

ANALES de la FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

TOMO XXVI, N° 2

LIMA, 2° TRIMESTRE 1943

EL MAL DE MONTAÑA CRONICO

POR EL DR. CARLOS MONGE

Profesor de Clínica Médica.

Director del Instituto Nacional de Biología Andina.

El medio ecológico de las altiplanicies andinas (2 a 5 kms. de altura) es un factor fundamental, cuando se estudia la biología de las razas aclimatadas desde tiempos prehistóricos (Bingham). Es necesario establecer una precisa diferencia entre los lugares "habitables" (Monge 1928), donde la naturaleza hace posible la vida, y los lugares "habitados", como por ejemplo las minas, con condiciones inapropiadas para la existencia. Es sensible que esta distinción no haya sido tomada en consideración. En el estudio de la aclimatación, se evitaría muchas confusiones, si el objetivo de la investigación fuera el conocimiento de las aptitudes fisiológicas del hombre autóctono en su ambiente ecológico. La tolerancia y los sufrimientos que experimenta el sujeto al llegar a la altura o al vivir en ella, deben ser considerados como problemas correlacionados pero de significado diferente. En ningún caso se debe utilizar las palabras "aclimatado" o "aclimatación" al referirse al sujeto que está sufriendo en la altura, el traumatismo anóxico, durante el periodo adaptativo (Mal de Montaña).

En las altiplanicies andinas (2 a 5 kms. de altura), donde viven 12 millones de individuos, la aclimatación congénita ha producido una variedad climato-fisiológica de ser humano, cuyas características biológicas son algo diferentes de las del hombre a nivel del mar. La infertilidad del hombre y de los animales llevados de regiones bajas, que ocurre a veces (Monge), significa la eliminación del inadaptable a través de un proceso de selección natural.

Cuando un sujeto va a la altura, debe adaptarse primero a una condición de anoxia permanente, haciendo uso de sus mecanismos de emergencia, para alcanzar después, con un nuevo tipo de equilibrio biológico, el estado balanceado de homeostasis del hombre andino. En consecuencia, el período adaptativo constituye pues una enfermedad: el Mal de Montaña, que puede ser inaparente, agudo, subagudo o crónico. Cuando el período adaptativo ha terminado, después de meses o años (es difícil precisar la duración), sobreviene la aclimatación adquirida. El Mal de Montaña ha curado (Monge, 1928). Un sujeto puede también perder su aclimatación, desarrollando un Mal de Montaña subagudo o crónico, que cura también cuando el paciente se traslada a una región más baja o a nivel del mar. En estos hechos se encuentran los fundamentos de una variedad climato-patológica de enfermedad humana (Monge 1, a-h). Los animales y posiblemente también las plantas están sujetos a la misma patología, pero las investigaciones en este sentido están aún por realizar.

Para algunos sujetos, la vida es imposible aún a alturas de 1,5 km.; viéndose generalmente obligados a cambiar su "habitat". Se podría especular sobre la posibilidad de pérdida de la aclimatación a la presión de oxígeno de nivel del mar. Para una mejor comprensión del problema que nos ocupa, debemos considerar brevemente las características del hombre autóctono, lo que nos permitirá apreciar con claridad las desviaciones fisio-patológicas del período adaptativo (Mal de Montaña), que precede a la aclimatación. Merecerán naturalmente mayor interés los hechos relacionados con el Mal de Montaña crónico que aparece como la base del problema. También nos ocuparemos de la fisiología de la reproducción en la altura, ya que la infertilidad puede observarse aún en personas aparentemente aclimatadas.

El Mal de Montaña crónico, como dijimos anteriormente, es una enfermedad debida a la incapacidad del individuo para aclimatarse en la altura, o a la pérdida de la aclimatación. Los hallazgos de Barcroft deben ser referidos al Mal de Montaña subagudo (2).

En 1925, utilicé por primera vez el término "Eritremia de la altura", para nombrar un síndrome clínico semejante a la Eritremia de Vasquez o Policitemia Vera de Osler. Esta denominación se refiere pues a una entidad clínica y no a un cuadro hematológico, como ha sido erróneamente interpretado. Igualmente, al hablar de síntomas eritrémicos, nos referimos a manifestaciones clínicas y no a un aumento de glóbulos rojos. (*)

Como nosotros referíamos esta enfermedad a un estado de anoxia crónica, le dimos el nombre de Mal de Montaña crónico. (1928) (Monge 1 c,d,e). Posteriormente la enfermedad fué estudiada por Monge, Encinas y colaboradores y Rondón (3). Talbot y Dill (4) encontraron un caso en Chile. Hurtado describió algunas formas de la enfermedad debidas a fibrosis pulmonar (1930, 5 a), y otras, con síndrome eritrémico (1942) (5 b,c,d). Monge (1 f) y Arellano (6) han descrito formas neurológicas. Formas psiquiátricas han sido señaladas por Monge (1 g).

En los andinos, la enfermedad sobreviene a cualquier edad y tiene un marcado carácter familiar (Monge, Rondón). En individuos provenientes de regiones bajas, la enfermedad puede iniciarse después de 2 o 3 años de aclimatación adquirida. Aparece generalmente en la cuarta o quinta década de la vida. Los dos sexos están igualmente predispuestos. Es mucho más frecuente en individuos de procedencia europea. El inicio puede ser insidioso o súbito después de un violento

(*) En el presente trabajo, no trataremos del Mal de Montaña agudo. El lector que se interese por ese aspecto del problema puede consultar: Haldane, J. S. and Priestley, J. G. : *Respiration*, New Haven, Yale University Press, 1935. — Barcroft, J. : *The respiratory function of the blood*, Cambridge University Press, 1935. — Loewy, A. : *Physiologie des Höhenklimas*, Springer, Berlin, 1932. — *The Pathology of High Altitude Climate*, Oxford Medical Publications, 1937. — Dill, D. B. : *Life, Heat and Altitude*, Cambridge, Harvard University Press, 1938. — Van Liere, E. J. : *Anoxia, its effects on the body*. The University of Chicago Press, 1942.

ejercicio físico o después de un proceso respiratorio banal. Los ataques repetidos de Mal de montaña agudo crean una disposición favorable. La Pneumoconiosis, pneumonia y sífilis pulmonar deben ser consideradas como causas predisponentes.

Comenzaremos por describir las formas sub-agudas, que pueden curar dejando al sujeto en condiciones de llevar una vida normal en la altura. Después consideraremos las formas crónicas de la enfermedad.

EL MAL DE MONTAÑA SUBAGUDO Y EL HOMBRE ANDINO

El trauma anóxico actuando sobre el organismo produce, como ya lo hemos dicho, una enfermedad que aún en sus expresiones más ligeras, conduce a una disminución de la capacidad mental y física. Para evitar confusiones, he empleado (1925-1928) los nombres de Soroche agudo, subagudo y crónico. Soroche significa en Quechua, Mal de Montaña.

El Mal de Montaña subagudo no siempre es precedido de un ataque preliminar de Mal de Montaña agudo. En las formas más benignas el sujeto continúa su labor diaria, pero se da cuenta que no puede mantener el género de vida que le era habitual a nivel del mar. Las dolencias más ligeras tienen honda repercusión sobre su estado general. Hay una disminución de la resistencia ante las enfermedades y la convalecencia es penosa. El embarazo se acompaña de síntomas tóxicos, el parto es peligroso y los abortos frecuentes. La infertilidad no es rara. En los casos más acentuados, los síntomas pueden aparecer insidiosamente y predominar sobre el órgano o aparato que sufre más intensamente las consecuencias de la anoxia prolongada. Los síntomas más frecuentes son : fatiga general, cianosis post esfuerzo, disminución de la capacidad para el trabajo mental y físico, sensación de plenitud en la cabeza, cefalea, vértigos, congestión de las mucosas, dificultad respiratoria, anorexia, digestión lenta, constipación o diarrea, pérdida de peso, insomnio, fatiga matutina que desaparece en el curso del día, como en la neurastenia. Algunas veces los pacientes acusan periodos de bienestar temporal. Después de varias semanas, meses o años (la duración no ha sido todavía bien establecida) ocurre marcada mejoría, a veces súbita. Muy frecuentemente el paciente

no se dá cuenta exacta de que va adaptándose y se sorprende de encontrarse capacitado para hacer una vida normal en la altitud. Su aclimatación se ha realizado. Por otra parte, si la enfermedad se pronuncia, la fatiga aparece más pronto, la cianosis es permanente, y pueden aparecer náuseas y vómitos. Afonía y disnea son muy frecuentes. Se presenta torpor, cefalea, vértigos, nerviosidad, insomnio, algias y parestesias variadas. El sujeto incapaz de aclimatarse, entra en el Mal de Montaña crónico.

