

TRABAJO EN ALTURA GEOGRÁFICA EN CHILE

EDITOR RESPONSABLE:

Marcia Ramos F.

Jefe Subdepartamento Salud de los Trabajadores. Departamento Salud Ocupacional. Instituto de Salud Pública de Chile. Junio 2015.

Para citar el presente documento:

Instituto de Salud Pública de Chile, "Trabajo en altura geográfica en Chile".

Disponibile en: http://www.ispch.cl/saludocupacional/notas_tecnicas

Consultas o comentarios: Sección OIRS del Instituto de Salud Pública de Chile, www.ispch.cl.

TRABAJO EN ALTURA GEOGRÁFICA EN CHILE

1.- INTRODUCCIÓN

Chile posee una extensa cadena de montañas que recorre al país, este rasgo condiciona la distribución de la población la cual se concentra sobre las planicies litorales y la depresión intermedia, sin embargo, encontramos una gran cantidad de actividades laborales que se realizan sobre 2.500 m.s.n.m. Entre ellas se destacan las relacionadas con minería por el alto número de personas que emplea regularmente, pero también tenemos la construcción y reparación de caminos, puentes y otras obras públicas; el trabajo en centros turísticos; funcionarios públicos que se desempeñan en los Pasos Fronterizos; el transporte terrestre por rutas internacionales; trabajo en observatorios astronómicos y fuerzas armadas. Además, en zonas cordilleranas viven y trabajan algunos funcionarios públicos que realizan actividades de servicios como profesores rurales, carabineros, entre otros.

El incremento de actividades comerciales y de servicios que se realizan en altitud, ha determinado el desplazamiento de muchas personas desde el nivel del mar lo que plantea numerosos problemas médicos, la mayor parte de los cuales todavía no se comprenden en profundidad.

Es evidente que la mayoría de las personas que pasan del nivel del mar a tales altitudes desarrollan inicialmente síntomas. El mal agudo de montaña (MAM) es también conocido como mal de montaña, mal de altura, soroche, yeyo o apunamiento y se trata de la falta de adaptación del organismo a las alturas y todos los síntomas secundarios a esto.

Por lo general, quienes están acostumbrados al llano o bajas alturas, comienzan a sentirlo a los 2.500 m.s.n.m. Cuanto más se asciende más disminuye la presión atmosférica y la presión del oxígeno

y, así, el oxígeno inspirado es menor y se produce la hipoxia o falta de oxígeno en los tejidos.

El médico británico Thomas Holmes Ravenhill realizó en 1913 una de las primeras observaciones en la literatura científica internacional sobre los efectos de la altura geográfica en la salud humana. Publicó en el *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* el artículo "Some experiences of mountain sickness in the Andes". En este artículo Ravenhill describe una condición llamada "mountain sickness" que es muy frecuente en el distrito minero en el que trabaja (Collahuasi) y asocia los síntomas de la puna con el ascenso a la montaña en el tren rápido o nocturno desde Antofagasta.

Las respuestas fisiológicas a la altura en las primeras horas varían según una serie de rasgos objetivos como la altitud alcanzada, la humedad ambiental, la temperatura y la velocidad de ascenso entre otros. También influyen rasgos subjetivos, como factores genéticos, de alimentación, hidratación y otros. La tolerancia a la altura depende en gran medida de cada persona y suele ser difícil predecir la intolerancia.

Actualmente se ha determinado que la edad y el género también parecen ser factores importantes en el desarrollo de MAM. Varios estudios han demostrado que las personas de mayor edad son menos susceptibles al MAM y la evidencia indica que las mujeres parecen ser menos susceptibles que los hombres (Moraga, Pedreros, & Rodríguez, 2008), sin embargo, a grandes alturas y con ascensos rápidos los estudios han demostrado que los síntomas tarde o temprano se manifiestan, siendo mayores tanto en incidencia como en severidad según la altura alcanzada (Vargas, y otros, 2001).

