

# RIESGOS MÉDICO-NUTRICIONALES Y PLANIFICACIÓN DIETÉTICA EN EL ALPINISMO

Urdampilleta, A. <sup>1</sup>; Martínez-Sanz, J.M. <sup>2</sup>

1. Departamento de Educación Física y el Deporte. Universidad del País Vasco (UPV-EHU)
2. Programa de Tecnificación de Triatlón. Universidad de Alicante

---

## RESUMEN

El alpinismo es una actividad física de gran arraigo en nuestro entorno, donde cada vez, más personas acuden a realizar expediciones, la mayoría de ellos, sin experiencia. Existen varios factores en la montaña que afecta a la salud nutricional de los alpinistas, como la deshidratación, hiponatremia, disminución del apetito y de la temperatura corporal. Estos factores pueden llevar a desencadenar una patología común en los alpinistas, el mal agudo de montaña, además de ser factores limitantes del rendimiento. Se estima entre 4500-6000kcal, las necesidades nutricionales a cubrir en la montaña, de las cuales el mayor % debe ser a raíz de hidratos de carbono de absorción rápida, a través de alimentos y bebidas fáciles de preparar, puesto que las condiciones ambientales así lo requieren. Se necesita preparar una estricta planificación dietética en la mochila, acorde al peso que los alpinistas puedan llevar en sus mochilas y los recursos que encontramos en los campamentos base y altura. Las expediciones se dividen en 4 fases en las que la planificación dietética será crucial, para cubrir las necesidades nutricionales y disminuir los problemas asociados a los factores que limitan el rendimiento.

**Palabras clave:** alpinismo, asesoramiento nutricional, dieta, suplementos nutricionales, mal agudo de montaña

## ABSTRACT

The alpinism is a physical activity really important in our environment. Every time more people attending expeditions, most of them inexperienced. There are several factors in the mountains affecting the nutritional health of the climbers, such as dehydration, hyponatremia, anorexia and body temperature. These factors can lead a common pathology in the climbers, the acute mountain sickness, besides being performance limiting factors. It is estimated to need between 4500-6000kcal, of which, the largest percent must be carbohydrates of rapid absorption, through easy food and drink to prepare, because environmental conditions requires it. It is necessary planning a strict diet in the backpack, according to the weight that climbers can carry and to the resources found in the base and high altitude camps. The expeditions are divided into 4 phases in which dietary planning is crucial to meet the nutritional needs and to reduce the problems associated with the factors that limit the performance.

**Key Words:** mountaineering, nutrition assesment, diet, dietary suplementes, acute mountain sickness

---

### *Correspondencia:*

Aritz Urdampilleta Otegi.  
Departamento de Educación Física y Deportes  
Facultad de Educación Física y el Deporte (UPV-EHU)  
Portal Lasarte, 71. 01007-Vitoria-Gasteiz (España)  
aritz.urdampilleta@ehu.es

Fecha de recepción: 13/04/2012

Fecha de aceptación: 13/06/2012

## INTRODUCCIÓN

El alpinismo es una actividad física de gran arraigo en nuestro entorno, no obstante, es importante no dejar ningún detalle de improvisación en cuanto a la alimentación e hidratación, ya que en las montañas de elevada altitud hace mucho más frío, viento y los recursos de obtener agua o alimentos son muy limitados. Por todo ello, cobra importancia decidir, el día y/o en qué condiciones se atacará a la cumbre, además de plantear una estrategia dietético-nutricional acorde al cumplimiento de unas bases, que todos los alpinistas deberían de conocer. Esto quiere decir que, la educación alimentaria tiene es trascendental, por su gran influencia en el rendimiento final o en la salud del alpinista (Borm, Van-Roo et al. 2011).

Es importante saber, que cada vez son más turistas los que acuden a montañas, como el Aconcagua (monte más alto de Sudamérica, 6.960m), con la intención de subir a la cima. Muchos de ellos, sin anteriormente tener experiencia. Así, según un estudio observo que el 51% de los turistas que acuden a altas altitudes, no realiza trekking por encima de los 3000m de altitud (Borm, Van-Roo et al. 2011). Las estancias a grandes altitudes inducen grandes cambios a nivel fisiológico, como el aumento de la frecuencia cardiaca, aumento de la presión arterial sistémica y pulmonar, hiperventilación, retención de líquidos, disminución de la saturación de hemoglobina, entre otros (Napolí, 2009), haciendo necesario cuidar estos aspectos, así como la alimentación; para conservar la salud en un medio desconocido para la gran mayoría de los alpinistas (Benso, Broglio et al. 2007).

La deshidratación en las montañas elevadas suele ser muy frecuente, siendo el mayor factor limitante del rendimiento en los alpinistas (Westerterp. 2011). Causa alteraciones hidroelectrolíticas y de la termorregulación, las cuales pueden llevar al fallo muscular en los descensos, y en el caso de tardar mucho tiempo en la ascensión, habrá peligro de congelaciones, debido al frío intenso de las montañas superiores a 4500m (Westerterp, 2001). Es habitual encontrar casos de hiponatremia, al intentar beber muchos líquidos, sin ser mineralizarlos. Con esto podemos resumir que, tanto el déficit o exceso de agua pueden limitar el rendimiento y la salud del alpinista (Knechtle, Knechtle. 2011).

Se ha de tener en cuenta, por una parte, que al descender la temperatura ambiental, especialmente por debajo de 0°C, nuestro organismo necesita aumentar su consumo calórico para proveer sangre caliente a la piel, que se encuentra a bajas temperaturas (entre -10 y -25°C), lo cual hace que la pérdida de peso (especialmente de masa muscular), sea una de las características habituales que se encuentran en estancias superiores a 3 semanas, por encima de los 4500m (Wagner, 2010).