CIRCULACION

En sujetos normales es muy frecuente el desdoblamiento del segundo tono. Rotta por medio del fonocardiógrafo ha establecido su significación adecuada; tercer ruido, ruido auricular. El ritmo cardíaco tiene marcada tendencia bradicárdica. Monge y Cervelli en 1927 encontraron los siguientes porcentajes : de 40 a 50 pulsaciones, 13 %; de 52 a 60,41 %; de 62 a 71, 32 %; de 72 a 84,14 %. Estos datos han sido confirmados por Talbot y Dill (4), Aste (7), Cervelli (8), Torres (9), Arnaez (10) y Capdehourat y colaboradores (11). La relación lineal entre trabajo (700 kgmts.) y frecuencia cardíaca, se presenta en la altura solo en 30 % de sujetos y aún en estos casos con aceleraciones inferiores a las de nivel del mar; en 70 % de casos se encuentra una respuesta de tipo atlético. Después de un trabajo doble (1.400 kgmts.) la aceleración cardíaca es menor que después de un trabajo básico de 700 kgmts. La evolución del ritmo después del trabajo, muestra en 50 % de casos una bradicardia paradójica inicial; después el pulso se acelera para alcanzar el nivel normal (Monge, Encinas). Rondón obtuvo los mismos resultados a 5.800 m. de altura. Algunas veces se observa la aparición brusca de bradicardias con un ritmo más lento que el encontrado en condiciones básicas. En 8 % de casos se observa taquicardia que comienza súbitamente y que no se acompaña de ningún malestar; posteriormente el ritmo se hace de nuevo bradicárdico. Los tests de eficiencia efectuados en pleno ritmo taquicárdico no perturban la aceleración inicial (Monge y colaboradores (1 h,12).

El estudio electrocardiográfico efectuado en 200 sujetos, muestra en general valores normales (Monge, Sáenz, 13). En algunos casos se observa una marcada arritmia sinusal; la diferencia de duración entre dos intervalos sistólicos puede alcanzar 0'44. Después de un ejercicio moderado (700 kgmts.) he encontrado marcada arritmia sinusal, desplazamiento del marcador del paso, deformación de P, inversión de P, acortamiento del marcador del paso, deformación de P, inversión de P, acortamiento de P-R, extrasistoles auriculares y ventriculares, variaciones del voltaje de T, onda T invertida y desplazamientos del espacio S,T. Algunos de estos hechos son similares a los encontrados por Greene y Gilbert en la anoxia aguda experimental (1925). Los sujetos no mostraron signos de fatiga durante los tests de esfuerzo, no obstante los ritmos bradicárdicos. En 100 casos Sáenz encontró 40 % de desviaciones del eje a la derecha. Posteriormente Rotta encontró 37 %. La presión venosa está aumentada (Rotta, Capdehourat). Existe una dilatación generalizada de los vasos sanguíneos, más pronunciada aún en casos de Mal de Montaña subagudo. La presión arterial del andino es algo más baja que la de sujetos a nivel del mar (Torres). El trabajo de Rotta (14) sobre circulación sanguínea en el hombre andino puede ser resumido así :

- a). El volumen sistólico es aproximadamente igual al encontrado a nivel del mar;
- b). El índice cardíaco, de mayor importancia (Cantoni), alcanza 2'3 litros por minuto; es decir, 12 % superior al valor obtenido a nivel del mar.

El trabajo del corazón referido al área de superficie está aumentado. El volumen (hombres) y el peso (perros) del corazón son mayores que a nivel del mar. En el Mal de Montaña subagudo, la taquicardia es la regla, pero también es frecuente la aparición de inesperados ritmos bradicárdicos (Monge, Cervelli) y de bradicardias paradójicas después de ejercicio moderado (Monge, Encinas). En el Mal de Montaña subagudo la disnea es acentuada. Se aprecia fácilmente el tercer tono cardíaco. El segundo tono pulmonar está reforzado. Los capilares están dilatados y han perdido su tortuosidad. La

presión arterial está ligeramente aumentada. A veces se observa movimiento pulsátil de la cabeza, como en la insuficiencia aórtica (Monge 1928). La capacidad para el trabajo está enormemente reducida y el corazón responde mal en los tests de eficiencia. Los atletas trasladados a la altura no pueden mantener sus records de nivel del mar, encontrándose en la misma condición que un sujeto sin entrenamiento. Observaciones electrocardiográficas muestran los mismos hechos encontrados en Andinos normales (Monge); pero todavía no hay datos suficientes para establecer conclusiones definitivas. Algunas veces hemos podido observar fases de arritmia que se repiten con cierta regularidad, retardo de conducción aurículo-ventricular, extrasistoles nodales o subnodales. En un caso la conducción intraventricular estaba alterada. Se ha encontrado también bloqueos de primer grado. Es muy frecuente la desviación del eje a la derecha.

Para evitar repeticiones deseo dejar señalado que, aún a la misma altura las desviaciones fisiopatológicas son más acentuadas fuera del medio ecológico; en el futuro será necesario indicar claramente el sitio en que se ha efectuado las investigaciones en casos de Mal de Montaña crónico.

RESPIRACIÓN

En los Andinos el tórax es amplio (Charvin, Barcroft 2; Hurtado 5 e); la capacidad respiratoria es 10 % superior a la de sujetos europeos (Barcroft). Lynch (15) estudiando 50 andinos señaló que la frecuencia respiratoria es ligeramente superior a la encontrada a nivel del mar. Después de un ejercicio moderado se observa, en 14 % de casos, bradipnea, que se inicia o bien inmediatamente después del esfuerzo o después de un corto período polipneico. A veces aparece polipnea, sin volver a los valores normales. En ningún caso los sujetos mostraron especial fatiga. La etapa bradipneica es interpretada por Lynch como un esfuerzo para aumentar el tiempo de oxigenación. Arnaez (10) en adición a la bien conocida respiración periódica ha observado en sujetos en reposo fases apneicas en 25 % de casos y movimientos respiratorios profundos y súbitos en 20 %. Observó también, sobre todo después de ejercicio moderado, un tipo respiración en escalones que

aparece al frustrarse el primer movimiento respiratorio. Cree que la hipertonía vagal juega un rol más importante que a nivel del mar. Todos los hechos que acabamos de señalar son la regla y naturalmente mucho más pronunciados en el Mal de Montaña sub-agudo. La observación clínica muestra que los movimientos respiratorios y periódicos acompañando al trabajo periódico, constituyen el mecanismo que más conviene en la altura. Los andinos, pueden cargar un peso de 100 libras, efectuando una carrera, luego se detienen; hacen algunas respiraciones profundas y corren nuevamente. En casos de anoxia sub-aguda, es posible mejorar el estado del sujeto reproduciendo la hiperventilación periódica del Andino. El entrenamiento respiratorio es importante. La adaptación respiratoria a la anoxemia ha sido estudiada por Forbes, Barcroft, Monge, Hurtado y León. Se ha encontrado considerablemente aumentada la capacidad vital (Hurtado, León). El trabajo más importante a este respecto ha sido efectuado por Hurtado y Rotta (16) de quienes tomo los siguientes datos:

	Valores absolutos		Valores relativos (Capacidad total 100%)	
	Altura 3'7 km.	Nivel del mar	3'7 km.	Nivel del mar
	litros	litros		
Aire resp.	2.11	1.50	33.2	26.1
Cap. media	3.58	2.89	56.4	50.3
Cap. vital	4.18	4.30	66.8	73.8
	6.28	5.85		

De acuerdo con estos autores, la mayor capacidad total y el aumento relativo y absoluto del aire residual significan un enfisema funcional compensatorio (Hurtado, 1928). Este estado desaparece a nivel del mar. No es pues un carácter adquirido, sino un carácter reversible. En el Mal de Montaña sub-agudo, disminuye la capacidad vital, y aumenta de nuevo progresivamente con la mejoría. En el Mal de Montaña sub-agudo, el tipo y el ritmo respiratorios adquieren la modalidad respiratoria del andino después del ejercicio con aparición de

signos de disnea y asfixia. La hiperventilación puede conducir a la tetania. Se puede observar la anarquía del control respiratorio; respiración superficial seguida de respiración profunda, respiración periódica, ritmo de Cheynes-Stokes, inspiración profunda y súbita, fases apneicas con sensación de asfixia inminente, más pronunciadas durante la noche, despertando al paciente y perturbando el sueño (Arnaez, Lynch).