2.- RIESGOS ASOCIADOS AL TRABAJO EN ALTURA GEOGRÁFICA

Conforme aumenta la altitud la presión atmosférica decrece puesto que hay menos moléculas de aire ejerciendo presión, en términos globales el valor medio de la presión a nivel del mar es de 760 mmHg ó 1 atm, se puede decir que la presión decrece aproximadamente a un ritmo de 100 mmHg por cada mil metros de altura ganados.

Como se muestra en el Cuadro N° 1, la menor presión atmosférica supone una menor presión parcial de oxígeno (PO₂) lo que limita el transporte de oxígeno a los tejidos corporales produciendo el estado conocido como hipoxia (Wilmore & Costill, 2010), siendo ésta el factor principal responsable de los efectos negativos de la altitud sobre la salud humana (López & Fernández, 2008).

No solo las condiciones de baja presión atmosférica producen efectos nocivos sobre el ser humano. El frío, la poca humedad y las radiaciones solares también deterioran la salud de las personas expuestas a altura geográfica. En promedio, la temperatura desciende a razón de 1°C cada 150 metros de ascenso, esto es acompañado con una disminución de la humedad relativa del aire, generando un ambiente más seco y, por lo tanto, mayor propensión a la deshidratación (Wilmore & Costill, 2010).

Otro factor clave son las condiciones de aislamiento social y familiar. Los servicios de comunicación, transporte, salud, educación, recreación, cultura, comercio, etc. se encuentran limitados o simplemente no existen.

Los sistemas de turno varían según la empresa, las jornadas de trabajo tienden a prolongarse y, para poder adaptarse a estas condiciones, los trabajadores deben mantener un estado físico y psicológico adecuado.

3.- RESPUESTAS A LA EXPOSICIÓN AGUDA Y ACLIMATACIÓN A LA ALTITUD

La exposición aguda a la altitud implica para el ser humano un estrés fisiológico muy marcado, que requiere de una serie de respuestas agudas y otras más crónicas que permiten una aclimatación a este medio tan adverso.

- La menor presión barométrica que se encuentra en la altura lleva consigo una disminución de la presión parcial de oxígeno en todos los niveles de la cascada de oxígeno.
- La caída de la presión parcial de oxígeno a nivel arterial estimula, vía quimiorreceptores carotídeos y del arco aórtico al centro respiratorio produciendo hiperventilación.
- La hiperventilación tiende a corregir la hipoxemia y también produce una disminución de la presión parcial de CO₂ arterial, es decir una alcalosis respiratoria.
- Esta alcalosis respiratoria disminuye la capacidad de respuesta del centro respiratorio a la hipoxemia y desplaza a la izquierda la curva de disociación de la hemoglobina, dificultando el aporte de oxígeno a los tejidos.
- Para contrarrestarla se produce una mayor excreción renal de bicarbonato, generando una compensación metabólica y así, se restaura el equilibrio ácido-base. Pero esto puede generar un problema, ya que la pérdida de reserva alcalina total disminuye la capacidad sanguínea de tamponar ácidos (como el ácido láctico, por ejemplo).

Con la exposición aguda a la hipoxia hipobárica se producen algunos cambios cardiovasculares. Aumentan la frecuencia cardiaca y el gasto cardiaco, en cambio, el volumen expulsivo habitualmente dis-

Cuadro N° 1: Valores atmosféricos a diferentes altitudes.

Altitud (m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
P (mmHg)	760	674	596	526	462	405	354	308
PO ₂ (mmHg)	159,1	141,1	124,7	110,0	96,7	85,1	74,3	64,7
Temp (C°)	15,0	8,5	2,0	-4,5	-10,9	-17,4	-23,9	-30,4

Fuente: Adaptado de Wilmore & Costill (2010)

minuye a consecuencia de la disminución del volumen plasmático, esto afecta la capacidad de realizar ejercicios durante la exposición aguda a la altitud.