Por otra parte, a grandes altitudes se produce disminución del apetito asociada a un estado de Mal Agudo de Montaña (MAM), caracterizado por cefalea, anorexia,

insomnio, apatía, sensación de fatiga, molestias digestivas, mareos y vértigo (Durmont, Mardirosoff et al. 2000). Otros estudios han observado que la disminución del apetito y pérdida de peso corporal se asocia a la disminución de leptina (Tschop, Strasburger et al, 1998) y aumento de adiponectina (Smith, 2011). Aunque no está claro qué papel juegan estos neuropeptidos a extremas altitudes, ya que no se asocian directamente con la pérdida del apetito (Vats, Singht et al. 2007). Asimismo, se ha observado que a grandes altitudes, se da un aumento de la hormona de crecimiento (GH) y de la tiroxina libre (T3). Estas hormonas pueden ayudar en la pérdida de peso que se aprecia a elevadas altitudes (BensoBroglio et al. 2007).

Hasta ahora se ha creído que a elevadas altitudes, disminuye la absorción intestinal de los nutrientes, especialmente de las grasas, pero es debido a estados diarreicos que se producen en estas condiciones (Kayser et al, 1992), aunque estudios realizados en hipoxia hipobarica, han confirmado que la absorción de los nutrientes a elevadas altitudes es igual (sobre el 92-94%), que a nivel del mar (Westerterp. 2000).

El objetivo de la presente revisión es describir las características y riesgos médico-nutricionales en el alpinismo como base para optimizar la planificación dietético-nutricional.

#### MÉTODO

Se ha realizado un estudio descriptivo de revisión bibliográfica sobre las características y riesgos médico-nutricionales a considerar para la planificación dietético-nutricional y prevención de dichos riesgos en el alpinismo. Para la búsqueda científica se han utilizado las bases de datos Pubmed, Scirus, SportDiscus, Scielo, Embase y Escopus. También se han obtenido documentos a través del motor de búsqueda «Scholar Google» y la estrategia bola de nieve, para poder obtener mayor número de artículos

En la estrategia de búsqueda, se establecieron palabras clave de los descriptores del Medical Subjects Headings (MeSH). Se utilizó «asesoramiento nutricional» OR «dieta» OR «suplementos nutricionales» AND «alpinismo» AND «Mal Agudo de Montaña», como ecuación de búsqueda en Español y «nutrition assesment» OR «diet» OR «dietary supplements» AND «mountaineering» AND «Acute Mountain Sickness» como ecuación de búsqueda en inglés. Se añadió la palabra «mal agudo de montaña»/«acute mountain sickness», aunque no coincidía con los descriptores MeSH, debido a que se trata de una patología que se puede presentar en los alpinistas. La búsqueda bibliográfica se realizó por los dos investigadores por separado. El periodo de búsqueda fue de 1980 a 2012.

Como criterios de inclusión se utilizaron todos los artículos que trataran sobre características dietéticas y nutricionales, efecto y uso de suplementos ergonutricionales y riesgos médicos y nutricionales que se puedan presentar en el alpinista.

Los artículos de mountain bike, sky y snowboard fueron excluidos además de estudios que no tratasen los aspectos mencionados como criterios de inclusión.

En el apartado de resultados, el presente artículo describe los diferentes aspectos y características a considerar en base al objetivo de la revisión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. *Análisis del esfuerzo en la alta montaña, metabolismo energético y necesidades nutricionales*

En estancias superiores a una semana, por encima de los 3000-4000m, las necesidades energético-nutricionales aumentan considerablemente, debido a la hipoxia, frío intenso y actividad física elevada (al subir cuestas y escalar con la mochila a la espalda) (Westerterp and Kayser. 2006). La intensidad de la actividad física, baja considerablemente según la altitud, pero a la vez, el peso de la mochila (>20-30kg) que lleva el alpinista para poder subsistir durante muchos días, hace que la intensidad del esfuerzo aumente considerablemente (Wagner, 2010).

Respecto a la intensidad del esfuerzo en el alpinismo, se camina a una velocidad de 2.7 km/h, teniendo en cuenta diversas condiciones de inclinación, entre 0-10% de cuestas y altitudes entre 3000-8000m (Koehler, Huelsemann et al. 2011). Cuanto más grande sea la inclinación de las cuestas y la altitud, mayor será el gasto calórico y catabolismo proteico, ocasionado por una mayor implicación de la musculatura (Westerterp. 2011). Estudios realizados en la operación Everest II en el año 1985 (Expedición de Investigación Médica de Estados Unidos), observaron consumos de oxígeno (VO<sub>2</sub>) de 15 ml/kg/min (28% del VO<sub>2</sub> al nivel del mar), lo que supone, una gran limitación para realizar actividad física intensa por encima de los 8000m (Wagner, Fargo et al. 2010). No obstante en cuanto al metabolismo energético, el alpinismo presenta una serie de peculiaridades que es imprescindible entender para entender la fisiología de la altitud y vías energéticas utilizadas:

El ejercicio en condiciones de hipoxia conduce a un aumento de la producción de ácido láctico en comparación con el mismo ejercicio ejecutado en condiciones de normoxia, cosa que sucede en situaciones de hipoxia intermitente (Canton and Klawitter. 2001). Sin embargo, después de la aclimatación a la altura (3-7 días), la producción de ácido láctico se atenúa, tanto en el músculo como en la sangre y el organismo hace que las vías de obtención de energía se limiten exclusivamente a que sean aeróbicas con la finalidad que esta sea más eficiente (Boning, Maasen et al. 2001). Este fenómeno ha sido denominado la «paradoja del lactato», y se ha sugerido que es un fenómeno generalizado común a muchas formas de adaptación a la hipoxia. Se han propuesto varios mecanismos para intentar explicar este fenómeno: 1) disminución del flujo glucolítico, 2) disminución de las reservas de glucógeno, 3)

cambios en la capacidad de bufereado, 4) cambios en la eficacia de la contracción muscular y 5) mejora en el acoplamiento entre fosforilación oxidativa y flujo glucolítico (Cerretelli, Marzorati et al. 2009; Wagner. 2009).

