



Proyecto LLAMA y el MAM (Mal Agudo de Montaña) Sabemos enfrentarlo ?

R. Morras





Chorrillos 4745

© 2010 Google
© 2010 Cnes/Spot Image
© 2010 Inav/Geosistemas SRL
Image © 2010 DigitalGlobe

©2009 Google

El **mal agudo de montaña (MAM)**, también llamado **mal de montaña, mal de altura, soroche o apunamiento**, es la falta de adaptación del organismo a la hipoxia de la altitud.

La gravedad del trastorno está en relación directa con la velocidad de ascenso y la altitud alcanzada. De manera inversa estos síntomas normalmente desaparecen al descender a cotas más bajas.

Ocurre raramente a partir de los 2.400 metros de altitud, hasta la denominada "Zona de muerte" a los 7.000 metros de altitud. Suele aparecer a partir de las 6 o 10 h de exposición a la hipoxia y es más frecuente en menores de cincuenta años y en sujetos que residen habitualmente a menos de 900 m de altitud.



Durante la década del '60, como fruto de la difusión de las ideas de una vida sana, se comenzó a ver en los habitantes de las grandes ciudades una marcada tendencia en lo relacionado con la utilización del tiempo libre. Así es que los lugares más recónditos, deshabitados y agrestes del planeta comienzan a recibir a las primeras oleadas de turistas interesados en conocerlos y un nuevo término comienza a hacerse popular: **el trekking**.

Por otra parte, el alpinismo de postguerra, dotado de un gran espíritu de sacrificio, pero absolutamente carente de recursos tecnológicos, le abre paso a las nuevas generaciones de escaladores, protagonistas en la década del '70 de las grandes hazañas en todos "los 8000" del Himalaya. El alpinismo comienza a invadir los medios masivos de difusión y el progreso de los medios de transporte posibilita la llegada de la gente, en forma masiva, a las remotas alturas del Himalaya y de Los Andes.

Desgraciadamente el populoso arribo de turistas a la altura no siempre se acompañó de información correcta sobre los riesgos que puede traer la baja presión atmosférica y, por ende, **la baja presión parcial de oxígeno**.



Es así como no hace muchos años (principio de los '70), cuando comenzaron a realizarse las primeras excursiones de trekking al campamento base del Monte Everest en Nepal, muchos grupos sufrieron la traumática experiencia de observar como alguno de sus integrantes comenzaba con lo que parecía un cuadro banal semejante al de una infección respiratoria y moría luego de 48 a 72 horas de incontrolable padecimiento. Las estadísticas eran elocuentes por aquel entonces, entre el 1 y el 2% de los montañistas (un promedio de 5 a 10 por año), fallecía como consecuencia del Mal Agudo de Montaña (MAM).

La difusión de la información respecto a esta patología y sus potenciales consecuencias, logró que en los últimos 10 años la mortalidad se redujera a sólo 1 ó 2 casos por año, a pesar de haberse incrementado el número de visitantes a esa zona en un 6000% (de 500 a 30.000 personas por año).

La mayoría de los individuos que se aventuran por primera vez a recorrer regiones de nuestro país o del extranjero, que se encuentran a alturas mayores a los 2000 msnm, por lo general **no son conscientes de los riesgos que corren**. No parece lógico que continúen ocurriendo este tipo de accidentes, en épocas donde se encuentran disponibles todos los conocimientos necesarios para evitar las muertes por MAM



"En la montaña la imprudencia y la falta de información son las responsables de la gran mayoría de las desgracias..."

"Si alguna persona pierde la vida como consecuencia del Mal Agudo de Montaña, seguramente alguien tiene la culpa..."



Como defino una gran altura ?

Altitud se define según la siguiente escala

Alta: 2450 – 3650 m

Muy Alta: 3650 – 5500 m



Extremadamente Alta : > 5500m

Como pocas personas han estado a esas alturas, es difícil saber quién puede verse afectado.

No hay factores específicos, tales como edad, sexo, o condición física que se correlacionen con la posibilidad de verse afectado por el MAM. Algunas personas lo sufren y otras no.



La mayoría de la gente puede subir a 2500 m con un efecto mínimo. A grandes alturas es importante ser prudente. Uno puede estar sin problemas si está debidamente aclimatado.