La exposición más prolongada a la altitud produce una serie de cambios fisiológicos que permiten adaptarse a ésta. A partir de 4 horas del término del ascenso, por efecto de la hipoxia comienza a producirse la liberación de eritropoyetina a nivel de la corteza renal, alcanzando su máximo nivel sanguíneo alrededor de las 48 horas. Por acción de la eritropoyetina, a los 5 días comienzan a aparecer nuevos glóbulos rojos circulantes.

Otro mecanismo adaptativo a la altitud, que facilita la entrega de oxígeno a los tejidos, es el aumento de la concentración del 2,3 DPG en el glóbulo rojo. Esta molécula compite con el oxígeno por unirse a los sitios en la hemoglobina, facilitando así, la descarga de oxígeno desde la sangre a los tejidos. Este efecto puede verse atenuado por la alcalosis respiratoria secundaria a la hiperventilación.

Los cambios adaptativos que se producen a nivel periférico han generado gran controversia. Se había observado, en estudios realizados en población nativa de altura, aumento de la densidad capilar, de la mioglobina, enzimas oxidativas y de las mitocondrias. Estudios más recientes han demostrado que la percepción de aumento del número de los capilares ocurre por disminución del diámetro de las fibras musculares (atrofia).

Al llegar a gran altura se produce un aumento del metabolismo basal, lo que tiende a normalizarse con estadías más prolongadas.

Las variaciones de la aclimatación dependen también de otros factores, como la variabilidad de la magnitud de la depresión respiratoria, de la sensibilidad a los cambios del equilibrio ácido-base y de la capacidad renal para excretar bicarbonato, pero ninguno de ellos ha sido estudiado a fondo.

Cuando la persona aclimatada vuelve al nivel del mar, el proceso se invierte. Aunque el tiempo necesario para perder la aclimatación no se conoce a fondo, parece ser similar al período de aclimatación. Si así fuera, al regresar desde una gran altura se producirían, teóricamente, los fenómenos opuestos a los que tienen lugar durante la ascensión, aunque con una excepción importante: al bajar, las presiones arteriales de oxígeno se normalizan de inmediato.

4.- EFECTOS DE LA ALTITUD EN LOS/AS TRABAJADORES/AS

Existe reducida disponibilidad de información acerca de los efectos para la salud derivados de la exposición intermitente crónica a la altura geográfica en condiciones laborales. La mayoría de los estudios científicos se concentran en población nativa de altura o deportistas, con muestras pequeñas y nulo o escaso control de las variables confundentes.

El Mal de Altura (MA) es un término general para describir los diferentes cuadros clínicos que pueden sufrir los trabajadores que viajan a regiones que están muy alejadas del nivel del mar. Puede presentarse desde un malestar leve a cuadros potencialmente letales de edema pulmonar o edema cerebral. Los síntomas del MA varían de acuerdo a la intensidad de la hipoxia y a la velocidad de instalación de esta.

Los principales síntomas y signos son:

- **Cefalea (96%).** Es el síntoma más frecuente. En personas que sufren de síndromes jaquecosos o de cefaleas en forma frecuente, la altitud aumenta la frecuencia de presentación de estos cuadros.
- **Insomnio (70%).** Se presenta con mayor intensidad las 2 primeras noches. La mala calidad del sueño, en particular antes de haberse completado la aclimatación, es un factor que puede afectar al rendimiento profesional. La interrupción periódica de la respiración durante las primeras noches que siguen al ascenso a una gran altura es un fenómeno casi universal. Debido a las repetidas ocasiones en que el sujeto se despierta, la calidad del sueño es deficiente, por lo que, aunque el tiempo total de sueño haya sido el normal, la persona se levanta con la sensación de haber pasado una noche inquieta o de no haber dormido.
- **Anorexia (38%).** Existe falta o disminución de apetito.
- **Náuseas (35%).** Se asocian a la falta de apetito.
- **Mareos (27%).**
- **Disnea (25%).**
- **Volumen de orina reducido (19%).**

- **Vómitos (14%).** Su presencia indica una mayor gravedad del cuadro.
- **Laxitud (13%).** Existe sensación de pesadez corporal con falta de tono muscular.
- **Torpeza motora (11%).** Se observa en los movimientos tanto gruesos como finos.