Merece especial atención el papel de la capacidad de bufereado o buffering en el control glucolítico, porque está relacionado con el hecho de que una de las principales enzimas limitantes de la velocidad de la glucólisis, la fosfofructokinasa (PFK, en inglés), es inhibida por acidosis (Cerretelli, Marzorati et al. 2009). En la aclimatación a la altura, hay una pérdida de la capacidad de la regulación ácido-base de la sangre, debido a la excreción de HCO que los riñones compensan por alcalosis respiratoria. Esto puede ser compensado en parte por un aumento de la capacidad de bufereado del tejido muscular. En individuos aclimatados, a medida que el ácido láctico se forma durante el ejercicio, hay una caída relativa mayor en el pH sanguíneo para una dada cantidad de ácido láctico producido. Esto, a su vez, produce un descenso del pH celular, autolimitando de esta forma, la glucólisis por inhibición de la PFK (Clanton and Klawitter. 2001).

El transporte de lactato y H<sup>+</sup> a través de las membranas celulares es influenciado diferencialmente en la aclimatación a la alta-altitud (Richalet. 2009). La capacidad total para regular el pHi es mayor en fibras lentas en comparación con las rápidas, lo cual podría explicar en parte la mayor resistencia a la fatiga por parte estas fibras, y den gran interés trabajar estas fibra en el entrenamiento para los alpinistas (Richalet. 2009). Sin embargo el rol del transportador lactato-protón en la regulación del pHi se encuentra comprendida sólo parcialmente y serían necesarias futuras investigaciones.

A la vez, comentar que cuando hay escaladas técnicas de por medio, se da una mayor implicación de la musculatura del tren superior, hace que, aunque el alpinismo sea una actividad prioritariamente aeróbica, hay momentos que requieren de la obtención de energía por vía anaeróbicas aláctica. Además, la realización de una expedición al estilo alpino y sin infraestructura suficiente, hace muy probable que los depósitos de glucógeno estén vacíos por la baja disponibilidad de alimentos y por el aumento del metabolismo glucolítico causado por la hipoxia (Calbet, Robach et al. 2009; Vogt M, Puntschart et al. 2001). Todo ello hace que, el músculo utilice directamente los aminoácidos ramificados (aaR) como sustrato energético (al ser más biodisponibles que la propia grasa corporal) y se active el ciclo de glucosa-alanina, para la gluconeogénesis (Duc, Cassirame et al. 2011) (figura 1).

El hecho de utilizar en mayor medida a como recurso energético, induce a la pérdida de mucha masa muscular (proteólisis inducida por déficit de los depósitos de glucógeno), si no se toman medidas dietético-nutricionales adecuadas (Westerterp and Kayser, 2006).

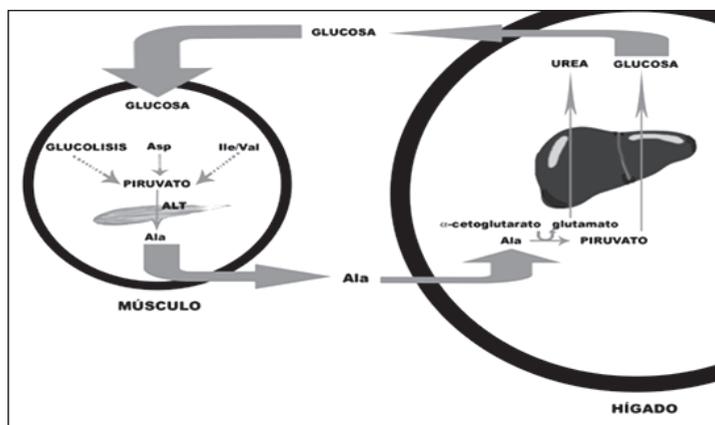


FIGURA 1: Ciclo de glucosa-alanina. Vía utilizada en gran medida en las estancias superiores a 1 semana a gran altitud, induciendo gran proteólisis muscular. Fuente: Urdampilleta, Vicente-Salar et al. 2012

Según esta situación, de catabolismo proteico y déficit de glucógeno, con un aumento desmesurado de ácidos grasos como vía energética principal y situación de hipoxia, podría llevar a una cetoacidosis metabólica, no obstante, cabe decir que según la evidencia científica, no hemos encontrado casos de cetoacidosis en alpinistas saludables, aunque sí que se han encontrado casos en los pacientes diabéticos de tipo I que acudían a elevadas altitudes (Ahmad. 2006; Gutt et al. 2009). Por lo tanto, esto sugiere que con pacientes con diabetes tipo I hemos de llevar un control exhaustivo en cuanto a posibles riesgos médico-nutricionales.

