

# Efectos del medio ambiente de montaña sobre el ser humano

**Pedro Miguel Lizarraga**  
**Javier Serra**  
**Rosario Tejada**

Hace unos miles de años, cuando la supervivencia era difícil y dependía de la cosecha y la caza, el hombre no tenía demasiado tiempo, ni quizás motivos, para ascender al inhóspito entorno de las altas montañas.

Supersticiones y respeto religioso le alejaban de las cumbres, lugares por él destinados a las divinidades y sus actos. Así encontramos el Olimpo, bello e incómodo trono de Zeus y su esposa Hera y, ya en otra cultura, el agreste paisaje de la entrega de las Tablas de la Ley o el final del viaje de Noé al tocar su arca tierra en los 5.175 metros del monte Ararat, convirtiéndose en el primer montañero, y quizás el único, en hacer cumbre en barco.

Tradiciones al margen, es evidente que la situación ha cambiado mucho en cuanto a la Montaña se refiere. El progreso, aun cuando en ocasiones nuestros ojos nos hagan dudar de la correcta utilización de ese término, ha puesto al alcance de muchas

personas lo que hasta fechas próximas era santuario de unos pocos.

Esta realidad evidenciada en el gran número de trekkings y, cada fin de semana, en las estaciones de deportes de invierno, permite que multitud de personas en condiciones diversas de salud expongan su organismo al medio ambiente de montaña. Algunos de los efectos de éste sobre aquél y las reacciones subsiguientes serán tratados a lo largo de varios artículos que esperamos sean de vuestro interés.

Es de todos conocido que en montaña se admite la existencia de varios niveles o zonas cuya división, si bien artificial, delimita de forma aproximada altitudes con caracte-

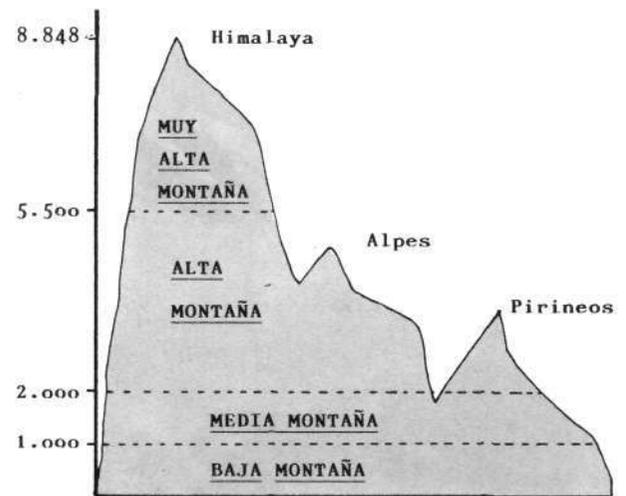


FIG. 1

rísticas diferentes que explican su distinta capacidad de agresión al organismo. Así tendremos la llamada Baja Montaña hasta los 1.000 metros, la Media hasta los 2.000 y dentro de lo conocido como Alta Montaña, dos niveles: el primero hasta los 5.500 metros y que recibe ese nombre, mientras a partir de él hasta los 8.848 metros tendremos la Muy Alta Montaña. (Fig. 1.)

## 1. LA PRESION ATMOSFERICA

En esta primera ocasión vamos a centrar nuestro interés en **la presión atmosférica**, estudiando sus efectos sobre el organismo y las respuestas de éste para conseguir la adaptación que le permita la práctica de los deportes de montaña.

Pues bien, gracias a estudios que comenzó a mediados del siglo XVII el italiano Berti y en los que se basó Torricelli para crear el primer barómetro de mercurio, sabemos que la presión desciende según vamos tomando altura y que su disminución no es uniforme ya que en los niveles bajos es más rápida que en la Alta Montaña como se puede apreciar en la **fig. 2**.

Veamos cómo la presión atmosférica, debida al peso del aire que está sobre nosotros, puede afectar al organismo. Como sabéis, el ser humano precisa del oxígeno que contiene el aire para su vida (aun cuando con la contaminación nos acostumbraremos a respirar cualquier cosa). Concretamente un 20,95% del aire es oxígeno, por lo tanto, su presión será una parte del total que es la atmosférica. Esa parte, al nivel del mar y con una presión de 760 mm. de mercurio alcanzará un valor de:

$$760 \times 0,2095 = 159,22 \text{ mm. de Hg.}$$

Por lo tanto cuando nosotros respiremos a nivel del mar el aire que vamos a introducir tiene esa presión parcial de oxígeno, pero cuando entre a nuestras vías respiratorias, sufrirá aún modificaciones cuya descripción omitiremos y que conducirán a que esa presión sea aún menor.

