



MANUAL

Exposición a Gran Altura: Prevención y Recomendaciones

Editores

**Eduardo Peña, Ph.D.
Patricia Siques, Ph.D.
Julio Brito Richards, Ph.D.
Samia El Alam, MSc (c).**

ÍNDICE



1	Introducción	4
2	Conceptos clave	7
3	Tipos de exposición a gran altura según el tiempo	8
4	Aclimatación	9
5	Mal agudo de montaña (MAM) o puna	10
5.1	Recomendaciones para prevenir el MAM	10
5.2	Recomendaciones para tratar el MAM	11
6	Edema pulmonar de gran altura	12
7	Edema cerebral de gran altura	12

1.- INTRODUCCIÓN



CONTEXTO REGIONAL

Actualmente, el número de personas que se desplazan a gran altura por motivos de trabajo (soldados, mineros, trabajadores de la construcción y astrónomos) o recreación (esquí, trekking, ciclismo de montaña y alpinismo) ha ido en aumento durante los últimos años. Es importante destacar que, en la Región de Tarapacá, particularmente en la cordillera de los Andes, existen zonas con una gran biodiversidad, las cuales presentan gran interés turístico dentro de la Región. Entre ellos, se destaca el Volcán Isluga, el cual se encuentra sobre los 5.000 metros de altura, y en el altiplano de nuestros Andes, sobre los 4.000 metros de altura, sobresale la laguna Quantija y salares como los de Huasco y Coposa, y Bofedales¹.

Por otra parte, es de especial relevancia para nuestra Región de Tarapacá tener en cuenta que gran parte de sus trabajadores desempeñan funciones a gran altura. Por ejemplo, en la localidad de Colchane, con una elevación aproximada de 3.700 metros sobre nivel de mar (m.s.n.m.), existe un crecimiento laboral anual con una tasa promedio de 1,3%, donde en el rubro de Administración Pública y Defensa concentró el mayor número de trabajadores de la comuna, representando un 93,6% del total en el año 2018².

Adicionalmente, más de 4.000 personas trabajan de manera directa en empresas mineras cuyos yacimientos se encuentran a más de 4.000 m.s.n.m., los cuales generan un alto impacto en el PIB Regional (36,83%), donde el índice de empleo local es cercano al 50% en la Región de Tarapacá.

Respecto a lo anterior, en la Región de Tarapacá se observa un modelo de trabajo basado en sistemas de turnos, por ejemplo, 7 días de trabajo en gran altura seguido por 7 días de descanso a nivel de mar, y esto prolongado en el tiempo, lo cual genera una condición poco estudiada de exposición a gran altura a nivel mundial, llamada en términos biomédicos como “Modelo Minero Chileno de Exposición Intermitente a Gran Altura”, acuñado por el investigador Richalet en el año 2002.

Estos antecedentes demuestran que nuestra Región se puede posicionar como el centro de estudio más importante en la medicina de altura, tanto a nivel nacional e internacional, cuyo laboratorio natural lo tenemos en las proximidades de nuestros Andes.

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A LA GRAN ALTURA

La exposición a gran altura despierta una serie de reacciones de aclimatación para generar mecanismos de compensación en el cuerpo. Sin embargo, en algunos individuos, la falta de aclimatación provoca el desarrollo de diversas patologías, tales como el “Mal agudo de Montaña” (MAM), también conocido como la “puna” y que presenta síntomas como dolor de cabeza (cefalea), náuseas, vómitos, insomnio, somnolencia, mareos, y aumento en la frecuencia cardíaca. Los síntomas generalmente alcanzan la cima de su severidad, en las primeras 6 a 10 horas, disminuyendo gradualmente durante las siguientes 24 a 48 horas.

En algunos casos, aunque poco frecuente, una persona puede desarrollar un edema pulmonar de gran altura o un edema cerebral de gran altura, donde ambas condiciones son de alta gravedad y deben ser tratadas como urgencias médicas. En general, un individuo afectado por una enfermedad de gran altura se siente temporalmente incapacitado para poder realizar sus actividades cotidianas y/o el trabajo para el cual fue destinado, por lo tanto, existe una constante preocupación por la salud de los habitantes de la Región de Tarapacá y sus visitantes, que por distintos motivos deban exponerse a gran altura.

INVESTIGACIÓN

Por más de 25 años el Instituto de Estudios de la Salud de la Universidad Arturo Prat se ha dedicado al estudio de las enfermedades de gran altura y los cambios que se producen a nivel molecular en el individuo.