Mori-Chávez (17, a) ha encontrado en cobayos aclimatados, hiperplasia de la red capilar pulmonar y una disminución de las arteriolas, lo que significa un aumento de la superficie de difusión de O_2 . Esta constatación debe ser relacionada con la observación frecuente de un mayor volumen pulmonar en la altura, ya señalado por Orbigny. En el Andino, la imagen radiológica pulmonar tiene un aspecto característico. La transparencia es mayor que a nivel del mar; la sombra hiliar está notablemente aumentada; la imagen del tronco de la arteria pulmonar está reforzada según García Rossell (18), Sayé y Monge. En el Mal de Montaña sub-agudo, todos los hechos anotados son aún más acentuados, sugiriendo algo patológico. En algunos casos se aprecia radioscópicamente la pulsación de la sombra hiliar. En casos crónicos la dilatación vascular tiene el aspecto de congestión pulmonar pasiva. En casos avanzados la imagen radiológica semeja la Pneumoconiosis, lo que ha conducido a errores diagnósticos, (Jiménez).

METABOLISMO BASICO Y SISTEMA NERVIOSO

Según Hurtado (5f) el Metabolismo básico del hombre andino es normal. En casos moderados de Mal de Montaña sub-agudo nosotros hemos observado a menudo valores bajos que, con la adaptación, se elevaban y alcanzaban las cifras normales de aclimatación.

En el Andino existe una hipertonia del sistema nervioso vegetativo evidenciada por el estudio del reflejo oculo-cardíaco (Monge 1i; Pesce 35a; Aste, 7), durante el cual el andino no siente ningún malestar a pesar de una caída relativa de 50-60 pulsaciones. Por el contrario, en casos moderados de Mal de Montaña sub-agudo, el paciente sufre frecuentemente

un colapso. En andinos normales, nosotros con Pesce hemos podido inyectar en la vena hasta 3'5 mgr. de atropina sin producir ninguna perturbación clínicamente apreciable. La hipertonía vagal del andino parece ser la causa de la bradicardia que se observa después del esfuerzo. La hipertonía simultánea del sistema simpático, (Monge) puede explicar las taquicardias de origen sinusal. La hipertonía vago-simpática debe tener alguna relación con la estabilidad del sistema nervioso reflejo y de los centros vasomotores. Los estudios de Gelhorn en el hombre, durante la anoxia experimental, pueden dar una interpretación del vértigo y colapso que se observa en algunas formas de Mal de Montaña sub-agudo. No obstante que Hurtado, en la altura, habría encontrado una disminución de la acidez del jugo gástrico; nuestra observación clínica demuestra que después de ejercicios moderados puede aparecer una sensación de hambre ansioso. La úlcera gástrica se agrava en la altura. Indigestiones y diarrea son frecuentes. Posiblemente algunos trastornos digestivos pueden ser debidos a hiperexcitabilidad simpática debida al aumento del pH, como ha sugerido Van Liere. (19). Es necesario continuar investigaciones más completas en este sentido (Van Liere).

La observación clínica nos muestra que cambios psicológicos son muy frecuentes en la altura (Barcroft, Encinas); cambios que pueden conducir a cuadros psiquiátricos severos (Monge).

Mc Farland (20) llevó a cabo un importantísimo estudio en los miembros de la Expedición Internacional a los Andes. Por medio de tests psicológicos relativos a funciones mentales complejas, encontró diferencias notables comparando los valores hallados con los obtenidos a nivel del mar. Estas manifestaciones son análogas a las observadas por el mismo autor en aviadores durante el vuelo, o en cámaras neumáticas.

Basándose en investigaciones experimentales (21), Hahn (del Instituto Nacional de Biología Andina) concluye que es un error generalizar, ya que algunos sujetos no son afectados por la altura. Todas las actividades psicológicas se realizan con mayor lentitud. Utilizando el método de Ziehen el autor observó dificultad para mantener la atención. En las formas ligeras de Mal de Montaña sub-agudo, los sujetos pue-

den efectuar aún trabajos complicados que exigen coordinación de manos y vista, pero requieren más tiempo para efectuarlos. Hahn modifica el método de reconocimiento de colores de Mc Farland, haciendo notar que si se substituye la expresión verbal por un procedimiento sin palabras, el margen de error no está afectado por la altura. En los Andinos no se encuentra diferencias marcadas en lo que concierne al tiempo de reacción visual, pero sí se encuentran valores más bajos en la velocidad de reacción motora (método de Whipple). Utilizando el método de Toulouse y Pieron, para el estudio de la atención, Hahn encuentra valores netamente más bajos que a nivel del mar (trabajo inédito).

EQUILIBRIO ACIDO-BASICO

Considerando los cambios del equilibrio ácido-básico producidos por la hiperventilación, se puede decir que las observaciones sobre concentración en iones H no son concordantes, porque las investigaciones han sido hechas en sujetos cuya aclimatación no había sido bien determinada. Algunos sufrían evidentemente de Mal de Montaña sub-agudo. Monge (1928) señaló que los sujetos adaptados tienen un pH más alto que los aclimatados. Dill, Christiansen y Edwards (22) encontraron en sujetos adaptados, un ligero y progresivo aumento del pH en relación con la altura, hasta 4'6 km., más o menos. Por encima de este nivel el pH disminuía, pero siempre los valores eran más altos en los adaptados que en los residentes aclimatados.

Aste, a 3'2 km., observa los mismos hechos en sujetos afectados de Mal de Montaña crónico. En general el pH se encuentra dentro de límites normales, con marcada tendencia hacia el lado alcalino. Aste, en sus estudios sobre el Mal de Montaña crónico, encontró en Andinos, que la diferencia entre pH arterial y venoso era mayor que la encontrada a nivel del mar. Sin embargo Dill, Talbot y Consolazio (23), a mayor altura, encontraron valores normales. En lo que concierne al CO₂ y a la reserva alcalina, se mantiene firme la opinión de Dill, Talbot y Consolazio. En lugares "habitables" el CO₂ y la reserva alcalina disminuyen pero en el Mal de Montaña sub-agudo, el descenso nunca cae a los valores aún más bajos

que se encuentra en los residentes. Según los autores citados se necesita meses para alcanzar estos bajísimos valores. Con métodos menos precisos, V. Villagarcía (1935 y Monge (1j) llegaron a las mismas conclusiones midiendo la ganancia obtenida durante la adaptación. Desde 1928 yo he señalado que a pesar de los valores mínimos de CO_2 alveolar y del contenido de CO_2 , el balance ácido-básico de los Andinos, tiene una capacidad tampón mayor que la de los individuos con Mal de Montaña sub-agudo. Por lo menos esta capacidad es igual a la del hombre que vive a nivel del mar y que tiene cifras mayores de pH CO_2 y de contenido de CO_2 . Probablemente debe haber un reajuste de tampones cuya naturaleza nos es desconocida. Así pues el sistema tampón debe encontrarse compensado. Según Dill, Talbot y Consolazio (23), el aumento de hemoglobina puede justificar en algo la diferencia. Estos autores señalan que a 5'3 km. de altura, hay un déficit de 2 mili-equivalentes en el balance de los electrolitos. Sin embargo el problema no está solucionado. Seguramente el organismo debe encontrar algún nuevo mecanismo regulador para estabilizar la respiración interna. Las diferentes etapas descritas por Y. Henderson como consecuencia de la disminución de la presión de oxígeno, han sido señaladas en el Mal de Montaña sub-agudo por Monge (1928) quien estableció la relación que existe entre la onda alcalina sanguínea debida a la disminución de CO_2 y la eliminación de bases por la orina al subir al altiplano. Este proceso es reversible al regresar el sujeto de la altura a nivel del mar (Monge, 1b). Yo he observado (1928-1935) que en los Andinos, las variaciones del pH después de ejercicio moderado son iguales o menores a las obtenidas a nivel del mar. En el Mal de Montaña sub-agudo las variaciones son mayores y disminuyen con la aclimatación como hemos observado utilizando pruebas de ejercicio standard (Monge, 37).

Los Andinos muestran una gran capacidad para el trabajo. "En Cerro de Pasco (14,700 pies) se les ve transportar sobre el dorso pesos de 100 libras de un lugar situado 250 pies más bajo; y repetir esta operación a intervalos de pocos minutos" (Barcroft). Se debe insistir sobre estos hechos porque la literatura sobre esta cuestión está llena de afirmaciones erróneas desde los tiempos de Jourdanet y Barcroft. El Andino

tiene la constitución de un atleta. El Mal de Montaña sub-agudo es un dolencia de incapacidad, una enfermedad de fatiga. El atletismo como la aclimatación significan aptitud para equilibrar una condición de anoxia prolongada. El Mal de Montaña transforma súbitamente la resistencia de un atleta entrenado convirtiéndolo en un sujeto incapacitado para el esfuerzo; que no puede alcanzar el ritmo cardíaco óptimo o hiperventilarse adecuadamente para permitir el mejor trabajo de su corazón (Christiansen, 36). Seguramente, como supone Dill (24), el transporte de CO_2 , la actividad enzimática del medio interno para fijar O_2 y un mayor rendimiento cardíaco deben jugar un papel muy importante en la homeostasis de la altura.