Veamos lo que ocurre si en lugar de encontrarnos a nivel del mar, nos situamos a unos modestos 3.000 metros. La presión atmosférica será de 526 mm. de Hg. y por lo tanto la del oxígeno en ese punto se obtendrá así:

$$526 \times 0,2095 = 110,19 \text{ mm. de HG.}$$

Lo que quiere decir que el aire ahí nos ofrece 1/3 menos del gas vital. En la **fig. 3** vemos cómo va disminuyendo su presión parcial junto a la atmosférica a medida que ascendemos.

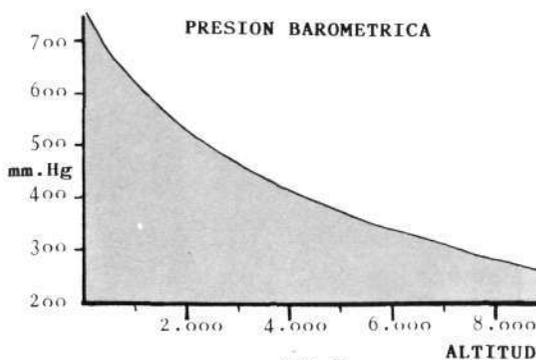


FIG. 2

ALTITUD	PRESION ATMOSFERICA	PRESION PARCIAL DE OXIGENO
0 m.	760 mm.	159,2 mm.
1.000	674,1	141,2
2.000	596,3	124,9
3.000	526,0	110,2
4.000	462,5	96,9
5.000	405,4	84,9
6.000	354,2	74,2
7.000	308,3	64,6
8.000	267,4	56,0
8.848	236,3	49,5

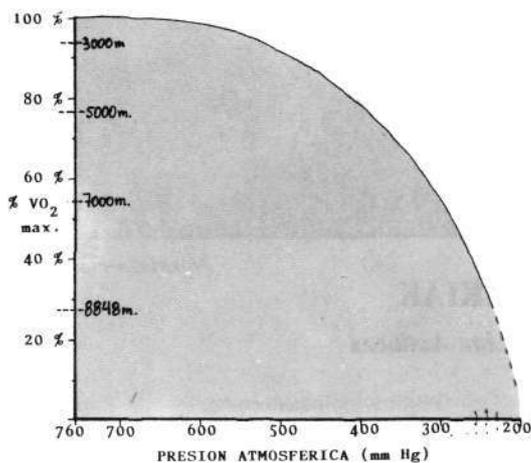
FIG. 3

## VARIACIONES DE LA CAPACIDAD FISICA

¿Qué consecuencias tiene esa disminución de la depresión parcial de oxígeno? Se ha demostrado que la capacidad para realizar trabajo que una persona tiene está, entre otras cosas, relacionada con la cantidad de oxígeno que sea capaz de conseguir para sus células, y como podemos comprobar en la **fig. 3**, con el ascenso, la cantidad de dicho gas contenida por el aire se hace mucho menor que a nivel del mar.

Lo que ocurre por lo tanto es que la capacidad máxima para el esfuerzo que una persona tiene va haciéndose menor en función del descenso de la presión atmosférica, o lo que es igual, del incremento de altitud.

Las variaciones de esa capacidad física vienen reflejadas en la **fig. 4**. Como podéis ver, la merma física no es muy importante hasta que llegamos a las presiones atmosféricas que corresponden a altitudes de unos 3.000 ó 3.500 m., zona en la que la pen-



Relación entre la P. atmosférica y el VO<sub>2</sub> max.

FIG. 4

diente de la curva se hace mayor; es decir que un ascenso de 1.000 m. en Baja o Media Montaña no nos afectará apenas, pero ese mismo desnivel en Muy Alta Montaña supondrá una gran pérdida de capacidad para el esfuerzo, que en la figura se expresa como % VO<sub>2</sub> máx.