Para el desarrollo de estos estudios, ha sido fundamental la colaboración directa del personal (voluntarios) de la minería, Ejército de Chile, y residentes de gran altura, donde se ha logrado determinar que la prevalencia de la hipertensión pulmonar de gran altura es del 10% de la población, y el desarrollo de hipertrofia ventricular derecha es del 15%, lo cual en algunos casos puede llevar a una insuficiencia cardíaca³.

Es por esto que, uno de los objetivos del Centro de Investigación en Medicina de Altura (CEIMA), es determinar biomarcadores de gran altura, es decir determinar una molécula biológica cuya presencia en la sangre significaría que la persona en gran altura es propensa a desarrollar enfermedades de altura, todo esto como una manera de prevención y diagnóstico en los sujetos expuestos a esta condición. Por lo tanto, en conjunto a la colaboración directa de la Universidad Arturo Prat y la Universidad de Eppendorf-Hamburgo, hemos logrado determinar un biomarcador llamado ADMA (del inglés Asymmetric dimethylarginine) el cual permite hacer un pronóstico para el desarrollo de Mal Agudo de Montaña (puna) y la enfermedad de Hipertensión Pulmonar de Altura^{4,5}. En base a esto el CEIMA, a través de sus recientes investigaciones^{6,7}, ha dado el paso desde la ciencia básica a la ciencia aplicada, utilizando nutracéuticos y suplementos que disminuyan estas vías inflamatorias y oxidativas, y mejore la salud de las personas.

Sin embargo, aún es necesario continuar con estas investigaciones para validar estos tratamientos. Por lo tanto, es fundamental dar a conocer a la comunidad sobre medidas de prevención y reconocimiento de los síntomas de enfermedades de gran altura.

OBJETIVO DEL MANUAL

El objetivo de este manual es entregar recomendaciones en cuanto a la prevención y tratamiento de enfermedades de gran altura, evitando así los problemas de salud que puedan presentarse en aquellas personas que viajen a gran altura.

2.- CONCEPTOS CLAVE

- **Hipoxia:** Es la disminución del suministro de oxígeno a un tejido.
- **Hipoxia Hipobárica:** Es el descenso de aporte de oxígeno a los tejidos debido a una caída en la presión barométrica a medida que ascendemos en altitud.
- **Gran altura:** Altura geográfica igual o superior a los 3.000 msnm e inferior a 5.500 msnm, en donde la mayoría de los individuos tiene cambios fisiológicos, anatómicos y bioquímicos reversibles.
- **Extrema altura:** Altura geográfica igual o superior a 5.500 msnm, en donde el ser humano no es capaz de aclimatarse, pero puede permanecer por periodos cortos de tiempo con riesgo elevado para su salud.
- **Aclimatación:** Procesos fisiológicos para atenuar y compensar la hipoxia hipobárica.
- **Intolerancia:** Respuestas insuficientes para aclimatarse, llegando a enfermar.

Otros cambios ambientales en gran altura:



Baja
temperatura



Alta
radiación
solar



Baja
humedad

3.- TIPOS DE EXPOSICIÓN A GRAN ALTURA SEGÚN EL TIEMPO

- **Exposición aguda:** Se denomina a la condición en la que los sujetos se exponen por un periodo corto de tiempo (horas o días) a la altura geográfica, siendo esta situación, la más frecuente en turistas y alpinistas.
- **Exposición crónica:** Se refiere a periodos prolongados de tiempo, por ejemplo, años y generalmente compromete a personas que han nacido en altura (nativos) o que viven permanentemente ya sea por razones de trabajo u otras (residentes habituales).
- **Exposición intermitente crónica:** Se refiere a las personas que no viven permanentemente en la altura, sino que se desplazan a esta por periodos (horas o días), principalmente a sus jornadas de trabajo, y luego descienden a nivel de mar para su descanso (horas o días) manteniéndose en esta condición por tiempo prolongado.



Trabajador expuesto a Hipoxia Hipobárica Intermitente Crónica: Todo aquel que desempeñe sus labores sobre los 3.000 msnm por más de 6 meses, con una permanencia mínima de 30% de ese tiempo en sistemas de turnos rotativos a gran altitud y descanso a baja altitud⁸.

⁸Guía técnica sobre exposición ocupacional a hipobaría intermitente crónica por gran altitud. MINSAL.

4.- ACLIMATACIÓN

La aclimatación es el proceso por el cual un individuo compensa los efectos de la gran altitud e incluye una serie de cambios fisiológicos que ocurren en un curso de tiempo variable (días a semanas). La aclimatación es un proceso exitoso, pero requiere tiempo para hacerlo. Si el tiempo de ascenso a gran altura es más rápido que el proceso de aclimatación de cada persona, entonces se presentan las enfermedades de gran altura, las cuales no deben ser subestimadas.



