitud. Ambos aspectos

y sus doctrinas y métodos de investigación son necesarios: la altitud por encima del medio ecológico se aplica al conocimiento general, y, en particular, a la fisiología de aviación; mientras que el hombre en su ambiente ecológico es primariamente un sujeto de conocimiento de la Antropología. Teniendo siempre en cuenta estos dos hechos se evitará muchas confusiones. La Ecología es la síntesis de integración del ambiente y de la vida.

La necesidad de establecer primariamente los índices básicos de la Antropometría Física del hombre del Altiplano para poder apreciar sus correlaciones con las mensuraciones fisiológicas llevó a uno de nosotros (Vellard), a hacer el estudio sistemático de diferentes grupos de aborígenes peruanos y extranjeros que habitaban distintas altitudes para el conocimiento de Antropología Comparada, en lo físico y en lo fisiológico. Así, fué posible establecer la tipología actual del hombre autóctono en sus distintos *habitat* geográficos (4).

De otro lado, para definir, la correlación entre Morfología y Fisiología se hacía indispensable disponer de técnicas que midieran el volumen de sangre del pulmón a fin de calcular la distribución de la sangre en el organismo humano. Para tal empeño, uno de nosotros, (Monge C.), estudió preferentemente las técnicas necesarias, aprovechando de su colaboración con el Profesor Newman, de Johns Hopkins University (5).

En fin, hubimos de aplicar a este estudio la investigación hematológica llevada a cabo por los investigadores del Instituto Nacional de Biología Andina.

Con todos estos datos ha sido posible acometer la resolución del problema de aclimatación en los Andes; en lo que se refiere al continente y al contenido del tórax, desde nuestro punto de vista antropológico. Este es el tema que trataremos en este trabajo.

* * *

Para el estudio antropométrico comparativo, de orden físico, llevamos a cabo las siguientes determinaciones:

a) Grupo a nivel del mar.—Honduras, 50 soldados de 20 a 24 años. Sin ninguna influencia hereditaria de altitud.

b) Grupo de Lima.—120 marineros jóvenes de la Escuela Naval cuidadosamente escogidos. Nacidos en la Costa, no habían estado nunca en las altiplanicies, perteneciendo a un grupo típico de gente costeña peruana. El promedio de edad era de 20 a 24 años. Puede haber un factor hereditario de altitud en algunos de ellos.

c) Grupo de Huancayo.—124 soldados jóvenes seleccionados de origen indígena, nacidos a alturas de 8,000 a 12,000 pies (2,800 a 4,000 metros) y que jamás habían viajado a nivel del mar, perteneciendo a un grupo típico aborígen. Promedio de edad de 20 a 24 años. Pueden ser considerados como indígenas puros.

d) Grupo de Bolivia.—53 soldados jóvenes seleccionados y provenientes de la población indígena. Nacidos a alturas de 11,000 a 15,000 pies (3,600 a 5,000 metros). La mayoría de ellos provenientes de los alrededores del Lago Titicaca. Nunca habían estado en las tierras bajas de la selva y pertenecían a la raza aborígen típica.

Para el estudio fisiológico de los volúmenes de sangre y de su distribución empleamos el método titulado "Técnica de la dilución del colorante" de Newman y Monge Cassinelli. Con este método se puede obtener las siguientes determinaciones: a) volumen total de sangre; b) volumen cardíaco; c) volumen pulmonar; d) tiempo de circulación (velocidad); e) volumen de sangre de la cavidad derecha del corazón.

Grupo Lima: 20 estudiantes jóvenes de 20 a 22 años, nacidos en la Costa y 10 estudiantes mujeres. La comparación de ambos grupos, hombres y mujeres, permitió la evaluación promedial de todos por la constancia de sus resultados.

Grupo Morococha: 4,540 metros.—10 sujetos jóvenes, 20 a 30 años, nacidos en la misma zona o en el altiplano sobre 3,500 metros de altura.