Los síntomas más frecuentes son cefalea (generalmente frontal, pero puede ser también bitemporal u occipital), falta de apetito, náuseas, fatiga, vértigo e insomnio; irritabilidad. El cuadro clínico no difiere mucho de lo que se experimenta en una "resaca" luego de una ingesta desmedida de alcohol. En general los síntomas no se prolongan más allá de los tres o cuatro días.



Que causa la enfermedad de altura ?

La concentración de Oxígeno a nivel del mar es ~ 21% y la presión barométrica es ~ 760 mmHg. Cuando la altitud aumenta, la concentración sigue siendo la misma pero el número de moléculas por inspiración se reduce.

Presión parcial de Oxígeno (P_{O_2}) = 0.21 (PB -47)

A 3500 m la presión es de 483 mmHg, es decir, hay un 40 % menos de moléculas por inspiración.

A 4800 m la presión es ~ 420 mmHg y la P_{O_2} es casi la mitad que a nivel del mar



Table I Inspired partial pressure of oxygen (PO_2) at various altitudes

Site	Altitude m	Barometric Pressure torr	Inspired PO_2 torr	Inspired PO_2 % of S.L.
Sea Level	0	760	149.2	100
White Mountain	3800	487	92.1	61.7
Mauna Kea	4200	464	87.3	58.5
Chajnantor	5050	417	77.4	51.9
Nearby Peak	5800	379	69.5	46.6

S.L. sea level

La PO_2 inspirado en Chajnantor es casi el 52 % del valor a nivel del mar. En la tabla se observa que la diferencia entre Mauna Kea y Chajnantor es solo de un 7 % y entre este lugar y el pico a 5800 m es solo 5 % del valor a nivel del mar. Sin embargo, los efectos fisiológicos de esta reducción de oxígeno no es lineal. Hay una enorme diferencia entre los efectos fisiológicos de la hipoxia entre Mauna Kea y Chajnantor y entre este sitio y otro a 5800 m.

Por lo tanto, la presión parcial de Oxígeno en la sangre arterial y en los tejidos es reducida. Esta situación se conoce como **Hipoxia**.

Con el fin de oxigenar debidamente el cuerpo, la tasa de inspiración tiene que aumentar. Este extra de ventilación aumenta el contenido de oxígeno en la sangre, pero no en las concentraciones al nivel del mar.

Dado que la cantidad de Oxígeno necesaria para la actividad es la misma, el organismo debe adaptarse a tener menos Oxígeno.





La gran altitud y la reducción de la presión del aire es la causa de fuga de líquidos de los capilares que pueden provocar una acumulación de líquidos en los pulmones y el cerebro. Continuando a mayor altura sin la debida aclimatación puede llevar a enfermedades potencialmente graves, incluso la muerte.

La hipoxia afecta el rendimiento intelectual, la productividad y el bienestar general. La función cognitiva, por ejemplo, en la resolución de problemas, se verá perjudicada: los cálculos aritméticos en el sitio del telescopio probablemente tengan errores.

Si se deben hacer reparaciones en el radiotelescopio, es importante elaborar una lista de control en la estación base. Si el componente a ser reparado se puede reparar en la base, el problema se resolverá con más facilidad.



Gente con cierto grado de desarrollo intelectual frente a pruebas de función mental, funcionan muy bien en el corto plazo. Sin embargo, ese rendimiento no es típico del que se observa durante la jornada laboral completa.

Table II Mental ability expressed as a fraction of ability at sea level for unacclimatized individuals (from ²¹)

Altitude (m)	Visual Sensitivity	Attention Span	Short Term Memory	Arithmetic Ability	Decision Making Ability
2500	83%	100%	97%	100%	100%
3500	67%	83%	91%	95%	98%
4200	56%	70%	83%	92%	95%
5000	48%	57%	76%	86%	90%

La principal causa de las enfermedades de altura es cuando se sube demasiado alto y demasiado rápido. En un momento dado el organismo puede adaptarse a la disminución del Oxígeno molecular a una determinada altura. Este proceso se conoce como **ACLIMATACIÓN** y, en general, lleva de 1-3 días en esa altura. Si subo a alturas mayores, el cuerpo debe aclimatarse nuevamente.