También se han reportado modificaciones del comportamiento, de la percepción sensorial, de la memoria visual y verbal. La capacidad de efectuar cálculos sencillos se deteriora notablemente en la fase de aclimatación. La agudeza visual disminuye en ambientes de baja luminosidad por encima de los 3.500 m.s.n.m. Estudios en animales (maccacus rhesus), muestran que la hipoxia parece inhibir la espermatogénesis y produce cambios en la cantidad y características del semen. No se conocen estudios en seres humanos que permitan evaluar la importancia de este hallazgo.

La distribución óptima del tiempo entre las grandes alturas y el nivel del mar constituye un gran problema, y los turnos que se han aplicado hasta la fecha carecen prácticamente de fundamentos científicos. De hecho, suelen basarse en factores sociales, como el intervalo que los trabajadores desean permanecer sin ver a sus familiares.

Los factores sociales son también fundamentales en la salud de las personas. Aun cuando haya motivos fisiológicos para mantener períodos de aclimatación de 14 días, el hecho de que los(as) trabajadores(as) no deseen mantenerse alejados de sus familias durante muchos días debe ser conside-

rado. Hasta ahora, la experiencia demuestra que las pautas de siete a diez días de trabajo a gran altura seguidos de un período similar de reposo al nivel del mar, son, probablemente, las más aceptables.

Conviene observar que, con este sistema de turnos, el/la trabajador/a nunca llega a aclimatarsé por completo a la altitud ni a desaclimatarse al nivel del mar. Por tanto, pasa todo su tiempo oscilando entre los dos extremos y nunca experimenta las ventajas ni de uno ni de otro estado. Además, algunos trabajadores/as manifiestan un gran cansancio cuando llegan al nivel del mar y pasan los primeros dos o tres días recuperándose, este fenómeno probablemente guarde relación con la mala calidad del sueño.

Estas situaciones subrayan el desconocimiento que se tiene de muchos factores que determinan la calidad de vida laboral y la evidente necesidad de investigación en este campo.

La enfermedad crónica de montaña (ECM) o enfermedad de Monge ha sido caracterizada de diferente forma por los diversos grupos de investigadores, lo que dificulta en gran medida la comparación de resultados. Durante el Congreso Mundial de Medicina de Altitud, realizado en Japón_1998, se logró consensuar una definición de ECM: "Síndrome que ocurre en personas que residen por largo tiempo a gran altitud y que está caracterizado por una excesiva eritrocitosis e hipoxemia, que revierten con el descenso. Puede ser clasificado como Primario (sin causa identificable) o Secundario (debido a una condición conocida).

SÍNTOMAS DE ECM	SIGNOS DE ECM
Cefalea	Cianosis
Mareos, parestesias	Baja saturación de oxígeno
Fatigabilidad fácil	Alta concentración de hemoglobina
Dificultades de concentración	Presión arterial sistémica elevada
Disminución del apetito	Aumento de la presión pulmonar
Irritabilidad, depresión	Dedos en palillo de tambor
Trastornos del sueño	Alteraciones en el fondo de ojo

5.- PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES SECUNDARIOS A EXPOSICIÓN A ALTITUD

a) **Marco Legal.** Las principales disposiciones legales en esta área son

- Código del trabajo (Art. 184)
- Ley N° 16.744.
- D.S. N° 101/68 Art. 72
- D.S. N° 109/68 Artículo 21
- D.S. N° 73/05 (modifica DS 101 y 109)
- D.S. 594/99 y sus modificaciones
 - Decreto N° 28/ 2012: “De la Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud”.

b) **Guía Técnica sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. MINSAL.** Establece:

- La información mínima que debe entregar la empresa a sus trabajadores sobre los riesgos específicos de la exposición laboral a gran altitud e hipobaría y sus medidas de control.
- Programas preventivos.
- Evaluaciones de salud para exposición laboral a gran altitud.
- Programas de vigilancia ocupacional.
- Medidas de mitigación de la hipobaría.