De otro lado, hubimos de recurrir también, para las informaciones de orden hematológico, en general, a los hallazgos establecidos por los investigadores del Instituto Nacional de Biología Andina, particularmente, los de Hurtado, Merino y Delgado Febres, en Morococha, (4,540 metros) y Oroya (3,750 metros); (6); Monge M., Contreras L., Velásquez, T. Reinafarje, Monge C.; y Chávez R. en Huancayo (3,260 metros) (7), comprobados por Monge Cassinelli y Cazorla, en Lima, (150 metros) y Morococha (4,540 metros), mediante la "Técnica de dilución del colorante", a que acabamos de referirnos (8).

* * *

VOLUMEN DEL TORAX

Como en esta publicación nos referiremos solamente a la forma y función del tórax vamos a hacer únicamente exposiciones sintéticas de los resultados obtenidos, remitiéndonos a nuestros trabajos anteriores, para mayor ilustración del sujeto en estudio.

El cuadro anexo comprende las medias de las variaciones de los índices torácicos en los grupos de soldados estudiados; a saber: diámetro antero-posterior, *diámetro transversal*, *altura del esternón* y *volumen torácico*.

De la observación del cuadro se deduce, en primer lugar que el diámetro transversal permanece constante a diferentes altitudes; que el diámetro posterior aumenta con la altitud y, particularmente, que la altura del esternón crece en longitud considerablemente, en las tierras más elevadas. Así, de 183 milímetros a nivel del mar llega a 199 en el altiplano. Si aplicáramos las relaciones conocidas oficialmente entre altura del esternón y talla de sujeto, habría que concluir que el andino es un gigante, siendo así

CUADRO N° 1

VARIACIONES DEL TORAX A DIFERENTES ALTITUDES

	Nº de casos	Altitud (mts.)	Talla (cm.)	Diámetro A. P. (mm.)	Diámetro Transverso (mm.)	Altura del esternon (mm.)	Volumen torácico (cc.)
Titicaca	53	4,000	1,616	213	283	199	12,150
Huancayo	124	3,260	1,603	208	285	185	11,019
Lima	120	150	1,653	203	283	183	10,544
Honduras	50		1,560	199	267	186	9,967

que apenas alcanza una talla de 1,616 centímetros de altura. Aumenta igualmente el volumen torácico de 10,500 litros a nivel del mar a 12,150 centímetros cúbicos en la altitud. La relación lineal entre altura y tórax aparece en forma evidente.

Vellard (9), hace notar que esta comparación no puede tomarse en consideración desde el punto de vista de la Antropología General, porque, en las observaciones de Lima el grupo incluye algunos sujetos con una herencia ancestral de muchas generaciones de altitud, lo que no ocurre en el caso de soldados hondureños. Algunos peruanos de la costa muestran valores antropométricos torácicos bastante aproximados a los sujetos de la altura, sin que pueda referirse tal hecho a una influencia del ambiente de nivel del mar sobre el fenotipo. Queda por fijar la significación genética de este hecho.

Ahora bien, el cuadro permite señalar que el grupo de Bolivia, el más alto estudiado, presenta un volumen torácico 1,606 cc. mayor que el volumen del tórax del hombre de nivel del mar; y 1,031 cc. superior al hombre de 3,260 metros de altitud. En fin este hombre, tiene un volumen mayor en 475 cc. que el del nivel del mar. Se ve pues que hay una relación lineal entre altitud y volumen torácico.

Así, pues, como un primer efecto antropológico de la acción del clima de altitud puede señalarse una respuesta anatómica del organismo; un aumento de volumen del tórax para aumentar su función respiratoria. Vemos así, la significación funcional de un hecho señalado por Orbigny en 1839 (10), Chervin (11) en Bolivia (1903); Barcroft (1925) (12), Hurtado (1936) (13), y estudiada últimamente, en forma sistemática, por Vellard en una común directiva de investigaciones de Antropología Comparada.