SANGRE

Barcroft (2), Heraud (1k), Hurtado (5a-g), Hurtado y Guzmán Barrón (5h), Talbot (25), Capdehourat (11) y Aste (trabajo inédito) han confirmado la Policitemia de las grandes alturas encontrada por Viault y han estudiado la morfología sanguínea y la hemoglobina que no difiere de la producida a nivel del mar (Hall, 26.) He resumido en la Tabla I las investigaciones más recientes a este respecto.

Se puede afirmar que la numeración de glóbulos rojos, los valores de hemoglobina y los del hematocrito dan cifras mayores que a nivel del mar. Hurtado ha calculado las diferentes variables sanguíneas; describe el eritrocito como una célula de mayor tamaño, con menos hemoglobina y saturación de oxígeno, para facilitar el intercambio gaseoso. En general los resultados necesitan ser relacionados con el ambiente ecológico. En el Mal de Montaña sub-agudo, Monge ha encontrado un número de eritrocitos superior al valor normal correspondiente a la altura donde se hacía la observación (3'7 km.) Esto se deduce también de los datos de Talbot en los Andes a 2'8 km. Las observaciones de este autor muestran un aumento progresivo de eritrocitos hasta una altura aproximada de 5 km., pero sin alcanzar nunca los valores encontrados en los residentes. A mayor altura, 6'1 km., eran más bajos. En general cuando el período adaptativo alcanza su más alto límite, sin llegar a la aclimatación, es cuan-

TABLA I

Condición	Autor	Altura	Hematies	Hemo- globina	Hematies Hematocrito	Volumen medio Globular	Hb. media Globular	Concentración Hb. Globular
Aclimatados	Hurtado	metros 4.500	millones 6.66	gramos % 15.93	% 71.1	micras cúbicas 96.20	$\gamma\gamma$ 24.4	%
Mal de Montaña sub-irrado	Talbot	3.660	5.54	17.23	49.6	89.50	31.1	34.7
Mal de Montaña crónico	Aste	3.200	5.85	17.69	47.9	82.60	30.5	36.9
Mal de Montaña crónico	Hurtado	4-5.000	8.26	21.70	77.5	94.1	30.3	32.2
Mal de Montaña crónico	Aste	3.200	6.54	20.92	56.2	86.46	32.2	37.2

do se encuentra enorme incremento de la cifra de eritrocitos. La hemoglobina sigue una curva paralela. Talbot piensa que para alcanzar el valor máximo de hemoglobina se requiere meses o años. En Andinos, Hurtado ha encontrado 8'6 ($\pm 0'14$) de viscosidad sanguínea; 6'5 ($\pm 0'12$) de tiempo de coagulación y 0'7 miligramos % de bilirrubinemia. Urteaga (trabajo inédito) ha encontrado en 6 casos un promedio de bilirrubinemia de 1,37 mg. %; correspondiendo 0,4 mg. % a la bilirrubina directa y 0'97 mg. a la indirecta. Urteaga considera como normal este elevado umbral de la bilirrubinemia, ya que los tests de excreción de la bilirrubina dan curvas normales, si se tiene en cuenta este umbral elevado. A su juicio puede tratarse de un mecanismo para ahorrar núcleos pirrólicos necesarios en la hematopoiesis (Urteaga, 27). Palti (28) en cien Andinos ha encontrado un promedio de calcemia de 11'62 mg. ($\pm 0'05$), ligeramente superior a la calcemia encontrada a nivel del mar: 11'06 ($\pm 0'06$). El calcio activo era más elevado en la altura. En casos severos de Mal de Montaña sub-agudo se ha encontrado hipercalcemia que retornaba gradualmente a la normal. Salas (29), a 3'2 km., encontró en 50 nativos, que los valores de la proteinemia eran superiores a los de nivel del mar. En casos de Mal de Montaña sub-agudo la proteinemia era aún más elevada; no se pudo observar la fase de descenso de la proteinemia, quizá porque la observación no pudo ser prolongada el tiempo suficiente. San Martín (30), en siete individuos ha comprobado el ligero aumento de la glucemia encontrado por Forbes (31) en el Mal de Montaña sub-agudo. Señala además valores más altos de glucemia corpuscular comparados con los de nivel del mar. 0'711 mgr. en lugar de 0'586 mgr.; en valores de hematocrito, 0'971 mgr. en vez de 0'456 %. Probablemente con la aclimatación la glucemia desciende como lo señala Forbes. No hay datos suficientes para establecer conclusiones definitivas. El número de leucocitos es normal en los Andinos y ligeramente aumentado en casos de Mal de Montaña sub-agudo (Monge). En las formas ligeras de Mal de Montaña, los datos más impresionantes con el aumento del número de reticulocitos y la presencia de un gran número de histiocitos. Los mismos hechos han sido observados aún en sujetos normales (Hurtado, Barcroft, Monge, Talbot).

Barcroft estudiando la saturación de O_2 de la sangre arterial, estableció que los Andinos tienen un valor más bajo (80-82) que los recién llegados. Hurtado ha confirmado este hecho. Diferentes miembros de la Expedición Internacional han llegado a la misma conclusión. El trabajo más completo sobre este punto ha sido hecho por Hurtado quien ha determinado los valores de O_2 en sangre arterial a diferentes alturas. Aste, a 3'2 km., ha encontrado valores de saturación más aproximados a los de nivel del mar (93'5). Dill, Christensen y Edwards (22) han confirmado la opinión de Barcroft de que únicamente la difusión explica el cambio de gases a nivel del epitelio alveolar. Keys, Hall y Guzmán Barrón (32) trabajando a altitudes progresivas han constatado que las curvas "fisiológicas" de desviación de O_2 comparadas con las obtenidas a nivel del mar, tienden a desviarse hacia la izquierda, hasta 4'5 km. de altitud; y hacia la derecha, cuando la observación se hace a alturas mayores. "Esto puede o no estar en relación con el hecho de que a determinada altitud no hay relación entre la saturación de O_2 arterial y el bienestar de los sujetos". Por el contrario, los nativos tienen una saturación más baja. Por eso para explicar, en el Mal de Montaña, la incapacidad del organismo para fijar oxígeno, Guzmán Barrón, Dill, Edwards y Hurtado (33) piensan en una perturbación de los sistemas de oxidación-reducción. Para Edwards (54) se trata de un problema de utilización de O_2 más que de transporte y cree que la mioglobina y en general la actividad enzimática tisular deben jugar un papel importante. Hurtado, Rotta, Merino y Pons (35) han probado la exactitud de esta afirmación en lo que se refiere a la mioglobina. A partir de los trabajos de Campbell se ha prestado particular atención a la tensión del oxígeno en los capilares. Al describir la aclimatación, observamos en casos de Mal de Montaña sub-agudo, una tensión y saturación de O_2 venoso superiores a las encontradas en Andinos; como si los tejidos no hubieran podido fijar el oxígeno de la sangre (1928) (1,a). Aste (trabajo inédito) comparando la saturación de O_2 arterial y venosa en sujetos normales y en casos de Mal de Montaña crónico, ha encontrado algunos hechos que concuerdan con mis investigaciones previas. Así, en sujetos aclimatados, encuentra una diferencia de 60'53 entre oxígeno arterial y venoso. En

casos de Mal de Montaña, la diferencia era solo de 39'82. A pesar de que existen otros factores que pueden influenciar la utilización del O₂ sanguíneo, es interesante señalar que una característica del Mal de Montaña es que el O₂ circula sin ser tomado por los tejidos. Lo mismo puede decirse de los sujetos que sufren de Mal de Montaña sub-agudo, quienes al ser trasladados a nivel del mar muestran durante el período recuperativo que la utilización de O₂ sanguíneo está disminuída. Estos hechos tan impresionantes me hicieron afirmar en 1928: "la altura cambia la capacidad de los tejidos para fijar O₂. Podemos suponer que hay sustancias desconocidas que intervienen en el determinismo de la aclimatación" (1,a). Esta opinión está en armonía con los conceptos modernos de bioquímica (38).