Una situación de frío intenso, hipoxia hipobarica, actividad física aeróbico-anaeróbica (escalada) e implicación de la musculatura del tren inferior y superior, hace que se estimen necesidades nutricionales entre 4500-6000 kcal/día en las ascensiones (Koehler, Huelsemann et al. 2011; Westerterp, Kaiser et al. 1994). También se han hallado estudios en alpinistas, que alegan un gasto de 3000 kcal/día (Mariscal-Arcas, Carvajal et al. 2010), pero el estudio se realizó en el campamento base (4000-4500m de altitud), donde los alpinistas suelen estar reposando la mayoría de su tiempo, con la intención de aclimatarse a la altitud. Investigaciones más recientes estiman un gasto energético de 4944 kcal/día (Koehler, Huelsemann et al. 2011), aunque los alpinistas, tanto por la infraestructura como por la falta de apetito en la altitud no realizan ingestas energéticas mayores a 2250 kcal/día (; Mariscal-Arcas, Carvajal et al. 2010).

El estudio sobre la operación Everest II realizada en 1985, los investigadores observaron una disminución del 9% del peso corporal en estancias a gran altitud durante 3 semanas, con una pérdida del 67% de tejido muscular (Wagner, 2010). Otros autores han observado pérdidas de 10 kg en 3 semanas por encima de los 4500m

de altitud (Koehler, Huelsemann et al. 2011). En un reciente estudio realizado a 3500m en el desierto de Atacama de Chile, con más de 3 semanas de duración, observaron una pérdida de masa grasa y muscular en una proporción de 3/2, respectivamente (Ermolao, Begamin et al. 2011), tal como se observó en la Expedición Everest II (Wagner, 2010). Igualmente se halló, una pérdida considerable en la potencia aeróbica (VO<sub>2</sub>max) después de la estancia (Ermolao, Begamin et al. 2011).

Como mencionamos anteriormente, el macronutriente ideal son los hidratos de carbono (HC), a pesar de realizar una dieta hipocalórica y baja en proteínas (Fulco, Kambis et al. 2005). En el estudio de Mariscal-Arcas y colaboradores (2010), observó que la proporción de macronutrientes de 2833 kcal/día que ingerían los alpinistas durante una estancia en campamento base a 4500m, no era la recomendada, ya que realizaban una ingesta baja en HC (39-42%) y alta en proteínas (1.5-2.5g por kg/peso corporal). Al ser el alpinismo, un deporte de resistencia aeróbica de larga duración, la ingesta mínima proteica recomendable según la evidencia, debería de ser 1.2g/kg de masa corporal (Urdampilleta, Vicente-Salar et al. 2012). Es mejor aumentar la cantidad de calorías en forma de HC, al tener menos efecto térmico, ayudar a mantener los depósitos de glucógeno muscular altos y en consecuencia, menor catabolismo proteico (Westerterp, 2011). Algunos estudios recomiendan una alta ingesta de HC para prevenir el MAM (Lawless, Dillard et al. 1999). El razonamiento es que la ingestión de carbohidratos aumenta la producción de CO<sub>2</sub>, que a su vez, estimula una frecuencia mayor de respiración (Lawless, Dillard et al. 1999). Sin embargo, otros estudios contradicen dicho razonamiento, al ser insignificante la producción de CO<sub>2</sub> por la ingesta de HC (Swenson, MacDonald et al. 1997).

Los investigadores alegan que es imposible hacer una ingesta de 6000 kcal/día en campamentos ubicados a más de 4500m de altitud, porque la infraestructura no lo permite y hay limitaciones en la disponibilidad de alimentos (Wagner. 2010). Es por ello, que los alimentos cuyo aporte mayoritario son las grasas (principalmente de tipo monoinsaturado como el aceite de oliva), pueden ser muy eficaces para aumentar la ingesta energética y cantidad de alimentos (Westerterp and Kayser, 2006). Al contrario que con las proteínas, pues requieren más esfuerzo para ser digeridas, reducen el apetito (Acheson, 2011), producen saciedad (Veldhors, Westerterp et al. 2012) y han demostrado que ayudan en la pérdida de peso (Westerterp. 2012).

Como norma general a altas altitudes nos podemos encontrar con las siguientes situaciones:

TABLA 1  
Hábitos alimentarios en las montañas elevadas y sus consecuencias (elaboración propia)

Hábitos alimentarios a altas altitudes	Necesidades e ingestas habituales	Consecuencias
Ingestas energéticas reducidas respecto a las necesidades	De las 4900-6000 kcal/ día necesarias (Koehler, Huelsemann et al. 2011; Wagner. 2010; Westerterp. 2011), se realizan ingestas de 2500-3000 kcal/día (Mariscal-Arcas, Carbajal et al. 2010).	Pérdida de peso corporal. Aumento de proteólisis. (Ermolao, Bergamín. 2011; Wagner. 2010).
Baja cantidad de ingesta de HC y alta en proteínas	Se ha observado que mantener alta ingesta en HC es lo mejor en el alpinismo (Fulco, Kambis et al. 2005; Westerterp and Kayser. 2006). Ingesta adicionales (+3,5g HC/Kg de peso corporal) a partir de 5000m de altitud aumentan considerablemente el rendimiento final (Oliver, Golja et al. 2012). La ingesta energética proveniente de los HC en las expediciones apenas llega a ser del 39-42%, y esto no es suficiente (Koehler, Huelsemann et al. 2011; Mariscal-Arcas, 2010).	Una ingesta baja en HC y alta en proteínas, lleva que se disminuyan rápidamente los depósitos de glucógeno y aumente el ciclo de glucosa-alanina, llevando a una proteólisis muscular elevada, gran pérdida de peso corporal (Westerterp y Kayser. 2006) hasta un 9% en tan sólo 3 semanas , con una pérdida del 67% de masa muscular Una ingesta demasiado elevado en proteínas aumenta la termogénesis, que induce a una mayor pérdida de peso en la montaña (Acheson, Blondel-Lubrano et al. 2011)
Grandes ingestas de alimentos grasos en los campamentos base	Se han observado ingestas energéticas de un 37% provenientes de las grasas, especialmente saturadas (Mariscal-Arcas, Carvajal. 2010). No deberían superar un 30-35%, donde el 15-20% provenga de los ácidos grasos monoinsaturados (Kechijan. 2011).	Los alimentos grasos a altas altitudes no está seguro que cause de por sí mala digestión pero sí que produce más diarreas, pudiendo llevar a una deshidratación (Kaiser, Acheson et al. 1992). Al ser su absorción mucho más lenta que os HC (azúcares) hace que en la montaña, solamente sea recomendable su toma a las noches, cuando hay suficiente tiempo para su absorción total (Westerterp. 2011).
Demasiada toma de líquidos sin mineralizar (tés, cafés y agua)	Se ha estudiado que a los 4500m, se necesita la toma de 4,5-6l/día (Westerterp. 2011).	Beber demasiada agua sin ser isotónica, puede llevar a casos de hiponatremia. La retención de líquidos es una causa del MAM que empeora con la toma excesiva de líquidos (Westerterp. 2011).