Con mucha razón Hurtado, en su trabajo sobre adaptaciones respiratorias a la altitud dice: "El amplio volumen torácico de los habitantes de la altura ha sido notado desde hace muchos años". "Comparando los resultados con aquellos obtenidos en determinaciones hechas a nivel del mar, se aprecia un aumento en volumen de aire residual. Se ha asegurado a este proceso un carácter compensatorio pues significa una mayor área de con-

tacto entre el aire contenido en los alvéolos y la sangre que circula en los capilares alveolares, facilitando así la adquisición de oxígeno" (14).

Por lo demás, con Mori Chávez hemos podido sugerir una mayor capilaridad del pulmón de animales estudiados en el altiplano (15).

Agreguemos que estas relaciones lineares se mantienen dentro de límites ecológicos; fuera o encima de ese nivel la dispersión de datos es la regla. De ello se ha ocupado Monge Cassinelli (16).

VOLUMENES DE SANGRE

Si nos referimos, ahora, a los índices que miden la cantidad total de sangre en el organismo humano y los conjugamos con algunos factores respectivos de clima a las distintas altitudes, como aparece en el cuadro N° 2, podríamos puntualizar ciertos hechos interesantes que establecen, también, una relación lineal.

Anotemos, como características climáticas, la disminución de la presión atmosférica y de la tensión de oxígeno ambiental que en algunos lugares habitados del Perú podría llegar casi a la mitad de la cantidad de oxígeno que se encuentra a nivel del mar. Anotemos, también, otros factores meteorológicos que sin duda alguna, juegan papel importante en la aclimatación a la altitud: extrema anoxia, extremo frío, extrema precipitación, así como, rayos cósmicos y ultravioletas muy por encima de las cifras de nivel del mar. De los datos de Hurtado, Merino y Delgado Febres (6), comprobados por Monge Cassinelli y Cazorla, en Lima y Morococha, hemos tomado los índices que aparecen en el cuadro N° 2.

Para que la ecuación de organismo y ambiente se mantenga vemos que el volumen total de sangre, el de glóbulos rojos y la hemoglobina total suben considerablemente a 4,540 metros de altura. Otro tanto ocurre con los sistemas integrativos de formación y destrucción de sangre, como lo ha demostrado Merino (17). En Huancayo hay un aumento evidente en la cantidad de hemoglobina total.

Derivamos, pues, de estas observaciones un hecho que se conforma con el manifiesto incremento de la función respiratoria de la sangre; ésto es, que aumentando el volumen total y la hemoglobina total hay también aumento de la sangre, volumen y hemoglobina en el pulmón, lo que significa que existe, además, un incremento de la viscosidad, todo lo cual debe jugar un papel significativo en la hemodinámica del pulmón y su repercusión en los órganos vecinos.

Desde luego, no podría concluirse este capítulo sin relievare los otros factores climáticos cuya acción, no por el hecho de ser desconocida, dejan seguramente de influenciar la tipología física, como se quería anteriormente; fisiológica como es la tendencia de la moderna antropología; y quizá, la genética del hombre de los Andes.

CUADRO Nº 2

VARIACIONES HEMATOLÓGICAS

	<i>Morococha</i>	<i>Huancayo</i>	<i>Lima</i>
Altura	4,540	3,260	150
Presión Barométrica	446	518	760
Presión O ₂	89	104	150
Temperatura	6º25	12º5	22º9
Humedad	59.60	77.54	86.80
Precipitación	1189.5	754.84	86.80
Rayos Ultravioletas	++++	+++	+
Rayos Cósmicos	15	—	1
Volumen total (litros)	6.98	5.36	5.21
Volumen Globular (litros)	4.29	2.79	2.34
Volumen Plasmático (litros)	2.65	2.55	2.82
Hemoglobina total (gramos)	1,464	905	788