Estudios demuestran que permanecer de 6 a 7 días en altura moderada (2.200 a 3.000 msnm) antes de subir a mayor altitud, disminuye el riesgo de sufrir de Mal Agudo de Montaña (puna), mejora la ventilación y la oxigenación, y previene el aumento de presión de la arteria pulmonar⁹.

Se debe tener en consideración que la incidencia de Mal Agudo de Montaña aumenta de 4 a 5 veces más cuando se asciende a gran altura por viaje aéreo (helicóptero o avión) y, por lo tanto, representa un riesgo para la salud. Se debe consultar con el médico antes de realizar un viaje aéreo a gran altura, ya que debe realizarse una preparación con medicación y pre-aclimatización (por ejemplo, exponerse a altitud previamente o mediante cámaras de hipoxia). Además, se recomienda evitar el ejercicio intenso luego de la llegada a gran altura, y no continuar ascendiendo si los síntomas de Mal Agudo de Montaña persisten¹⁰.

Otro punto importante a considerar en viajes por sobre los 3.000 msnm, es que las personas no deben aumentar su altura para dormir en más de 500 metros por día, y deben incluir un día de descanso (es decir, no subir a una altura más alta para dormir) cada 3 o 4 días⁹.

“Escala alto, duerme bajo”

5.- MAL AGUDO DE MONTAÑA (MAM) O PUNA

Enfermedad más común de exposición aguda a gran altura, ocurre típicamente en personas no aclimatadas que ascienden a más de 2.500 msnm. La posibilidad de desarrollar MAM depende de la susceptibilidad del individuo, la velocidad de ascenso y la altitud alcanzada.

El Mal Agudo de Montaña se caracteriza por presentar como principal síntoma el dolor de cabeza, el cual puede o no estar acompañado de otros síntomas como náuseas/vómitos, fatiga/debilidad, vértigo/mareos. Estos aparecen típicamente de 6 a 10 horas después del ascenso, y por lo general desaparecen después de 24 a 48 horas.

5.1. Recomendaciones para prevenir el MAM:

- Ascenso gradual.
- Hidratarse.
- No beber alcohol antes del ascenso.
- Comer liviano antes del ascenso.
- Descansar al llegar al destino.
- Acetazolamida: recomendado para quienes deben ascender rápidamente sobre los 2.800 msnm, y para quienes han presentado previamente síntomas de MAM. Dosis Adultos: 125 a 250 mg cada 12 hrs. Empezar a tomar el día antes de subir. Se recomienda tomar la medicación solamente por 2 días a gran altura⁹.

A TENER EN CUENTA: La acetazolamida es un diurético (incrementa el flujo urinario) y en dosis de 250 mg tres veces al día puede causar una significativa diuresis. Sin embargo, a 125 mg dos veces al día, la diuresis es pequeña y a menudo imperceptible para el viajero. Otro efecto secundario común son las parestesias (sensación de hormigueo y pinchazos) en los dedos de manos y pies. El tercer efecto secundario es que hace que las bebidas carbonatadas tengan un sabor diferente. Todos estos efectos secundarios se detienen rápidamente cuando se suspende el medicamento¹¹.

DURANTE LA EXPOSICIÓN

- Dieta alta en carbohidratos y baja en grasas¹².
- Evitar el sobreconsumo de cafeína.
- Hacer ejercicio ligero y evitar el sobreesfuerzo.
- Hidratarse.
- No aumentar la altitud para dormir en más de 500 metros por día.

5.2. Recomendaciones para tratar el MAM:

El descenso sigue siendo el mejor tratamiento para los síntomas de Mal Agudo de Montaña, sin embargo, no es necesario en todos los casos. Los pacientes con MAM pueden permanecer en su altitud actual y usar analgésicos (ibuprofeno) para el dolor de cabeza y antieméticos para las náuseas y vómitos. Estos individuos deben ser observados de cerca para detectar signos de progresión de la enfermedad. Se debe iniciar el descenso si los síntomas empeoran o no mejoran después de 1 a 2 días.

- Si los síntomas son severos o le impiden realizar sus actividades, descender entre 300 a 1000 metros. Es preferible que descienda acompañado de otra persona.
- Utilizar oxígeno suplementario en caso de no poder descender o mientras se espera el descenso.
- Utilizar hasta alcanzar una saturación de oxígeno > 90%. Se recomienda tomar Ibuprofeno para tratar el dolor de cabeza.