## 2. Mal Agudo de Montaña: Aspecto a tener en cuenta para la planificación dietética

Cuando se duerme por encima de 4000m es habitual padecer MAM, (Durmont, Mardirosoff et al. 2000; Shukla, Singh et al. 2005). Típicamente los síntomas del

MAM se desarrollan durante las primeras 6-10 horas de ascensión y presentan un pico en el segundo o tercer día de estancia (Hackett y Roach, 2001).

La incidencia del MAM es variable, pero relativamente alta. En altitudes entre los 4.000 y 5.800m afecta a un 67% de los sujetos, con un rango entre el 25 y el 100% (Dumont, Mardirosoff et al. 2000; Wagner, Fargo et al. 2006). El riesgo de padecer MAM depende de la altura a la que se asciende, de la velocidad de ascensión, de anteriores exposiciones a grandes alturas y de la susceptibilidad individual, siendo su prevalencia más alta en personas que viven a alturas inferiores a 500 m (Serrano-Dueñas. 2000).

Controlar el MAM en la montaña es muy importante desde el punto de vista alimentario y estado nutricional, ya que los que tienen menores puntuaciones en la Escala de Lago Louise (escala que se utiliza internacionalmente para medir la sintomatología del MAM) (Savourey, Guinet et al. 1995), ver tabla 2, podrán ingerir más alimentos. En la actualidad han empezado a utilizar otras escalas como Visual Analogue Scores, para determinar posibles ingestas de alimentos en altitud (Hext, Stubbings et al. 2011).

Por ello, antes de acudir a la montaña, hay que realizar entrenamientos específicos en situaciones variables de hipoxia, para prevenir en gran medida el MAM y aclimatar al alpinista. Actualmente se están investigando estrategias de pre-acondicionamiento hipóxico, realizando ejercicio físico en situaciones de hipoxia intermitente normobárica (Urdampilleta, Gómez-Zorita et al.2012; Stephen, 2010). Según los estudios, se necesitarán realizar 12 sesiones de hipoxia de una hora duración, a 500m por encima de la altitud que se pretende dormir en el campamento base (Muza. 2007).

Si el MAM no lo controlamos adecuadamente, puede derivar en un edema cerebral y riesgo de muerte. En esta situación el alpinista no es consciente, esta desorientación y no coordina adecuadamente, llevando a cualquier fallo que provoque un accidente grave (Schommer y Bartsch. 2011).

Los estímulos de hipoxia intermitente o entrenamientos-estancias en altitud (2000-3000m), son muy utilizados en atletas, especialmente de resistencia aeróbica para aumentar el rendimiento físico (Derby, 2010) y capacidad de recuperación (Urdampilleta, Gómez-Zorita et al, 2012). Hay estudios que han demostrado que los alpinistas que padecen MAM, retienen más líquidos (observándose hinchazón en la cara o las manos) (Nerin, Palop et al. 2006). Ante esto, se ha probado la hipótesis de si una ingesta mayor en líquidos puede reducir el MAM. En un estudio realizado con militares, probaron las diferencias que se obtenían de la toma de 4.7 litros (L) y 2.8L. Observaron que los que padecían MAM tenían una menor producción de orina (1.3 L/día) respecto a los que no lo padecían (1.7 L/día), pero el beber más, no ayudó a mejorar el MAM (Nerin, Palop et al. 2006).

Ante esta situación, muchos alpinistas utilizan fármacos con la intención de evitar la respuesta natural del organismo y siguen subiendo de altitud, aunque realmente enmascaran los síntomas (Durmont, Mardirosoff et al. 2000). A altitudes elevadas, la situación puede agravarse (edema pulmonar o cerebral) y los medicamentos no resultan ser de utilidad (Durmont, Mardirosoff et al. 2000).

### 3. *Riesgos nutricionales y médicos*

En reciente estudio realizado en alpinistas, observo mediante la expresión génica y proteica de la función mitocondrial que, en las exposiciones hasta los 5300m no se asocia ninguna pérdida mitocondrial. No obstante en 4 semanas de exposición por encima de los 6000m de altitud, la densidad mitocondrial se redujo en un 21%. Según el estudio, la pérdida de la densidad mitocondrial esté asociado a la pérdida muscular de los alpinistas, siendo prioridad la eficiencia metabólica a partir de ciertos estados de déficit energético crónico (Levett, Radford et al. 2012).