VOLUMEN DE SANGRE PULMONAR

Frente a los datos anteriores era necesario establecer para una más completa integración de la hemodinamia torácica, si el contenido sanguíneo total del pulmón aumentaba en forma absoluta y relativa. Porque es incuestionable que el efecto integrativo del clima sobre la forma y la función del cuerpo, debe producir un patrón antropológico característico. Tal interpretación llevó a uno de nosotros (Monge), a formalizar la hipótesis de una distribución de la sangre en el organismo de altitud que se acomodara mejor a una mayor intensidad de oxigenación; esto es, que el pulmón en forma absoluta y relativa contuviese mayor cantidad de sangre en la altitud.

Esta hipótesis se afianzaba mejor tomando en consideración los hechos clínicos como son: las peculiaridades de la hemodinámica circulatoria, las modificaciones de los trazos electrocardiográficos, las imágenes radiológicas del corazón de altitud, con evidente acentuación del cono de la arteria pulmo-

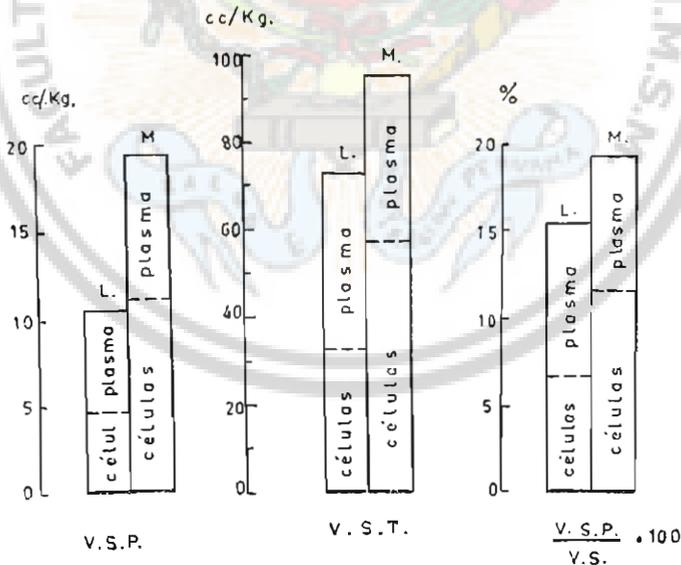
nar y en fin, los fenómenos de hipertensión de la arteria pulmonar tan bien señaladas por Rotta (18).

Para verificarla, era indispensable encontrar una técnica que permitiera la determinación del volumen de sangre en el pulmón, lo que se consiguió con el método de Newman, Merrell, Genecin, Monge Cassinelli, Maxinor y Keever, llamada "Técnica de dilución del colorante" (5).

Para facilitar el análisis comparativo, expresamos el volumen total y el volumen pulmonar de sangre en centímetros cúbicos por kilo de peso del individuo. Los resultados se correlacionan exactamente con los obtenidos tomando el área de superficie corporal como unidad de referencia.

La gráfica N^o 1, representa los valores medios de experiencias realizadas en Lima (hombres de nivel del mar) y en Morococha (hombres de altitud). De su estudio se desprenden las conclusiones siguientes:

- a) El volumen total de sangre es mucho mayor a 4,540 metros de altitud que a nivel del mar, comprobándose así los trabajos anteriores de Hurtado, Merino, Delgado Febres;
- b) El volumen de sangre pulmonar es igualmente mayor que el señalado a nivel del mar; y
- c) La relación que existe entre el volumen de sangre pulmonar y el volumen total de sangre es también mayor para el hombre del altiplano. Esto sig-



GRAFICA N^o 1

Estudio comparativo de volúmenes de sangre pulmonar (V. S. P.), de sangre total (V. S. T.) y relación de volúmenes V. S. P.