El Mal Agudo de Montaña (MAM) es la molestia principal que aqueja a la mayoría de los recién llegados a las grandes alturas. La frecuencia con que se presenta depende de la velocidad de ascenso, la altura alcanzada y la susceptibilidad individual. Luego de un rápido ascenso a alturas cercanas a los 2500 msnm el 25% de los visitantes presentan tres o más síntomas de MAM, y el 5% de los mismos requiere reposo en cama e interrupción de sus actividades normales. El ascenso en corto tiempo a alturas entre 3000 y 3500 msnm desencadenan la aparición de síntomas prácticamente en todos los individuos y cerca del 10% de los mismos presenta incapacidad severa para el desarrollo de las tareas mínimas. Los primeros síntomas pueden aparecer a alturas moderadas o intermedias (rondando los 2000 msnm), y comienzan después de 6 a 48 horas de un rápido ascenso a dichos niveles.





Respiración de Cheyne-Stokes

Por encima de 3000 m la mayoría de la gente experimenta una respiración periódica durante el sueño, conocido como Respiración de Cheyne-Stokes.

El patrón comienza con algunas respiraciones superficiales y aumenta a un suspiro profundo y cae rápidamente. La respiración puede cesar totalmente durante unos segundos y, a continuación, las respiraciones superficiales comienzan de nuevo. Durante el período en que la respiración se detiene, **la persona a menudo se inquieta y puede despertar con una repentina sensación de asfixia**. Esto puede alterar los patrones de dormir, agotando a la persona. Este tipo de respiración no se considera anormal a gran altura.



La prevención de enfermedades de altura se divide en dos categorías: una buena aclimatación y medicamentos preventivos.

La **aclimatación** es el proceso por el cual nuestro organismo se adapta a la altura. Podemos diferenciar dos tipos de aclimatación según la finalidad que persigamos a través de la misma:

- A) Aclimatación para evitar los síntomas del MAM a moderadas y grandes alturas (trekking a alturas menores de 4500 msnm).
- B) Aclimatación adicional para llevar la adaptación del individuo a su pico máximo con la finalidad de permitirle el ascenso a alturas muy grandes y extremas (andinismo a alturas superiores a los 4500 msnm).

La aclimatación en alturas intermedias es el método más inocuo y efectivo para la prevención del MAM. En general la permanencia durante dos o tres noches a una altura intermedia (entre 1800 y 2200 msnm) previene la aparición de síntomas del MAM en la gran mayoría de las personas que van a pasar varios días a alturas entre 2500 y 3500 msnm.





Medidas preventivas

Si vuela o conduce, no se sobre-exija durante las primeras 24 horas.

Si usted va por encima de 3000 m, sólo aumentar la altura en 300 metros por día y tomar un día de descanso por cada 900 m de altura alcanzada.

" escalar alto y dormir bajo". Esta es la máxima utilizada por los escaladores. uno puede subir más de 300 m en un día, siempre y cuando vuelva y duerma en una altitud inferior.

Si usted empieza a mostrar síntomas de la enfermedad a una altitud moderada, no debe ir a mayor altura hasta que los síntomas disminuyen (no subir hasta que los síntomas bajen"). **Si los síntomas aumentan, bajar !!! bajar!!! bajar!!!**

Tenga en cuenta que diferentes personas se aclimatan a diferentes ritmos. asegúrese de que todos los de su grupo estén debidamente aclimatados antes de ir más alto.



Manténgase bien hidratado. La aclimatación es a menudo acompañada por la pérdida de fluidos, por lo cual se necesita beber gran cantidad de líquidos para permanecer hidratado correctamente (al menos 3-4 litros por día). La producción de orina debe ser abundante y clara.

Tómelo con calma, no se exija demás cuando llega a la altura. **La actividad durante el día es mejor que dormir**, porque durante el sueño disminuye la respiración, agravando los síntomas.

Evite el tabaco y el alcohol y otras drogas sedantes, incluyendo barbitúricos, tranquilizantes y píldoras para dormir. Estos depresores disminuyen aún más la capacidad respiratoria durante el sueño, resultando en un empeoramiento de los síntomas.

Mientras esté en la altura **coma una dieta alta en hidratos de carbono** (más del 70% de sus calorías de hidratos de carbono), que proporciona al organismo la energía necesaria para superar el esfuerzo.





La hipoxia debido a la altura agrava toda una serie de enfermedades que son comunes y, como consecuencia, se requiere ser prudente o abstenerse por completo de visitar sitios a gran altitud. Algunas de estas enfermedades y otras situaciones son listadas debajo. La lista no es completa y se recomienda a todos los visitantes consultar a su médico antes de trabajar y/o visitar sitios de gran altitud :



Precaución:

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica moderada.
- Insuficiencia cardíaca congestiva.
- Síndromes de apnea durante el sueño.
- Arritmias molestas.
- Enfermedad de las arterias coronarias
- Embarazo.
- Enfermedades cerebro vasculares.
- Cualquier causa de la circulación pulmonar restringida
- Trastornos convulsivos.
- Los niños pequeños.