6.- CONCLUSIONES

- Las características particulares de exposición intermitente a altitud son excepcionalmente reportadas en la literatura científica disponible, la que se concentra principalmente en evidencia en torno a la exposición aguda (deportistas) y crónica (población nativa).
- Los escasos estudios pesquisados se focalizan en labores ligadas a la gran minería.
- Existen más preguntas que respuestas acerca

de los efectos para la salud, a largo plazo, derivados de la exposición intermitente crónica a altitud en el ámbito laboral.

- El desempeño laboral en altura geográfica en Chile tiene muchas características peculiares:
 - Induce el desplazamiento de un gran número de personas que residen habitualmente a nivel del mar.
 - Las características geográficas de Chile determinan que el cambio entre las condiciones ambientales a nivel del mar y las de altitud sea inusualmente rápido respecto a lo observado en la práctica de montañismo en otros países.
 - Exposición crónica intermitente a hipobaría.
 - Sistemas de turnos especiales, sin evidencia científica de su impacto en salud.
 - Jornadas de trabajo excepcionales.
 - Exposición a condiciones extremas de temperatura, baja humedad relativa del aire, altos niveles de radiación UV, aislamiento y contaminantes tales como: ruido, material particulado, entre otros.
 - Altas exigencias psicológicas, ergonómicas y la obligación de mantener condiciones físicas que le permitan adaptarse en mejor forma disminuyendo el riesgo de presentar síntomas atribuibles al Mal Agudo de Montaña.
- El trabajo en altura geográfica no se limita a faenas mineras. Existe una amplia gama de actividades, como el trabajo de los funcionarios públicos, que no ha sido estudiada.
- Es necesario impulsar estudios colaborativos que contribuyan a dar respuesta a las múltiples interrogantes que persisten y a tomar medidas efectivas para el resguardo de la salud de todos los/as trabajadores/as.

7.- BIBLIOGRAFÍA.

- Venegas P. “Ejercicio y entrenamiento en altitud”. En Nutrición, Fisiología y Ejercicio en Altitud. M. Sandoval y J. Bravo, Eds. Santiago de Chile, 1999.
- Rebolledo P. “Mal agudo de montaña y experiencia turística”. Gestión Turística N°16, Julio-Diciembre 2011, pp.157-174
- Vargas M. y colaboradores “Mal agudo de montaña a 3.500 y 4.250 m: Un estudio de la incidencia y severidad de la sintomatología”. Rev. Medica de Chile v129 N°2. Santiago, febrero 2001.
- Vera A. y colaboradores “Fatiga física y fatiga cognitiva en trabajadores de la minería que laboran en condiciones de altitud geográfica. Relación con el mal agudo de montaña”. www.ciencia y trabajo.cl Año 10. Número 29. Julio-Septiembre 2008.
- “Estudio sobre los efectos en la salud asociados a exposición intermitente crónica a altura geográfica en mineros de Chile”. Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Noviembre 2013.
- Carrasco C. y Vega P. “Una aproximación a las condiciones de trabajo en la Gran Minería de Altura. Dirección del Trabajo. Departamento de Estudios. Cuaderno de Investigación N° 40. Santiago, Julio 2011.
- “El trabajo en Altura”. Cartilla N° 7. Dirección del Trabajo. Gobierno de Chile.
- “Presión barométrica, reducción”. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo OIT. Capítulo 37. 2001.
- Decreto 28/2012 del Ministerio de Salud. Modifica D.S. 594/99 en lo referente a exposición a hipobaría intermitente crónica por gran altitud.
- Guía Técnica sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. Departamento de Salud Ocupacional. División de Políticas Saludables y Promoción de la Salud. Ministerio de Salud de Chile.