($\frac{V. S. P.}{V. S. T.} \times 100$), a nivel del mar (L), y a 4,540 mts. de

altitud (M).

nifica que no solamente el lecho sanguíneo pulmonar es más grande, en razón de que hay más sangre total, sino que su distribución en el organismo humano asegura un porcentaje mayor en el andino (20%) que en el hombre de la Costa (15%). Lo que en última instancia significa que el mayor continente antropométrico del tórax corresponde un mayor contenido de sangre circulante, como se había predecido (19).

CORRELACIONES DE FORMA Y FUNCION

Conocidos estos hechos, unos anatómicos, señalados por los antropólogos físicos, y otros hematológicos, descubiertos por los fisiólogos, cabía la necesidad de correlacionarlos, estableciendo la tipología que define la relación del hombre, clima y cambios de altitud.

En la gráfica N° 2, encontramos los diferentes elementos para un juicio integrativo. Se anota una cadena de reacciones anatómicas, físicas, fisiológicas, como base de la aclimatación respiratoria que constituyen la personalidad antropológica del andino. En lo que respecta al tórax, para no señalar sino los factores revisados en el presente capítulo: aumento considerable de su volumen físico; aumento de la función ventiladora, como es de colegir; aumento del volumen total de sangre y del volumen pulmonar; aumento marcadísimo de la viscosidad; mayor coeficiente de repartición de la sangre total en el pulmón, con su obligada repercusión sobre el corazón. Estos factores biodinámicos pueden ser interpretados como mecanismos adaptativos en el proceso de evolución de las razas del altiplano a las atmósferas enrarecidas.

Entrando en más detalles, se puede afirmar que el estudio comparativo permite ver, antropométricamente, que el aumento del tórax se hace a expensas del diámetro ántero-posterior y, particularmente, del tamaño del esternón. De otro lado, hagamos observar que, relacionando estos valores con la talla moderada del andino, aparece el sujeto con arquitectura de forma ovalar, tal como la señalada clásicamente para la adaptación al frío (Coon). Así ocurre en las razas mongólicas de Oriente que incursionaron el ártico. Pero, aparte de este hecho evidentemente aprovechable para la aclimatación en las regiones frías del altiplano, tal modalidad arquitectural permite que el compartimento pulmonar sea mucho más efectivo en volumen estático y dinámico, pudiendo, además, alojar una mayor cantidad de aire y una mayor cantidad de sangre.

La gráfica deja ver el paralelismo acentuado con los otros elementos que representan la masa sanguínea; a saber, *in situ*, un volumen pulmonar de sangre proporcionalmente mayor que a nivel del mar. De otro lado, la hemodinámica es más acentuada en la cavidad torácica del andino, a expensas de haber una mayor cantidad de volumen total de sangre en la masa corporal. Este fenómeno se sigue fácilmente en los índices de la gráfica mencionada.