Evite los sitios altos :

- Anemias
- Hipertensión arterial pulmonar



Calidad del sueño, en la 1ra y 5ta. Noche, a nivel del mar y a 4300 m. Estadística sobre la base de 122 trabajadores mineros expuestos a la gran altura y debidamente aclimatados, durante su semana de trabajo

% OF WORKERS	AT SEA	LEVEL	AT 4300	M
	1st night	5th night	1st night	5th night
Excessive time to fall asleep (> 30 min)	8.3%	10.0%	45.1%	15.9%
Reduced total sleep time (< 5 hrs)	27.8%	23.3%	65.7%	63.5%
Excessive awakenings (> 3)	11.1%	26.7%	54.9%	19.0%
Early waking	11.1%	16.7%	20.6%	11.1%
Perception of inadequate resting	41.7%	26.7%	61.4%	30.0%
Perception of general poor quality of sleep	16.7%	20.0%	61.8%	28.6%

La mala calidad del sueño esperable, si se duerme a 4800 m, es una de las razones más importantes para la localización de la base para descansar a menor altura. **La cuestión es saber cuál es la mejor altura para la ubicación de la misma.** Esto es básicamente una solución de compromiso entre la calidad del sueño, el tiempo de viaje y la aclimatación. Una ubicación de la base a 3800m (SAC) a una distancia de 35 Km de la estación ofrece la ventaja de una buena aclimatación pero no tan buena calidad de sueño. Ir a menor altura ofrece esto último pero a costa de mayor pérdida de tiempo de viaje y peor aclimatación. Un problema es que al comienzo de la semana laboral, un porcentaje mayor de empleados tendrán síntomas de MAM.

Los principales mecanismos de adaptación a la altura son:

La profundidad de la respiración aumenta

La presión en las arterias pulmonares se incrementa "obligando" a la sangre a ir a porciones de los pulmones que normalmente no se utilizan durante la respiración al nivel del mar.

El cuerpo produce más glóbulos rojos en la sangre para transportar oxígeno.

El cuerpo produce en mayor cantidad una particular enzima que facilita la liberación de oxígeno de la hemoglobina a los tejidos del cuerpo.



Al fallar los mecanismos de adaptación aparecen los síntomas de MAM, que dependen fundamentalmente de la retención de fluidos o mejor dicho de una mala distribución de los mismos entre las células de los distintos tejidos.

Desgraciadamente, **los órganos más comprometidos por esta alteración son el cerebro y los pulmones.**

Edema Cerebral De Altura (ECA)

El Edema Cerebral de Altura es una de las más severas de las enfermedades producidas por la altura. Por lo general el paciente con ECA ya presentaba síntomas de MAM.

Signos y síntomas del Edema Cerebral

- Cambios en el nivel de conciencia
- Ataxia (trastornos para caminar o mantener objetos con las manos)
- Debilidad
- Dolor de cabeza
- Nauseas y vómitos
- Disturbios en la visión
- Parálisis
- Mareos
- Alucinaciones
- Cianosis (color de la piel azul)



Se usa un simple test para comprobar si el paciente sufre de un Edema Cerebral: se le pide que camine en línea recta 3 o 4 m colocando un pie detrás de otro. Si falla saliendo de la línea o si se cae demuestra que sufre de un Edema. Este test puede dar positivo en casos severos de MAM sin que todavía se presenten signos y síntomas de ECA. No se han visto casos de ECA sin que el paciente presentara síntomas de MAM.



Edema Pulmonar de Altura (EPA)

El edema pulmonar es completamente diferente del Edema Cerebral; es debido a la vasoconstricción en el lecho vascular pulmonar, resultando en un aumento de la presión de los vasos pulmonares. Esto da como resultado **la acumulación de líquido en los pulmones.**

Síntomas

Al menos dos de los siguientes:

- Disnea (dificultad para respirar) en reposo.
- Tos.
- Debilidad o disminución de la performance al ejercicio.
- Congestión en los pulmones..