MAL DE MONTAÑA CRONICO

El cuadro clínico semeja bastante a los casos avanzados de Policitemia Vera. El paciente en reposo, tiene bien un aspecto eritrósico que vira al azul al menor esfuerzo, o bien un color cianótico intenso, más acentuado en cara y manos. Hay una dilatación generalizada de los vasos sanguíneos. Las conjuntivas están intensamente congestionadas y los párpados edematosos y cianóticos. Las mucosas nasal y oral presentan un color rojo vinoso. La piel del cuerpo es seca mientras que la frente y las manos están generalmente cubiertas de sudor. Las manos muestran dedos en palos de tambor; las uñas en luna de reloj. Las epistaxis son frecuentes; ronquera y afonía se presentan a menudo. El tórax es voluminoso, de tipo enfisematoso. El paciente se siente extremadamente débil, y con frecuencia se le encuentra en estado de somnolencia. A veces entra en coma por dos o tres horas. También se observa vértigos, lipotimias y crisis de vómitos. La constipación alterna con diarrea. La disnea es permanente; la bronquitis, frecuente. No es raro observar procesos congestivos pulmonares, a repetición, acompañados de hemoptisis y ligera fiebre; cuadro que desaparece cuando el paciente desciende a nivel del mar. Alteraciones cardíacas no se producen durante largo tiempo, pero finalmente con los progresos de la enfermedad sobreviene insuficiencia cardíaca derecha. En al-

Algunos casos se presentan dolores cardíacos con caracteres anginosos. En un caso hemos podido anotar que simultáneamente con el angor aparecieron ambliopía, inconciencia y pérdida del conocimiento. La hipertermia se observa muy raramente.

Ceguera (Dammert) y sordera temporales no son raras. El hígado está ligeramente aumentado. Se ha encontrado aumento de volumen del bazo en 12 % de casos.

Algias y parestesias son comunes. También se presentan dolores intensos en las extremidades; dolor en la región lumbar o en las articulaciones, particularmente en las inserciones tendinosas peri-articulares. A veces el dolor inmoviliza al paciente días o semanas, desapareciendo espontáneamente o con el viaje del enfermo a un lugar más bajo. La sangría mejora el estado del paciente. Muchos de estos síntomas que yo describí en 1928, son similares a los encontrados por Armstrong en aviadores. La punción lumbar puede producir una cefalea violenta. Las parestesias varían en tipo y localización: sensación desagradable de calor en la cara; sensación de agua caliente vertida sobre el dorso. Un paciente tenía la sensación de haber perdido una mano. Hormigueos en los pies y sensación de ser clavado por alfileres son también síntomas frecuentes.

En casos más severos es posible encontrar una alteración marcada de la memoria y de la conducta de los pacientes; su personalidad psíquica aparece alterada. Agotamiento nervioso y frigidez sexual son síntomas frecuentes.

Siempre se encuentra una marcada policitemia y aumento del volumen sanguíneo (Hurtado, 5). En general el número de glóbulos rojos oscila entre 7 y 12 millones (Monge). Hay ligera leucocitosis y eosinofilia. Algunos casos presentan alteraciones de la coagulación, hemorragias gingivales, púrpura con síntomas nerviosos centrales, gastrorragias, metrorragias, hemoptisis, etc. Puede observarse también complicaciones renales, albuminuria y hematuria.

En un importante trabajo Hurtado (5d) describe las alteraciones sanguíneas y discute el mecanismo etiológico del Mal de Montaña crónico. He constatado la existencia de policitemia absoluta con hipervolemia. Hurtado, Talbot y Aste, a una altura de 4 a 5 km. encontraron una hiperbilirrubinemia de 2'24 a 8'3; hiperviscosidad de 1'6 a 20'8; saturación arterial de

O₂ entre 75'9 y 82'9; volumen sanguíneo de 157'1 a 211'9; valores de contenido de CO₂ entre 29 y 35'7. Cuando el paciente permanece a nivel del mar, el volumen de las células disminuye y el del plasma aumenta hasta alcanzar los valores normales. Hurtado no cree que existe similitud entre la Policitemia del Mal de Montaña crónico, originada por la falta de saturación de oxígeno, y la de la Policitemia Vera, debida a una actividad desordenada de todo el sistema hematopoiético. Excluye también el enfisema pulmonar como causa de la policitemia del Mal de Montaña crónico, ya que no ha encontrado un gran aumento del aire residual. Para él la causa del Mal de Montaña crónico debe buscarse en las alteraciones esclerosas de los pulmones.

Aste (trabajo inédito) ha hecho un importante estudio comparativo de los cambios que ocurren en la sangre arterial y venosa de sujetos afectados de Mal de Montaña crónico, en la altura y durante la cura a nivel del mar. El trabajo de Aste revela hechos de gran importancia. A una altura de 3'2 km., comparando sangre arterial y venosa de sujetos aclimatados y casos de Mal de Montaña crónico se puede ver (Tabla II) que en el Mal de Montaña crónico, todas las constantes hematológicas muestran valores más altos en la sangre venosa. Además encontró que la saturación arterial de O₂ está disminuída, pero que la saturación venosa de O₂ está elevada. Así, la toma de O₂ por los tejidos se encuentra reducida. Aste señala también una diferencia pronunciada de pH entre sangre arterial venosa de 0'05 a 0'09. La reserva alcalina en el Mal de Montaña crónico es más elevada (42'50) que la de Andinos de la misma altura (40'1). El estudio hematológico de pacientes durante la cura a nivel del mar muestra una disminución del número de células en la sangre arterial y venosa; un aumento inicial y luego una caída del volumen celular y de la capacidad de fijación de O₂. La diferencia arterio-venosa es más pequeña que la que se encuentra en Andinos normales. Con la mejoría, la saturación venosa de O₂ desciende, como si los tejidos hubieran recuperado su capacidad para tomar el O₂ de la sangre. Este es un hecho impresionante, que no es debido a insuficiencia cardíaca y que marcha siempre paralelo con la mejoría del sujeto. Después de una fase inicial de aumento del pH arte-

TABLA II

Sangre	Condición	Hemates millones	Hemoglobina gramos %	Hematocrito Hemates %	Volumen medio Globular micras cúbicas	Hb. media Globular γ γ	Concentración Hb. globular %
Venosa	Aclimatados	6.85	17.69	47.9	82.6	30.5	36.9
	(Mal de Montaña crónico) No aclimatados	6.54	20.92	56.2	86.4	32.2	37.2
Arterial	Aclimatados	6.14	17.60	47.3	77.5	28.7	36.9
	No aclimatados (Mal de Montaña crónico)	6.21	20.31	57.4	92.5	32.7	35.3

rial, tanto éste como el pH venoso se estabilizan en cifras aproximadamente iguales a las nivel del mar.

Urteaga (27) ha llegado a la misma conclusión en sujetos bajados a nivel del mar. Hace notar que durante la cura a nivel del mar, las células macrocíticas son reemplazadas por otras más pequeñas y ricas en hemoglobina. La hiperbilirrubinemia descende paulatinamente. En todos los casos la bilirrubina inyectada dió una curva normal, teniendo en cuenta el umbral elevado considerado como normal en la altura. Todos los autores están de acuerdo en señalar la presencia de un gran número de histiocitos y reticulocitos. El recuento de glóbulos blancos muestra leucocitosis. La eosinofilia es común. Se puede asistir a un nuevo equilibrio entre el aumento de la hematopoiésis y el aumento de la destrucción de glóbulos rojos en la altura.

La nota que da a esta dolencia su característica personalidad es que todos los trastornos desaparecen cuando el paciente es trasladado a una altura más baja o, con mayor razón, a nivel del mar. Generalmente después de permanecer en la Costa, el paciente puede regresar a la altura y vivir allí por algún tiempo sin grandes molestias. Sin embargo, a medida que el tiempo transcurre, la cura a nivel del mar tiene una acción cada vez más efímera. Finalmente, en veces, tan pronto como el sujeto regresa a la altura, sobrevienen acidosis y trastornos asfícticos que conducen al coma y a la muerte. La mayoría de los pacientes se aclimatan temporalmente en sitios de altura menos considerable, pero están obligados a descender de vez en cuando a nivel del mar.

He descrito varias formas de Mal de Montaña crónico, en relación con el déficit de oxígeno predominante sobre determinados tejidos u órganos,

Las enumeraré brevemente. En la forma cerebral, congestiva, (1936) (1f), aparecen crisis de cefalea intensa, sensación de pesadez en la cabeza, fotofobia, inyección conjuntival, ambliopía, escotomas, lagrimeo, sordera, vértigos, sudor generalizado y vómitos, cianosis intensa, bradicardia, sôpor e inconciencia. La presión del líquido céfalo-raquídeo está enormemente aumentada. Arellano (6) ha establecido que las punciones lumbares repetidas mejoran a los pacientes. Frecuentemente la crisis termina con una epistaxis espontánea. A veces

se observa formas neurológicas, monoplejías, hemiplejías. En un caso, después de presentar durante varios meses síntomas eritrémicos moderados, el paciente hizo súbitamente una parestesia del brazo derecho y una afasia que duraron varios minutos, estos trastornos se repitieron todas las mañanas durante ocho días. Los síntomas desaparecieron cuando el paciente descendió a nivel del mar. Dos meses después el enfermo regresó a la altura, donde al cabo de tres semanas los síntomas reaparecieron, viéndose así obligado a abandonar su trabajo en la altitud. Actualmente, se encuentra en perfecto estado después de dos años a nivel del mar. Las formas lipotímicas con colapso son frecuentes y generalmente se asocian a un síndrome de hiperventilación y tetania. En un caso de eritremia moderada, a 4'6 km. se produjeron dos crisis de tetania, con intervalo de varios años, provocadas por procesos bronquiales ligeros que determinaron hiperventilación. El estado del paciente fue tan grave que tuvo que ser trasladado en plena crisis tetánica, a una altura más baja (2'8 km.) Los síntomas desaparecieron durante el viaje.