6.- EDEMA PULMONAR DE GRAN ALTURA

Se trata de una acumulación de líquido en los pulmones que se produce en personas no aclimatadas cuando se exponen a altitudes habitualmente por encima de los 2.500 msnm. Este edema no es debido a un fallo al corazón, sino a una alteración de los vasos sanguíneos pulmonares consecutiva a la escasez del oxígeno ambiental (hipoxia hipobárica). La sufren cinco de cada 1.000 personas expuestas a gran altura. Se reconoce fácilmente por acompañarse de dificultad para respirar, tos inicialmente seca y posteriormente acompañada de esputos sonrosados o salida de espuma sonrosada por la boca y del característico “gorgoteo” (similar al ruido que produce el agua al hervir). Suele ir acompañado de edema cerebral.

7.- EDEMA CEREBRAL DE GRAN ALTURA

Es un trastorno raro, pero potencialmente mortal en el que el cerebro se llena de líquido. Clínicamente se caracteriza por dolor de cabeza intenso que no cede con los analgésicos habituales, inestabilidad al caminar (ataxia) y confusión o estado mental alterado. Se produce en los primeros días del ascenso en personas no aclimatadas y puede ocurrir posterior al MAM o al mismo tiempo que el edema pulmonar. Debe tratarse con urgencia.

URGENTE! En ambos casos la urgencia es extrema, y es necesario el descenso inmediato. En caso de tener que esperar para descender el uso de la cámara hiperbárica permite mejorar las condiciones de la enfermedad.

IMPORTANTE

No emprenda un viaje a gran altura sin consultar su estado de salud con su médico, especialmente pacientes con enfermedades crónicas (diabetes enfermedades cardiopulmonares, epilepsia, antecedentes tromboembólicos).



REFERENCIAS

- [1] Plan de Acción Región de Tarapacá 2014-2018, SERNATUR.
- [2] Características demográficas y socioeconómicas comuna de Colchane. 2021. Centro de Información de Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura, Chile.
- [3] Brito, J., Siques, P., López, R., Romero, R., León-Velarde, F., Flores, K., Lüneburg, N., Hannemann, J., & Böger, R. H. (2018). Long-Term Intermittent Work at High Altitude: Right Heart Functional and Morphological Status and Associated Cardiometabolic Factors. *Frontiers in physiology*, 9, 248. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00248>
- [4] Siques, P., Brito, J., Schwedhelm, E., Pena, E., León-Velarde, F., De La Cruz, J.J., Böger, R. H., & Hannemann, J. (2019). Asymmetric Dimethylarginine at Sea Level Is a Predictive Marker of Hypoxic Pulmonary Arterial Hypertension at High Altitude. *Frontiers in physiology*, 10, 651. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00651>
- [5] Hannemann, J., Siques, P., Schmidt-Hutten, L., Zummack, J., Brito, J., & Böger, R. (2021). Association of Genes of the NO Pathway with Altitude Disease and Hypoxic Pulmonary Hypertension. *Journal of clinical medicine*, 10(24), 5761. <https://doi.org/10.3390/jcm10245761>
- [6] Pena, E., El Alam, S., Siques, P., & Brito, J. (2022). Oxidative Stress and Diseases Associated with High-Altitude Exposure. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(2), 267. <https://doi.org/10.3390/antiox11020267>

[7] El Alam, S., Pena, E., Aguilera, D., Siques, P., & Brito, J. (2022). Inflammation in Pulmonary Hypertension and Edema Induced by Hypobaric Hypoxia Exposure. *International journal of molecular sciences*, 23(20), 12656. <https://doi.org/10.3390/ijms232012656>

[8] Guía técnica sobre exposición ocupacional a hipobaría intermitente crónica por gran altitud. Departamento de Salud Ocupacional. Ministerio de Salud, Chile.

[9] Luks, A. M., Auerbach, P. S., Freer, L., Grissom, C. K., Keyes, L. E., McIntosh, S. E., Rodway, G. W., Schoene, R. B., Zafren, K., & Hackett, P. H. (2019). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Acute Altitude Illness: 2019 Update. *Wilderness & environmental medicine*, 30(4S), S3-S18. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.04.006>

[10] Burtscher, J., Swenson, E. R., Hackett, P. H., Millet, G. P., & Burtscher, M. (2023). Flying to high-altitude destinations: Is the risk of acute mountain sickness greater?. *Journal of travel medicine*, 30(4), taad011. <https://doi.org/10.1093/jtm/taad011>

[11] Shlim D. R. (2020). The use of acetazolamide for the prevention of high-altitude illness. *Journal of travel medicine*, 27(6), taz106. <https://doi.org/10.1093/jtm/taz106>

[12] Stellingwerff, T., Peeling, P., Garvican-Lewis, L. A., Hall, R., Koivisto, A. E., Heikura, I. A., & Burke, L. M. (2019). Nutrition and Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(Suppl 2), 169-184. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01159-w>



MANUA L

**Exposición a Gran Altura:
Prevención y Recomendaciones**

 **@medicinaenaltura**