Signos

Al menos dos de los siguientes:

- Rales (ruidos en los pulmones) y sonidos de fluidos en el pulmón.
- Cianosis.
- Taquicardia.
- Taquipnea (aumento de la frecuencia respiratoria)

Al principio puede confundirse con una bronquitis o neumonía, pero todo individuo que presente algunos de los signos y/o síntomas que estamos describiendo tiene una **Enfermedad de Montaña hasta que se demuestre lo contrario**. La tos al comienzo es seca para luego ser con catarro. La frecuencia cardiaca es mas de 110 por minuto, la frecuencia respiratoria es mas de 30 por minuto. La cara y las uñas presentan cianosis, los ruidos en el pulmón se pueden escuchar aun sin estetoscopio. Puede escupir sangre. El paciente se torna ataxico (trastorno caracterizado por la disminución de la capacidad de coordinar los movimientos), letárgico o cae en inconciencia. A habido muchas muertes debido a EPA mal diagnosticado, pensando que se trataba de una neumonía. La fatiga severa o intolerancia al ejercicio, nos indica que estamos es presencia de un Edema Pulmonar.



Tanto el Edema Pulmonar como Cerebral de Altura pueden presentarse en forma aislada o conjunta, y ante la sospecha clínica de cualquiera de los dos o de ambos síndromes, no existen dudas respecto a una de las conductas a tomar: **el afectado debe descender !!!!!**.

Bolsa de Gamow

Este ingenioso invento ha revolucionado el campo de tratamiento de las enfermedades de altura. La bolsa es básicamente **una cámara sellada con una bomba**.

La persona se coloca en el interior de la bolsa y la misma se infla. El bombeo llena de aire la bolsa **aumentando la concentración de moléculas de oxígeno** y, por tanto, simula un descenso a menor altitud. En tan sólo 10 minutos la bolsa puede crear una "atmósfera" que corresponde a una que es equivalente a 900 - 1500 m más bajos. Después de un 1-2 horas en la bolsa, la química del cuerpo de la persona se "resetea" a una menor altitud. Esto dura hasta 12 horas fuera de la bolsa, que debería ser suficiente tiempo para que uno se encamine a una altura menor y permita una mayor aclimatación. La bolsa y la bomba pesan alrededor de 6,5 kg y ahora se lleva en la mayoría de las principales expediciones de gran altitud.



Debido a que la presión de trabajo de la cámara es constante, a mayor altura de funcionamiento, el descenso simulado es mayor. Así, en la bolsa de Gamow, a la presión atmosférica hay que sumar 104 mm Hg, y eso corresponde a un descenso simulado cada vez mayor, conforme la presión atmosférica de partida sea más baja, como se ve en los ejemplos de la tabla

metros altura real	mm Hg	mm Hg en cámara	altura simulada
3000	522	626	1555
4200	449	553	2544
4800	417	521	3028
5700	372	476	3741
6900	320	424	4664
7800	286	390	5335



- El ibuprofeno es eficaz en aliviar el dolor de cabeza.
- Nifedipina disminuye rápidamente la presión en la arteria pulmonar y alivia el EPA.
- Respirar oxígeno reduce los efectos de las enfermedades de altura.

Se recomienda que los ambientes donde permanece el personal (sala de control y lugar de descanso) tengan suplemento de Oxígeno.

En la parte exterior de las instalaciones es conveniente que el personal tenga a mano mochilas con Oxígeno

Ídem los vehículos de transporte y deben llevar, además, sistema de comunicaciones, agua, comida y mantas para casos de emergencias.

No se recomienda que el personal permanezca en el sitio mas allá de su turno de trabajo. **Dormir a alturas menores.**



Además, han proliferado algunos conceptos erróneos sobre los efectos de la gran altura y que se han desarrollado en algunos miembros de la comunidad astronómica. Una de ellos es que la aclimatación a la altura protege plenamente a los individuos de los efectos nocivos de la falta de Oxígeno. **La experiencia muestra que es necesario incorporar suplementos de Oxígeno.**