También son frecuentes las formas cardíacas, digestivas, pulmonares, enfisematosas. Yo he observado un caso de eritremia con crisis de intensa cefalea (aliviada una vez por punción lumbr) y albuminuria. Trasladado el paciente a nivel del mar, todos los síntomas desaparecieron y reaparecieron nuevamente cuando el sujeto regresó a la altura. Durante siete años, a nivel del mar, el sujeto se comportó normalmente. Últimamente regresó a la altura, desarrollando un síndrome de hipertensión arterial sin insuficiencia renal, que también ha desaparecido al volver a nivel del mar.

Las formas mentales son comunes (Monge, 1g). Es interesante un caso de cambio de la personalidad que he tenido oportunidad de observar recientemente. El sujeto se sentía incapaz de realizar su trabajo; tenía "ideas negras"; temía encontrarse con sus empleados. A veces se levantaba en la noche y pretendía trabajar. Se daba cuenta que esto era imposible y sin embargo no podía evitarlo. Finalmente pensó en suicidarse. Trasladado a nivel del mar obtuvo un alivio inmediato. Las alteraciones mentales se presentaron de nuevo al regresar a la altura. Actualmente, a nivel del mar, se encuentra en perfecto estado.

Cuando se considera los síndromes clínicos que conducen a la Policitemia, se debe establecer una división neta en dos grupos. Al primer grupo pertenecen los procesos pulmonares y cardio-arteriales que actúan mecánicamente sobre la permeabilidad del epitelio respiratorio. La sintomatología de estos síndromes, al lado de la policitemia y de las alteraciones del equilibrio ácido-básico, es claramente pulmonar. En el segundo grupo hay policitemia y un síndrome clínico definido — el síndrome eritrémico (Vaquez, Osler, Monge) — con su multiplicidad de síntomas que no se encuentra nunca en el primer grupo. En el segundo grupo hay dos enfermedades con igual sintomatología: La Policitemia Vera y el Mal de Montaña crónico. La causa de la segunda, es conocida: la anoxemia. Nadie sabe la causa de la primera. Desde la aparición de mi primer trabajo (1935) estaba inclinado a aceptar la identidad de ambas, porque existe un gradiente de menor frecuencia de casos, partiendo de las grandes alturas (lugares "habitados"), hacia altitudes moderadas (lugares "habitables") y en fin hasta llegar a nivel del mar. No veo ninguna razón para eliminar la posibilidad de una pérdida de aclimatación a nivel del mar. Quedaría por demostrar que la oxigenoterapia mejora casos seleccionados de Enfermedad de Vaquez a nivel del mar. Desgraciadamente la terapia efectuada en cámaras de presión no es concluyente. Se necesita, por lo menos varios meses para obtener una mejoría estable a nivel del mar. Hipertensión y aumento de volumen del Bazo pueden presentarse también en el Mal de Montaña crónico.

Como hipótesis patogénica, he sugerido en 1928 que la impermeabilidad pulmonar podía ser debida a un bajo coeficiente de difusión de O_2 , como puede deducirse del trabajo de Harrop (39). Pero esto no se ha podido probar. Hurtado (5d) en su último trabajo insiste sobre la importancia de las alteraciones fibro-escleróticas pulmonares debidas a la anoxemia, al aumento de la presión arterial pulmonar y a la elevada viscosidad sanguínea. Piensa que, indebidamente, se ha dado poca importancia al estudio morfológico. Los cambios estructurales del pulmón, únicamente como en la esclerosis pulmonar, a mi juicio no explican las alteraciones celulares universales que se presentan en el Mal de Montaña crónico. Debe haber una disfunción química primaria. Si se acep-

ta la hipótesis de Guzmán Barrón, Dill, Edwards y Hurtado — concerniente a la alteración de los sistemas de oxidación-reducción debida a la baja presión de O_2 ; idea sostenida por las observaciones de Monge (1928) y Aste (1940) sobre el O_2 no tomado por los tejidos — si se acepta esta hipótesis, repetimos, debe también ser mantenida para el metabolismo de los tejidos pulmonares. Ciertamente el epitelio alveolar que regula el pasaje de O_2 del aire alveolar a la sangre, debe ser también incluido en la disfunción enzimática general. Por otra parte, esta hipótesis debe ser extendida al mecanismo que regula el transporte y eliminación de CO_2 puesto que la anhidrasa carbónica según Meldrum y Roughton juega un rol decisivo en la eliminación de CO_2 en los pulmones, partiendo de los bicarbonatos. Disfunción significaría impermeabilidad para la eliminación de CO_2 que ocurre siempre, apenas comienza el Mal de Montaña. No hay ningún hecho que sugiera un déficit de sustancias minerales. Así pues un equilibrio enzimático normal explicaría el proceso total del organismo aclimatado integrado por los sistemas nervioso y hormonal; su ruptura significaría Mal de Montaña crónico que puede ser ubicuo o electivo, como ocurre en el caso de lesiones de las células germinales.

El tratamiento más eficaz es la cura a nivel del mar. La terapia con rayos X puede hacer más corto el período de recuperación.

EL MAL DE MONTAÑA CRONICO INAPARENTE Y LA FISIOLOGIA DE LA REPRODUCCION EN LA ALTURA

Es un hecho bien conocido en Sud-América la influencia nociva que la Altura ejerce sobre la fertilidad. La observación lo demuestra en los hombres y en los animales (Monge, 40f). He descrito casos de parejas fértiles a nivel del mar que se tornaron infértiles en la Altura. En un caso se pudo comprobar la esterilidad del hombre. Carvallo (comunicación personal) encontró a nivel del mar, dos casos de azoospermia en sujetos procedentes de la altura. Es un hecho común que las mujeres en cinta, adaptadas, bajan a la costa para dar a luz a causa de los abortos y a veces muerte del recién nacido que ocurren en el altiplano. En la reproducción de animales, he se-

ñalado (1940), algunos hechos interesantes. Los huevos procedentes de lugares a nivel del mar, no son fértiles en la altura (Humboldt, Agazzoti). Según Cutting (41), una pareja de perros llevada a Lassa (Thibet) no pudo tener crías. También se ha observado la esterilidad en conejos, caballos, ganado vacuno y gatos.

Es interesante recordar la observación del Padre Calancha (1639) referente a que los conquistadores españoles a 14.000 pies (Potosí, Bolivia), tuvieron descendencia, solo después de transcurridos 58 años de la fundación de la ciudad. En 1535, la capital del Perú fué trasladada de Jauja (11.500 pies) a Lima (a nivel del mar) porque los caballos, aves y chanchos no se reproducen (Acta de Fundación de Lima). El Padre Cobo (1605) se anticipó a las afirmaciones mendelianas diciendo: "...donde más enteros están los indios y donde más se multiplican, es en los dichos temples; sucediendo lo contrario en los niños hijos de españoles, que los más que nacen en tales tierras no se logran... Pero donde más se descubre es en los mestizos y cuarterones y en cuanto tienen alguna mezcla de indio; porque, criándose aquestos con el mismo regalo de los españoles, se logran tanto más de ellos cuanto más participan de sangre de indios; de suerte que ya es dicho comun tomado de la experiencia cotidiana que las criaturas que tienen algo de indio corren menos riesgos en las tierras frías que las que carecen de esta mezcla". (40a). Por otra parte la proporción de nacimientos en los Andinos es igual a la observada a nivel del mar. Del último censo del Perú, he obtenido las cifras siguientes, gracias a la amabilidad del Dr. Arca Parró:

	ALTURA		
	0 - 2 km.	2 - 3 km.	3 - 4'4 km.
Población	2'251.718	1'596.004	1'742.229
Nacimientos ‰	28	26	26

La fisiología de la reproducción en las altiplanicies es normal en lo que respecta a la proporción de nacimientos entre los andinos.