La pérdida excesiva de agua, debido a la humedad relativa, contrastes bruscos de temperatura entre el día y la noche, hiperventilación debido a la hipoxia o altitud, intensidad del ejercicio aumentado por llevar mochila con peso, las pendientes y el aumento de la frecuencia cardíaca durante la actividad física, hacen que sean necesario la toma de 1 litro de agua/hora durante el día (especialmente durante la actividad), a >4000m de altitud (Westerterp, Kayser et al. 1994). El hecho de hiperventilar hace que tengamos una tendencia mayor a la deshidratación (Speedy, Noakes et al. 1999). Es por ello que la deshidratación sea uno de los riesgos nutricionales más relevantes que deberá atender el dietista-nutricionista en los alpinistas.

Cabe destacar que, cuando las pérdidas de líquidos no se reponen, el volumen sanguíneo disminuye, aumentando en consecuencia la frecuencia cardíaca. Esto hace que el organismo sea menos eficiente (trabaja y consume más energía). A la vez, una disminución del volumen sanguíneo total en el organismo supone que las partes más frías de este (nariz, orejas o pies) sean más susceptibles a padecer congelaciones (frecuente en expediciones a 8000m).

Desde el punto de vista nutricional, un correcto equilibrio hidroelectrolítico resulta crítico para el mantenimiento de la salud en la actividad alpinística y optimizar el rendimiento deportivo durante el ejercicio (Reherer. 2001).

El déficit de sodio y/o una excesiva ingesta de líquido sin sales en el alpinismo, puede ser un factor desencadenante de hiponatremia. Las altas ingestas de agua que se requieren en esta actividad, hace que si no se aportan suficientes sales junto a la bebida (toma de bebida isotónica, con proporciones adecuadas de sales e HC) (Palacios, 2008), puede desencadenar este problema (Westerterp. 2011). Según los estu-

dios realizados con atletas de resistencia de larga duración, la sal que más se pierde es el sodio (Na) (Mena, Maynar et al. 1988) (tabla 2). Cuando se realiza actividad física, se necesitan de 0.5-0.7g Na/L de bebida isotónica y después de ella, unos 0.7-1 g de Na/L (Maughan and Shirreffs. 2010; Shirreffs and Sawka, 2011) (tabla 3).

TABLA 2  
Concentraciones iónicas antes y después de una vuelta ciclista de 4 días de duración  
(Mena, Maynar et al. 1988)

Parámetro (mEq/l)	Concentración Inicial	Concentración Final	Nivel Sig.
<b>Sodio</b>	<b>158,00</b>	<b>151,69</b>	<b>P &lt; 0001</b>
Potasio	4,37	9,55	P < 0001
Cloro	101,80	101,80	n.s.

TABLA 3  
Composición de bebidas isotónicas para tomar durante la actividad física en la montaña y después del cese de la actividad, para la recarga de glucógeno muscular y electrolitos (elaboración propia)

Características de la bebida	Bebida Isotónica para tomar durante la actividad física	Bebida de reposición post ejercicio (Reposición de fluidos y glucógeno muscular)
	0.7-0.9 L/h Volumen (L/h) (Wagner.2010)	0.7-1 L/h (Koehler, Huelsemann et al. 2011; Westerterp, Meijer et al.2010)
Frecuencia de la toma	Cada 20´ (250-300ml)	Cada 15-20´ (250-350ml)
HC %	6-7 % (Maughan and Shirreffs. 2010)	8-10 % (Maughan and Shirreffs. 2010)
[Na]	0.5-0.7 g/l (Shirreffs and Sawka, 2011)	0.7-1.1 g/l (Shirreffs and Sawka, 2011)
Toma de HC en total	40-60g/ h Según actividad y altitud. A más altitud, mayor cantidad de HC (Westerterp. 2011)	1-1.2 g/ kg En las 2 primeras horas) Recomendable mezclar con proteínas hidrolizadas y aaR, en proporción HC/P =4/1. (Urdampilleta, Vicente-Salar et al, 2012)
Temperatura de la bebida	10-15°C En los campamentos base (4000-4500m) aconsejable echar, hielo a la bebida para mantener fresca la bebida ya que hace mucho calor de día (25-35°C)	10-15°C
Recomendaciones	Llevar un camelback para meter dentro hielo. Forrar el tubo del camelback para que no se caliente o de congele la bebida. En los campamentos de altura meter la bebida dentro del pecho, para que nos e congele.	Llevar hidrolizado de proteínas de suero se forma de polvos, para preparar la bebida de reposición. Los aaR después de la actividad física pueden son eficaces para la recuperación muscular (Urdampilleta, Vicenete-Salar et al. 2012)

El déficit de hierro (Fe) también será una de los riesgos nutricionales que se tienen que suplir en las estancias superiores a 2 semanas, porque la dieta del alpinista es deficitaria en energía y proteínas de origen animal. Una correcta cantidad de Fe es importante para la síntesis de nuevos glóbulos rojos (Wagner. 2010). Se podrán aportar pocos alimentos que contengan Fe hemo (hígado, carne roja, berberechos, mejillones, entre otros) y se sabe que el Fe hemo se absorbe un 30%, con factores favorecedores (ingesta suficiente de carne) (Urdampilleta, Martínez-Sanz et al, 2010). El Fe no hemo se absorbe aproximadamente un 8%, con factores favorecedores y eliminando los inhibidores (calcio de los lácteos, fitatos de los cereales y frutos secos, y/o taninos del café y té) (Urdampilleta, Martínez-Sanz et al, 2010).