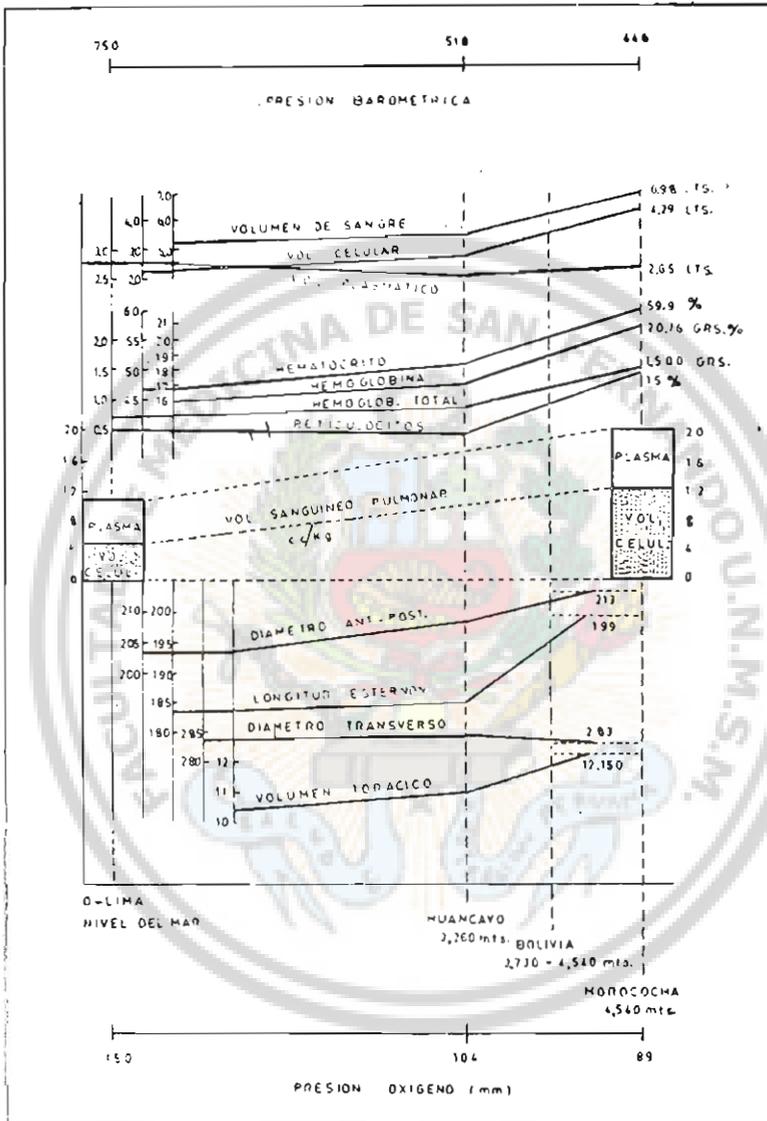
Es evidente que esta interpretación, que solamente considera los factores: continente y contenido torácicos, debe ser completada con las informaciones obtenidas del estudio sistemático de órganos y funciones, siguiendo la misma directiva. La vida es una integración de organismo y ambiente en función ecológica.

ADAPTACION ANTROPOLOGICA AL CLIMA DE ALTITUD

Si aplicamos, ahora, este conocimiento a la adaptación antropológica al clima de altitud, en el proceso de evolución del hombre de los Andes, las siguientes reflexiones nos parecen dignas de consideración.

Según Coon y Birsdell, uno de los factores principales en la diferenciación de los grupos raciales modernos ha sido la selección natural operando en términos de "stress" y estímulo inherente a los ambientes extremos. La raza mongoloide fué el último de los grupos principales en diferenciarse durante el cuarto período glacial como resultado de una extrema agresión ambiental del clima ártico. Se ha supuesto que la adaptación al frío fué alcanzada mediante el desarrollo de amplio tórax, extremidades cortas y cuerpos globulosos, pequeños, los cuales irradian al menor calor posible. Los habitantes del Artico presentan la menor superficie cutánea posible al mundo exterior, en proporción a su volumen y peso. Porque la esfera disipa menos el calor (20). Por otro lado, sería conveniente señalar a este propósito la opinión de Wulsin: "Mongolia es una planicie seca con una altitud media de 4,500 pies (1,500 metros). La mayoría de la población está constituida por pastores nómadas, pastores trashumantes de ganado ovino. Los veranos son cálidos y los inviernos fríos con fuertes vientos, nieve y temperaturas de 40°F á 50°F. En sus migraciones a las regiones circumpolares alcanzan el grado 60° de altitud Norte". Poco sabemos sobre la influencia de la latitud en la vida. En realidad, nosotros hallamos aquí, reproducida en cierta forma, condiciones aproximadas de ambiente a las que se encuentra en las tierras altas de Sudamérica Central: frío extremo, atmósfera seca y altitud relativa que pudiera tener una fuerte influencia sobre el clima a causa de la latitud. De este modo, podría admitirse que los antepasados mongólicos se establecieron en las altiplanicies de Sudamérica en localidades donde pudieran mantener sus particularidades físicas, sus reajustes fisiológicos, su resistencia al frío, a la intemperie, al hambre y a la altitud.