Las investigaciones sobre la fisiología de la reproducción en casos de Mal de Montaña sub-agudo, crónico y especialmente en casos de Mal de Montaña crónico inaparente, han sido realizadas por Monge y colaboradores (40b). Monge y Mori-Chávez examinando gatos trasladados a una altura de 4'4 km., encontraron que los testículos estaban desprovistos de epitelio germinal; las células de Sertoli remplazaban a las espermatogonias. Aún las espermatogonias basales habían desaparecido. Las células de Leydig mostraban un notable aumento. En algunos conejos se observó que la mayor parte de los tubos seminíferos poseía solamente la línea basal de espermatogonias y las células de Sertoli. En otros, había una segunda fila de espermatoцитos, pero no se encontraba ni espermatoцитes ni espermatozoides. En otros era visible el proceso de recuperación.

La investigación en carneros planeada por Monge (40c) y realizada por San Martín (42) es de gran porvenir. Los carneros aclimatados en la altura desde el siglo XVII gozan de 100 % de fertilidad, la que desciende a 30 % cuando se utiliza para la reproducción, padrillos pura-sangre llevados de nivel del mar. Con el progreso de la adaptación, puede elevarse a 60 % o 70 %; pero para lograr este resultado es necesario utilizar 4 o 5 padrillos por cada 100 ovejas, en vez de 1 o 2 a nivel del mar. En general hay pues un alto porcentaje de infertilidad (40 a 50 %) que según la opinión corriente es debido a la supuesta infertilidad de las hembras (llamadas "machorras".) En mi opinión este porcentaje puede ser el resultado estadístico de las ovejas acopladas con padrillos de fertilidad no probada. Cuando los padrillos son llevados a alturas más bajas, recuperan su fertilidad. De las investigaciones actualmente en curso, dos hechos merecen atención especial; en un grupo de 67 padrillos seleccionados y que se suponía aclimatados, el pH del semen variaba entre 5'6 a 8'5, lo que indica que el sistema regulador del pH falla en la altura. La movilidad estaba disminuída y el esperma no era apropiado para la inseminación. Solo en 23 animales el pH estaba entre los límites normales: 6'2 a 6'8. Recientemente con ayuda de San Martín se ha hecho un estudio en 2 padrillos seleccionados como tales en Chile (a nivel del mar) y llevados a Huncayo (3'2 km. de altura). La alimentación fué bien vigilada; los

dos sufrieron de Mal de Montaña durante la primera semana; después presentaban un aspecto completamente normal. Uno de ellos al cabo de 8 meses no tenía espermatozoides, pero si un exagerado deseo sexual. El otro, después de un período inicial de espermatogénesis reducida (12 millones de espermatozoides en vez de 1.000 millones), pH elevado (8'5) y ausencia de movilidad, se ha recuperado. Sin embargo tiene un deseo sexual muy débil. Easley (trabajo inédito) ha examinado un grupo de padrillos recientemente llegados a una altura de 4 km. y encontró que solo 40 % de ellos eran fértiles.

Seleccionando semen normal y utilizando la inseminación artificial ha sido posible conseguir 86'40 % de preñez en hembras supuestas infértiles (San Martín). Se ha probado pues la infertilidad de los machos y la fertilidad de las hembras ("machorras") (1941).

La importancia dada a este aspecto del problema es explicable porque afecta, solo en el Perú, a 11 millones de carneros (*). En un experimento de campo, a 3 km. de altura, con un padrillo seleccionado, se obtuvo un resultado de 63 % de preñez.

En un grupo de control de 700 ovejas acopladas con 49 padrillos, como es habitual en las altiplanicies andinas, solo se obtuvo 60 % de preñez. De manera que es posible crear razas por medio de un proceso de discriminación biológica de animales aclimatados.

Llegamos así a abordar un problem particularmente interesante: la patología de la raza, en función de perturbaciones clínicas inaparentes. El Mal de Montaña crónico no puede ser juzgado solamente por la apariencia o por una sintomatología clínica evidente. Su acción puede extenderse electivamente a las células germinales. En las grandes alturas, los hombres pueden sentirse física y mentalmente en el mejor estado y sin embargo ser estériles. En los animales ocurre lo mismo. La existencia manifiesta de un vivo deseo sexual puede conducir a errores de interpretación. No es una exageración insistir sobre la gravedad de estos hallazgos, por su

(*) Agradezco al Prof. Fred Mc Kenzie de The Utah State Agriculture College, Logan, Utah, que amablemente vino al Perú a ayudarnos en estas investigaciones.

posible repercusión sobre la reproducción de la raza humana y de las razas animales inaptas para la alimentación. Estamos obligados a aceptar que el hombre autóctono, el Andino, pertenece a una variedad climatofisiológica de raza humana que goza de una adecuada capacidad reproductiva en una atmósfera de anoxia permanente. Esto puede servir para explicar el apego que el Andino tiene por su ambiente de altitud; los sufrimientos que tiene que soportar en el clima traumatizante de las regiones bajas (Mal de Llano) y la urgencia de volver a su tierra de origen que frecuentemente hace de él un nómada. Se explica así también el mandato del Inca que solo permitía a sus súbditos, trasladarse a regiones de clima similar al de la tierra nativa; mandato cuyo hondo sentido podemos apreciar aún hoy día, en las migraciones anuales de masas indígenas en busca de trabajo. Con seguridad, los Incas conocían más que el hombre de nuestros días, sobre la influencia de la altura en los individuos y en la conducta de las sociedades autóctonas de América (Monge). La Aclimatación tiene un determinismo biológico sobre el individuo, la raza, las sociedades y la historia de Sud-América (40d). Los seres incapaces de aclimatación son eliminados por un proceso de selección natural (Mal de Montaña crónico) visible o inaparente.

BIBLIOGRAFIA

- 1).—Monge, C.: Sobre un caso de Enfermedad de Vaquez. Síndrome eritrémico de altura. Com. Acad. Med. Lima. Imprenta Sanmarti. Lima. 1925. — 1. (a) Monge, C., Encinas, E., Heraud, C., Hurtado, A., Cervelli, M., Escajadillo, T., Fosalba, D., López, J., Morey, A., Núñez, V., Rondón, E., Rosa-Medina, E.: Estudios fisiológicos sobre el hombre de los Andes. Anal. Fac. Med. Lima, 11 : 1-316. 1928. — 1. (b) Monge, C.: La Enfermedad de los Andes. Síndromes eritrémicos. Ibid., 11 : 76. 1928. — Encinas, E.: Soroche y Eritremia discreta. Ibid., 11 : 200. 1928. — 1. (c) Monge, C.: Les Erythremies de l'altitude. Masson, Paris, 1928. — Climatopathologie des Hauts Plateaux. Traité Climat. Biol. Med. Masson, Paris, 1934. — 1. (d) : La Malattia delle Ande. Il Policlinico, Vol 36 (Sezione Medica), 1929. — 1. (e) : High altitude disease. Arch. Int. Med., 58 : 32. 1937. — : Life in the Andes and Chronic Mountain Sickness. Science., 95 : 79. 1942: 1. (f) : Sobre algunas manifestaciones congestivas de orden cerebral en las eritremias de la altura. Anal.

- Fac. Med. Lima, 19 : 83, 1936. — 1. (g) : Perturbaciones psíquicas en la Enfermedad de la Altura. *Rev. Neuro-psiq.*, Lima, 2 : 536, 1939. — 1. (h) : *Climatophysologie des Hauts Plateaux. Traité Climat. Biol. Med.*, Masson, París, 1934. — 1. (i) : El sistema nervioso vegetativo del hombre de los Andes. *Jorn. Neuro-psiq. Panamá*, 11 : 56, 1939. — 1. (j) Monge, C., Villagarcía, V. : La Carbocidosis en la Altura. *Anal. Fac. Med. Lima*, 18 : 182, 1935. — 1. (k) Heraud, C. : Estados hematológicos. *Ibid.*, 11 : 2161, 1928.
- 2). — Barcroft, J. : The respiratory function of the blood. Lesions from high altitude. Cambridge University Press, 1925.
 - 3). — Rondón, E. : Eritremias de la altura. *Anal. Fac. Med. Lima*, 11 : 183, 1928.
 - 4). — Talbot, J. H., Dill, D. B. : Clinical observations at high altitude. *Amer. J. Med. Sc.*, 192 : 626, 1936.
 - 5). — Hurtado, A. : Estudios fisiológicos sobre el hombre de los Andes. *Anal. Fac. Med. Lima*, 11 : 23, 1928. — 5. (a) : Sobre la patología de la altura. *Publ. Fac. Med. Lima*, 1930. — 5. (b) : Sobre un posible caso de eritremia de la altura. *Actas Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, Lima, 2 : 71, 1939. — 5. (c) : Aspectos fisiológicos y patológicos de la vida en la altura. *Imprenta Rimac, Lima*, 1937. — 5. (d) : Chronic Mountain Sickness. (to be published). — 5. (e) : Respiratory adaptation to the anoxemia. *Amer. J. Phys.*, 109 : 626, 1934. — : Respiratory adaptation in the Indians natives of the peruvian Andes. *Amer. J. Phys. Anthropol.*, 17 : 137, 1932. — : Volumen del tórax, capacidad vital y metabolismo básico en la altura. *Anal. Fac. Med. Lima*, 11 : 266, 1928. — 5. (f) : El metabolismo básico del scídado peruano. *Rev. Sanidad Militar, Lima*, 2 : 9, 1929. — : Observaciones sobre el metabolismo básico en la altura. *Anal. Fac. Med. Lima*, 15 : 289, 1928. — 5. (g) : Blood observations on the Indians natives of the peruvian Andes. *Amer. J. Phys.*, 3 : 487, 1932. — 5. (h) Hurtado, A., Guzmán Barrón, A. : Estudios sobre el indio peruano. *Publ. Fac. Med. Lima*, 1930.
 - 6). — Arellano, A. : El líquido céfalo- raquídeo en la altura. Verificación de un caso de Enfermedad de Monge. *Rev. Neuro-psiq.*, Lima, 2 : 247, 1939.
 - 7). — Aste-Salazar, H. : Exploración funcional del sistema nervioso extracardíaco del andino. *Anal. Fac. Med. Lima*, 19 : 226, 1936.
 - 8). — Cervelli, M. : La respuesta cardio-vascular al esfuerzo. Tesis de Lima, 1929.
 - 9). — Torres, H. : La presión arterial en las altiplanicies andinas. *Anal. Fac. Med. Lima*, 20 : 349, 1937.
 - 10). — Arnaez, E. : Forma de la respiración en la altura. *Ibid.*, 25 : 2, 1942.