La solución a este problema, según las investigaciones, es que se puede reducir con la toma de Fe farmacológico y bebidas enriquecidas en vitamina C para aportar y absorber Fe suficiente, considerando las siguientes indicaciones: 1) toma de Fe farmacológico en ayunas y en presencia de la vitamina C, 2). No ingerir seguidamente lácteos (leche en polvo), café o té, para no inhibir la correcta absorción de Fe (Urdampilleta, Martínez-Sanz et al. 2010).

En estados hipoxicos, la eritropoyetina (EPO) aumenta, especialmente en los primeros 3-7 días de aclimatación. Si aportamos la cantidad suficiente de hierro, éste podrá intervenir directamente en la síntesis de nuevos glóbulos rojos (Smith, Cianflone et al. 2011).

Con respecto a los problemas médicos que se dan en expediciones por encima de los 8000m, se han descrito elevaciones de la presión arterial pulmonar sistólica (PAPS), disfunción ventricular derecha y cierta disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, causado por la baja presión de oxígeno que encontramos por encima de los 3000 metros de altitud. Dichas alteraciones suelen ser reversibles en las primeras 24 horas tras el descenso, considerándose no patológicas. No se han descrito repercusiones cardiovasculares en alpinistas en estancias de 30 días por encima de 5000 metros. Es necesario realizar más número de investigaciones con una mayor muestra (>6 alpinista) (Stachurska et al, 2009). Además, en esta altitud junto con una estancia media de 3-4 semanas, produce un déficit energético que conlleva a una desnutrición proteica y una disminución de las proteínas plasmáticas en el alpinista (Westerterp y Kayser. 2006). En estancias prolongadas y altitudes extremas, también se produce el llamado «choque hipovolémico». Se trata de un desequilibrio entre el continente y contenido del árbol vascular, causado por una disminución de la volemia. Puede deberse a la pérdida de la masa hemática (choque hemorrágico) o a la pérdida de algunos de los componentes plasmáticos (agua, electrolitos y proteínas) (Strapazzon, Procter et al. 2011). La consecuencia, es una disminución del aporte de O<sub>2</sub> a los tejidos que puede generar acidosis metabólica. La disminución del es-

pacio extracelular produce una disminución del volumen plasmático, presión hidrostática capilar, filtrado glomerular, diuresis, con tendencia a la retención de agua y sodio (Strapazzon, Procter et al. 2011). Por todo lo mencionado, durante este tipo de estancias, se observan casos de edema en la cara, manos, edema cerebral o pulmonar (Drew, Colleran et al. 2011; Strapazzon, Procter et al. 2011). Esta situación podría mejorarse con un aumento de la ingesta de HC en la dieta (Bou-rilhon, 2010).

También se ha observado una patología llamada Mal Crónico de Montaña (MCM) o Enfermedad de Monge, que afecta a nativos o residentes de altura (Chile, Bolibia o Perú), por encima de los 4000m. Los signos más comunes son: cianosis intermitente o permanente, dilatación de las venas de las manos y pies, los signos más incapacitantes están en relación con el sistema nervioso central. La presencia de hipertrofia cardíaca derecha debida a una excesiva hipertensión arterial pulmonar es característica de las etapas más avanzadas de la enfermedad. La patología está basado en la heritrocitosis excesiva y desaparece con el traslado del paciente a la altura del mar (Monge, 1992).

#### 4. *Suplementos ergonutricionales y fármacos utilizados en el alpinismo*

La ergonutrición en el alpinismo, se centra especialmente en los suplementos o fármacos para reducir posibles carencias nutricionales y prevenir o tratar el MAM.

Respecto a las carencias nutricionales, los más habituales que podemos encontrar son, el déficit de HC, vitaminas hidrosolubles (por la poca variedad en la alimentación de los alpinistas) y minerales importantes como el calcio, magnesio o hierro (Westerterp. 2011). Se ha observado una hemólisis en las competiciones de larga distancia en la montaña, que genera una mayor pérdida de hierro, por posibles microtraumatismos contra el pavimento (Robach, Boisson, 2012). Además estados hipoxicos hacen que para la heritropoyesis sea necesario una ingesta añadida de hierro (Westerterp, Meijer et al. 2000).

Las vitaminas liposolubles son esenciales, especialmente la vitamina E, debido al déficit energético e ingesta de alimentos que aporten grasas. Para solventar dicho problema, se recomienda hacer una carga de vitaminas antes de acudir a la montaña (Westerterp. 2011). Al ser liposolubles, se pueden almacenar en el tejido graso, no siendo necesaria su toma durante la estancia en la montaña, Al contrario que las vitaminas hidrosolubles y minerales que se deben tomar diariamente (Kechijan. 2011). Estudios recientes sugieren que la altura puede causar una deficiencia en la respuesta antioxidante de adaptación (Mariggio, Falone et al. 2010) y en consecuencia se aconseja tomar vitamina E farmacológica durante 3-4 semanas anteriores a la expedición (400 IU/día).

En un estudio realizado con 13 alpinistas (la mitad fueron control) y se observó que los alpinistas que tomaron 200 UI de vitamina E durante 4 semanas, tuvieron menos procesos inflamatorios agudos (medido a través de la proteína C reactiva). Por otra parte el grupo control tuvo un aumento mayor de hematocrito, cosa que no interesa en el alpinismo ya que hay mayor posibilidad de coagulaciones y se pierde en mayor medida la fluidez sanguínea (Simon-Shnass and Komiszewsky. 1990). A la vez se ha observado que la toma de vitamina E en la montaña disminuye la peroxidación lipídica (Simon-Shnass and Pabst. 1988).