Coon supone además, "un segundo efecto del frío sobre la morfología humana, porque la estimulación de las glándulas suprarrenales y de las hormonas corticoides, conducirían a producir un cuerpo globular, corto, por osificación temprana de las epífisis de los huesos largos y dotados de una recia musculatura. Se trataría de una acción temporal sobre el fenotipo que pudiera cambiarse dramáticamente a temprana edad, cambiando el ambiente". Estas reflexiones serían también aplicables a nuestros hombres de los Andes, aunque pudiera haberse constituido ya un factor genético a



GRAFICA Nº 2

Estudio comparativo entre los volúmenes de sangre total, de sangre pulmonar y los diámetros del tórax a diferentes altitudes.

través de los millares de años que la raza ha vivido en el altiplano. Vellard lo investiga por el estudio comparativo del gran material de que dispone.

No estamos en condiciones de afirmar si hay un factor genético, de modo que nos limitamos al planteamiento del problema desde el punto de vista especulativo.

Según Winchester, la mosca *Drosophyla* mantenida durante un mes a 14,000 pies de altitud, produce un aumento de mutaciones de valor significativo que puede referirse a la acción de los rayos cósmicos que a esa altitud es quince veces más grande que a nivel del mar (21).

De otro lado, asegura Muller (22), que "aún a nivel del mar, el hombre, puede acumular durante su vida tal cantidad de radiación natural cósmica que pudiera ocasionar mutaciones". Si, como sabemos, a 4,000 metros de elevación sobre el mar, las razas autóctonas residen desde una época prehistórica, habría más fundamento para el desenvolvimiento del fenómeno en referencia. A este factor se suman la intervención de otros señalados por Russell (23), a saber que los genes de los mamíferos —ratas blancas— son mucho más susceptibles a ser cambiados por las radiaciones que los de los animales inferiores, como la *Drosophyla*. "Como el conejillo de Indias es el animal estudiado más cercano al hombre, podemos asumir con seguridad —a menos que se pruebe lo contrario— que los genes del hombre responderían aproximadamente en igual forma".

En fin, un factor activo para los rayos cósmicos, es la proximidad a macizos de gran densidad como son los que forman la Cordillera de los Andes, lo que deberá ser estudiado, alguna vez.

Como quiera que sea, es incuestionable que teóricamente no puede prescindirse de pensar en la acción de los rayos cósmicos en los altiplanos que constituyen el habitat geográfico de los andinos. Y si es verdad que por debajo de 18,000 metros no aparece problema de significación patológica en relación con ellos, en cambio no puede ignorarse la frase de Van Allen: "El efecto de la radiación cósmica es lento en su desarrollo, no es espectacular, ni inmediatamente evidente. A largo plazo aunque su efecto sea insidioso, la radiación no se ofrece, sin ayuda, a la percepción de los sentidos del hombre" (24).