- 11).—Capdehourat, E. L. : *Biología del hombre de la altitud*. Imprenta Ministerio Justicia, Buenos Aires, 1937.
- 12).—Monge, C., Encinas, E., Heraud, C., Hurtado, A. : *Estudios fisiológicos sobre el hombre de los Andes*. Anal. Fac. Med. Lima, 11 : 14 1928.
- 13).—Sáenz, R. : *Electrocardiograma en la altura*. Ibid., 22 : 237, 1939.
- 14).—Rotta, A. : *La Circulación en las grandes alturas*. Tesis de doctor. Imprenta Gil, Lima, 1938.
- 15).—Linch, A. : *Ritmo de la respiración en la altura*. Anal. Fac. Med. Lima, 25 : 116, 1942.
- 16).—Hurtado, A., Rotta, A. : *La capacidad pulmonar en la altura*. Rev. Soc. Biol. Lima, 1 : 7, 1939.
- 17).—Mori-Chávez, P. : *Contribución al estudio del Soroche*. Anal. Fac. Med. Lima, 1 : 126, 1935. — 17, (a) : *Manifestaciones pulmonares del conejo del llano transportado a la altura*. Ibid., 19 : 137, 1936.
- 18).—García Rosell, O. : *Datos sobre Tuberculosis en los Andes*. Tesis de doctor, Lima, 1936.
- 19).—Van Liere, E. J. : *The effect of anoxia on the alimentary tract*. Phys. Rev., 21 : 307, 1941. — *Anoxia, its effects in the body*. The University of Chicago Press, 1942. — Van Liere, E. J., Crisler, G., Viles, I. A. : *The effect of anoxemia on the digestive movements of the stomach*. Amer. J. Phys., 102 : 629, 1932.
- 20).—Mc Farland, R. A. : *Psycho-physiological studies at high altitude in the Andes. The effects of rapid ascents by aeroplane and train*. J. Comp. Psychol., 23 : 191, 1937. — : *Sensory and motor responses during acclimatization*. Ibid., 23 : 227, 1937. — : *Mental and psycho-somatic responses during acclimatization*. Ibid., 24 : 147, 1937. — : *Sensory and circulatory responses of the Andean resident at 17,500 feet*. Ibid., 24 : 189, 1937.
- 21).—Hahn, H. : *Tiempo de reacción visual y sus variaciones por el factor altura*. Anal. Fac. Med. Lima, 25 : 101, 1942.
- 22).—Dill, D. B., Christensen, E. H., Edwards, H. T. : *Amer. Journ. Physiology*, 115 : 530, 1936.
- 23).—Dill, D. B., Talbot, J. H., Consolazio, W. V. : *Blood as a physico-chemical system. Man at high altitude*. Journ. Biol. Chem., 118 : 649, 1937.
- 24).—Dill, D. B. : *Life, Heat and altitude*. Cambridge Harvard University Press, 1938.
- 25).—Talbot, J. H. : *Studies at high altitude. Morphology and oxygen combining capacity of the blood*. Folia haemat. 55 : 23, 1936.

- 26).—Hall, F. C. : The effect of altitude on the affinity of Hemoglobin for Oxygen. *J. Biol. Chem.*, 115 : 485, 1936.
- 27).—Urteaga, O., Boiset, G. : Sobre la hematología y la excreción de bilirubina en la Enfermedad de Monge (soroche Crónico). *Anal. Fac. Med. Lima*, 25, 67, 1942. — Urteaga, O. : Discusión sobre la patogenia de la ictericia, con referencia a la Enfermedad de Monge. *Ibid.*, 25 : 89, 1942.
- 28).—Palti, V. : Calcemia y sistema nervioso vegetativo en los altiplanos andinos. *Ibid.*, 22 : 75, 1939.
- 29).—Salas, A. : Proteinemia en el hombre de los Andes. *Ibid.*, 22 : 109, 1939.
- 30).—San Martín, M. : Glucosa sanguínea y su variación con los cambios de altitud. *Ibid.*, 23 : 312, 1940.
- 31).—Forbes, W. H. : Blood sugar glucose tolerance at high altitude. *Amer. J. Physiol.*, 116 : 309, 1936.
- 32).—Keys, A., Hall, F. G., Guzmán Barrón, E. S. : The position of the oxygen dissociation curve of human blood at high altitude. *Ibid.*, 115 : 292, 1936.
- 33).—Guzmán Barrón, E. S., Dill, D. B., Edwards, H. T., Hurtado A. : Acute Mountain Sickness. *Journ. Clin. Investig.*, 16 : 541, 1937.
- 34).—Edwards, H. T. : Lactic acid in rest and work at high altitude. *Amer. Journ. Physiol.*, 116 : 367, 1936.
- 35).—Hurtado, A., Rotta, A., Merino, C., Pons, J. : Studies of myohemoglobin at high altitude. *Amer. J. Med. Sc.*, 194 : 708, 1937. — 35. (a) Monge, C., Encinas, E., Cervelli, M., Pesce, H., Villagarcía, V. : Fisiología Andina. *Anal. Fac. Med. Lima*, 17 : 1, 1935.
- 36).—Christensen, E. H. : Sauerstoffaufnahme and respiratorische Funktionen in grossen Höhen. *Skand. Arch. Phys.* Band 76, Heft 1/2, 1936. — Christensen, E. H., Forbes, W. H. : Der Kreislauf in grossen Höhen. *Ibid.*, Band 76, Heft 1/2, 1937.
- 37).—Monge, C. : Posibles mecanismos bioquímicos adaptativos a la vida en las alturas. *Actas Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. Lima*, 2 : 11, 1939.
- 38).—Monge, C., Mejía, J., Palti, V., Salas, A. : Sobre algunos puntos de la bioquímica de la sangre en las alturas. *Anal. Fac. Med. Lima*, 21 : 237, 1933.
- 39).—Harrop, G. A. : Polycythemia. *Medicine*, 7 : 291, 1928.
- 40).—(a) Monge, C. : Política Sanitaria Indiana y Colonial en el Tahuantisuyo. *Anal. Fac. Med. Lima*, 17 : 233, 1936. — 40. (b) : Fisiología de la reproducción en la altura. *Ibid.*, 25 : 19, 1942. — 40. (c) Monge, C., San Martín, M. : Nota sobre azoospermia de carneros llegados a la altura. *Ibid.*, 25 : 58, 1942. — 40. (d) Monge, C. : Influencia biológica del

Altiplano en el individuo, la raza, las sociedades y la historia de América. Editorial Minerva, Publ. Univ. San Marcos, Lima, 1940. — 40. (e) Monge, C., Mori-Chávez, P.: La espermatogénesis en la altura. Anal. Fac. Med. Lima, 25 : 34, 1942. — 40. (f) Móngue, C. : Unánue y Cosmopatología. Reforma Med., Lima, 168 : 278, 1933.

- 41). —Cutting, C. S. : In Lhasa, the forbidden. J. Nat. Hist., 37 : 103, 1936.
- 42). —San Martín, M., Atkins, J. : Estudios sobre la fertilidad del ganado lanar la altura. Anal. Fac. Med. Lima, 25 : 41, 1942.