En la práctica, lo que describimos se manifiesta en ese ritmo, forzosamente lento, en el jadeo constante y las pausas de recuperación cada pocos pasos que habréis podido apreciar en las películas de nuestras expediciones de Alta Montaña o en los textos de escaladores como Messner. Lo que ocurre es que al organismo le cuesta mucho conseguir en la altura el oxígeno que le permita dar un paso más hacia la cumbre. Daos cuenta que en la cima del Everest la capacidad física máxima de una persona es unas cinco veces menor que a nivel del mar.

## LAS RESPUESTAS DEL ORGANISMO HUMANO

El ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las agresiones que el medio ambiente le plantea, aun cuando ese medio es tan duro como el de la Alta Montaña. A pesar de ello, no siempre puede conseguirse el equilibrio imprescindible para la correcta práctica del alpinismo.

Cuando el factor lesivo es el descenso de la presión parcial del oxígeno respirado a causa de la altitud, son varios los mecanismos adaptativos que pueden ponerse en juego. Tendríamos en primer lugar los llamados **genéticos**, que son fruto de la exposición a la hipoxia durante muchas generaciones, como ocurre con las poblaciones del altiplano andino, habituados «de siempre» a respirar un aire con menor presión de oxígeno de la que hay a nivel del mar. Otros mecanismos de adaptación son los denominados **culturales**, cuya base es la utilización de medios artificiales para compensar la hipoxia, como las botellas de oxígeno por ejemplo. En tercer lugar citaremos a los que ahora más nos interesan, los **fisiológicos**, es decir, los puestos en marcha por el organismo para defenderse de la agresión ambiental.

Vamos a ver cuáles son los mecanismos fisiológicos de adaptación a la hipoxia. (**Fig. 5**.)

Cuando la exposición a ese medio ambiente es breve o está iniciándose, el organismo compensa la falta de oxígeno (o al menos lo intenta) mediante dos mecanismos que se manifiestan por un ritmo cardíaco más rápido incluso en reposo y por un ritmo respiratorio igualmente acelerado, es decir, que tendremos una taquicardia y taquipnea. Con ello se persigue ofrecer a cada célula del cuerpo una mayor cantidad de sangre y a la vez, que ésta esté bien oxigenada.

### RESPUESTA DEL ORGANISMO A LA HIPOXIA

#### AGUDA

- Aumento del débito cardíaco (taquicardia)
- Aumento del volumen ventilatorio (taquipnea)

#### CRONICA

- Aumento de glóbulos rojos (poliglobulia)
- Aumento de mitocondrias
- Aumento de enzimas

FIG. 5

Estos dos mecanismos, de fácil y rápida puesta en marcha, tienen como inconveniente el de que suponen un elevado gasto de energía para el organismo ya que deben funcionar incluso en reposo. Ese derroche energético no puede ser mantenido largo tiempo, así que cuando la estancia y actividad en hipoxia se prolonga, otros mecanismos de equilibrio más ahorradores van tomando el relevo de los antes citados.

La respuesta a la exposición crónica consiste esencialmente en modificaciones a nivel de la sangre y a nivel de cada célula del organismo. Para explicar el primer caso debemos recordar que una de las funciones de la sangre es la de servir de medio de transporte de oxígeno, tarea de la que están encargados los glóbulos rojos. Pues bien, la estancia prolongada en Alta Montaña desencadena un aumento de esas células hemáticas. ¿Qué se intenta con eso? Ya que cada glóbulo rojo recogerá una menor cantidad de oxígeno en los pulmones, puesto que la oferta es menor, al haber más glóbulos, se compensará parcialmente ese déficit.

En cuanto a la adaptación que pone en marcha cada célula del organismo, se basa en un aumento del número de sus mitocondrias, estructuras que se encargan de parte del metabolismo, y de la dotación de algunas enzimas. Con estas modificaciones, cada célula se hace mucho más capaz de trabajar con menor cantidad de oxígeno.

Estos mecanismos de adaptación a la hipoxia crónica serán los que paulatinamente sustituirán a los iniciales y nos permitirán, en caso de funcionar correctamente, una prolongada y grata estancia en ese medio duro y sin par de la Alta Montaña. Si la adaptación no fuera posible total o parcialmente, llegarían los problemas, pero su estudio deberá esperar otra ocasión.

¡Salud a todos, incluso en la hipoxia!

(Al final de la serie ofreceremos bibliografía de interés sobre los temas tratados.)