En conclusión: hemos discutido los factores integrantes del continente y contenido del tórax, en una interpretación funcional y morfológica, como un proceso evolutivo de adaptación del andino. La acción reversible sobre el fenotipo es evidente. No puede negarse la posibilidad de una influencia genética en la tipología del hombre andino. La Aclimatación en los Andes, ha sido predominante, un proceso funcional dinámico que aseguró la vida en el ambiente a través de los milenios.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—MONGE M., C.: 1952, Chicago. *Physiological Anthropology of the Dwellers in America's High Plateaus*. Proc. of the 29th Intern. Congress. of Americanists. Vol. III. 361-373.
- 2.—BOWMAN, I.: 1938, New York. *The Andes of Southern Peru*. American Geographical Society Press. Henry Colt Co. Edt. 52-53.
- 3.—MONGE M., C., CERVELLI, M.: 1935, Lima. *Fisiología Andina*. An. Fac. Med. XVII: 1 y sigts.
- 4.—VELLARD, J.: 1952, Lima. *Antropología física del hombre del Altiplano*. An. Fac. Med. XXXV. 70-110.
- 5.—NEWMAN, E., MERREL, M., GENECIN, A., MONGE C., C., MAXINOR, W., MCKEEBER, W.: 1951, Baltimore. *The dye dilution method for describing the central circulation. An analysis of factors shaping the time concentration curves*. Circulation, 4: 735.
- 6.—HURTADO, A., MERINO, C., DELGADO-FEBRES, E.: Chicago, 1946. *Influence of Anoxemia on the Hemopoietic Activity*. Arch. of Intern. Med. 75: 284.
- 7.—MONGE M., C., CONTRERAS, L., VELASQUEZ, T., REYNAFARJE, C., MONGE C., C., CHÁVEZ, R.: 1948, Washington. *Physiological Adaptation of Dwellers in the Tropic*. Proc. of the 4th Intern. Congress. on Tropical Medicine and Malaria. The Depart. of State, Ed., Vol. I. 136-147.
- 8.—MONGE CASSINELLI, C., CAZORLA, A.: Lima, 1954. (Por publicarse).
- 9.—VELLARD, J.: 1952, Lima. *Caracteres adaptativos a la vida en las altas regiones andinas*. An. Fac. Med. XXXV. 189-191.
- 10.—D'ORBIGNY: 1944, Buenos Aires. *El Hombre Americano*. Edt. Futuro. 89.
- 11.—CHERVIN: 1903. *Anthropologie Bolivienne*.
- 12.—BARCROFT, J.: 1925. Cambridge. *The Respiratory Function of the Blood; Lessons from High Altitude*, The University Press, 176.
- 13.—HURTADO, A.: 1942. *Respiratory Adaptation in the Indian natives of the Peruvian Andes*. Am. J. of Phys. Anthropol. 17: 137-159.
- 14.—HURTADO, A.: Lima, 1939. *La Acimatación del Hombre en las Grandes Alturas dentro del Territorio de los Incas*. Act. XXVII Cong. Intern. Americanistas. Tomo I. 80-91-96.
- 15.—MORI-CHÁVEZ, P.: 1936, Lima. *Manifestaciones pulmonares del conejo del llano transportado a la altura*. An. Fac. Med. 19: 137.
- 16.—MONGE CASSINELLI, C.: Por publicarse.
- 17.—MERINO, C., REYNAFARJE, C.: 1949. *Bone Marrow Studies in the Polycythemia of High Altitudes*. J. of Lab. and Clin. Med. XXXIV. 2.
- 18.—ROTTA, A.: 1951, Lima. *El índice cardio-torácico del Hombre de Morococha*. Com. a la Conferencia de Ciencias Antropológicas, IV Centenario de la Universidad Mayor de San Marcos.
- 19.—MONGE M., C.: 1953. *Biological Basis of Human Behavior*. Anthropology Today University of Chicago Press Kroeber Ed., 127-144.
- 20.—COON, C. S., GARN, S. M., BIRSDILL, J. E.: 1950 Springfield, Ill. *Races, A Study of the Problems of Race Formation in Man*. A Monograph in American Lectures in Physical Anthropology. Charles C. Thomas. Pub. 7-23 y sigts.
- 21.—WINCHESTER, A. M.: 1951, New York. *Genetics*. The Riverside Press Cambridge.
- 22.—MULLER, H. J.: 1952, Albuquerque. *Genetics Effects of Cosmic Radiation, Physics. and Medicine of the Upper Atmosphere*. The University of New Mexico Press, 316.
- 23.—RUSSELL, W. L.: 1951. *Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology*. Vol. 19.
- 24.—VAN ALLEN, J. A.: *The Nature and Intensity of the Cosmic Radiation, in Physics and Medicine of the Upper Atmosphere*, 1952. The University of New Mexico. 239.