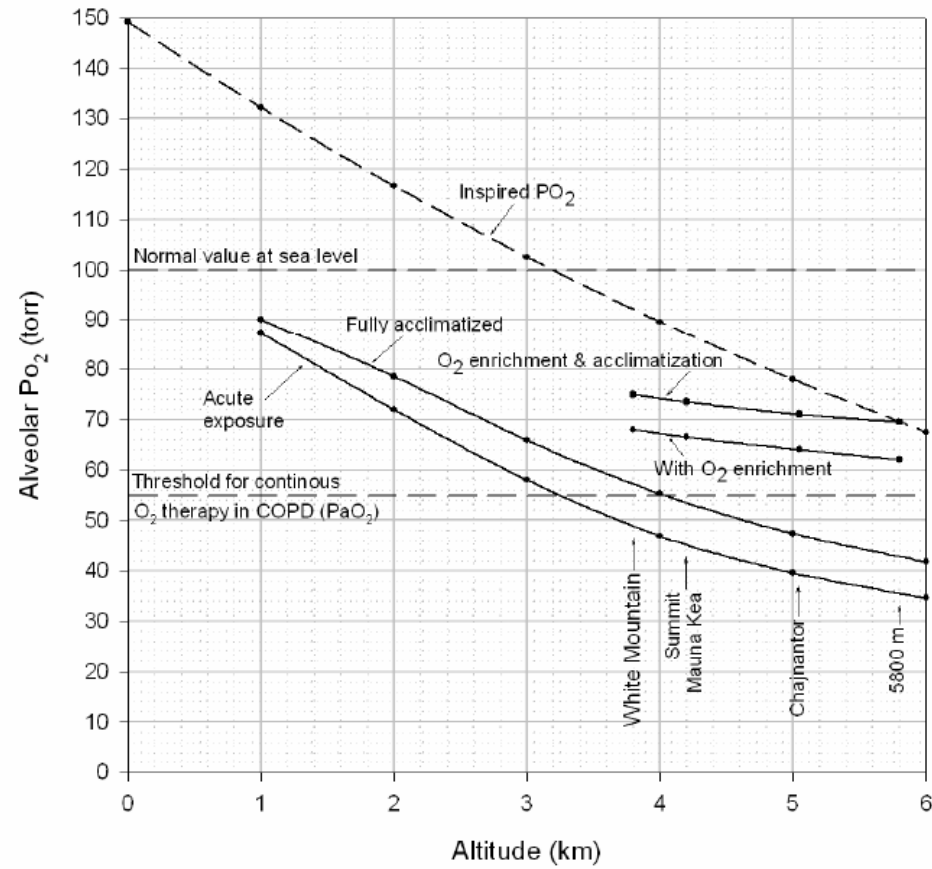
El hecho de que los telescopios estén situados a gran altura, no significa necesariamente que los observadores permanezcan allí. De hecho, la tecnología de observación a distancia es ahora muy sofisticada. Sin embargo, es necesario que las personas estén en el sitio mientras se está construyendo y probando el instrumental del observatorio. En muchos casos una parte del personal será siempre necesaria en el sitio. Por lo tanto, el cuidado de la gente en la altura siempre será importante.

Concentradores de Oxígeno





En el concentrador de Oxígeno, se separan las moléculas de Nitrógeno de las del Oxígeno. Las moléculas de Nitrógeno penetran en los poros de un material adsorbente (silicato de aluminio sintético o zeolita) y son absorbidas por intercambio iónico en la superficie interior de los poros. El Oxígeno molecular, cuyas moléculas son de mayor tamaño que las de Nitrógeno, no penetran en los poros y se redirigen a un tanque interno desde el que se puede retirar a un ritmo de 5 LPM.



Si el Proyecto LLAMA es aprobado, es necesario extremar las medidas de seguridad:

Se debe disponer de un **Protocolo de Normas de Seguridad**, que deben cumplirse sin excepción. En la montaña no podemos improvisar.

Es importante tener una estación base a menor altura donde se encuentren oficinas, laboratorios, etc.

Es importante que, después de un período de pruebas, y asegurada la confiabilidad del sistema, la estación funcione en forma remota.



Podemos resumir lo expuesto en algunas reglas básicas que deben ser aplicadas con carácter imperativo por quienes van a regiones a gran altura sin poner en riesgo su vida y las de sus compañeros:

Conozca bien los síntomas de MAM, reconózcalos y aprenda a darles importancia cuando se presenten.

Nunca ascienda a dormir a una nueva altura si tiene algún síntoma de MAM, por más insignificante que parezca.

Descienda si los síntomas persisten o se agravan en la altura donde se encuentra.



Palabras Finales

El riesgo de enfermedades de Altura puede ser reducido por la aclimatación y la oxigenación.

Ascender despacio, escalar alto, dormir bajo, comer una dieta alta en hidratos de carbono y estar bien hidratado.