Otro estudio a doble ciego de Bailey y Davies (2001), realizado con 18 alpinistas que escalaron al campamento base del Monte Everest, observó que el uso de un suplemento vitamínico antioxidante diario (que proporciona 1.000 mg de vitamina C, 400 IU de vitamina E y 600 mg de ácido lipoico) mejoraba de manera significativa el MAM en comparación con el placebo (Bailey y Davies, 2001). El tratamiento se inició tres semanas antes del ascenso y continuó durante los 10 días de escalada. No obstante, las últimas investigaciones se posicionan en contra de que los antioxidantes mejoren el MAM (Bailie, Thompson et al. 2009), y no mejoran el daño oxidativo producido a altas altitudes en situaciones de déficit energético (Subundhi, Jacobs et al. 2004).

Las dosis máximas tolerables en cuanto las vitaminas liposolubles son las siguientes en el colectivo deportivo (Whiting y Barabasch. 2006): Vitamina E: prácticamente atóxica. 1000 mg/d (cualquier forma de un-tocoferol obtenido a partir suplementos y (o) los alimentos enriquecidos), Vitamina D 50 µg/d (desde todas las fuentes dietarias), Vitamina A 3000 µg/d (fuentes animales) y respecto a los minerales: Hierro 45mg/día de todas las fuentes (hemo y no hemo). El hierro en exceso en la célula no puede permanecer libre para evitar su toxicidad y se almacena como ferritina, no obstante hay que andar con cuidado con deportistas susceptibles. Las personas con hemocromatosis hereditaria, alcoholismo crónico, alcohólico cirrosis y otras enfermedades del hígado, la carga de hierro (Muñoz, Hoyos et al. 2010).

Por otra parte, actualmente no existen tratamientos naturales bien documentados para el MAM, pero existen algunas opciones prometedoras:

Algunos autores recomiendan suplementes ergonutricionales para afrontar el MAM como el ginkgo biloba (ginkgo) (Chou, Broine et al. 2005; Gertsch, Lipman et al. 2002). Un ensayo clínico de doble ciego controlado por placebo en 26 individuos halló que, comenzar la ingesta de ginkgo el día anterior a un ascenso rápido, reducía de manera significativa los síntomas del MAM (Gertsch, Lipman et al. 2002). Otro estudio controlado por placebo con 44 alpinistas en una expedición a los Himalayas, encontró que tomar 160 mg/día de extracto de ginkgo durante los cinco días anteriores a un ascenso gradual, también reducen los síntomas y ayuda a redu-

cir los síntomas de exposición a las temperaturas frías, como el dolor, el entumecimiento y la rigidez en los dedos de las manos y de los pies (Roncin, Schwartz et al. 1996).

Parece ser que la más eficaz para afrontar el MAM es el fármaco acetozalamida (Edemox) (Luks, McItosch et al. 2010). Observándose que puede mejorar la oxigenación cerebral en las estancias a altitudes elevadas y mejorar las capacidades psicomotoras y de toma de decisiones en momentos puntuales (Vuyk, Van Den Vos et al. 2006). Pero su uso se debe limitar a los días de preaclimatación (sobre todo en ascensiones rápidas), pues una vez aclimatado a la altitud, no es efectivo (Vuyk, Van Den Vos et al. 2006).

La nipedifina o el sildenafil (viagra), salmeterol, o inhibidores de fosfodiesterasa (Luks, 2010) han resultado ser eficaces para el tratamiento del edema pulmonar, de igual modo que se han encontrado posibles efectos beneficiosos del óxido nítrico inhalado (Bailei, Thompson et al. 2010).

El Ibuprofeno y el ácido acetil salicílico, se utilizan como tratamiento farmacológico para el dolor de cabeza que genera el MAM (Gertsch, Lipman et al. 2010).

Aunque se requieren de más investigaciones específicas de campo, para afrontar adecuadamente la aclimatación a la altitud y prevenir el MAM, no se recomienda la toma de café a dosis >200mg, alcohol y/o alimentos salados, por su efecto en la deshidratación, aumento de retención de líquidos o de la tensión arterial (Ermolao, Bergamin et al. 2011).

##### 5. *Planificación dietética*

La hidratación es el objetivo prioritario en la planificación dietética, aunque se establezca un déficit energético-nutricional (Westerterp. 2011).

En el campamento base, para compensar el aumento del catabolismo proteico por encima de los 4000m, se deben tomar las proteínas en su forma hidrolizada y/o aa, junto con HC de rápida absorción (Oliver SJ, Golja et al. 2012). Salvo en el campamento de altura, ya que carecen de interés por su consumo elevado de oxígeno (100g de proteínas consumen 20 moles de oxígeno), que dificulta la asimilación de alimentos proteicos por parte del organismo (Westerterp, 2006).

Para aumentar la ingesta energética de la dieta y tenga cierta palatabilidad, puede ser adecuado la toma de grasas, preferentemente de tipo monoinsaturada (Westerterp. 2011).

Las últimas investigaciones, no encuentran diferencias significativas en el rendimiento y mantenimiento del peso corporal al utilizar, en las expediciones, una dieta alta en proteínas (30-35% de la ingesta energética) o muy alta en HC (68% de la energía), por la posibilidad de carencias (Bourrilhon, Lepers et al. 2010). No obstante se ha visto, que a una dieta típica de deportistas (HC/P/ G: 55-60/ 15%/ 25-

30%) añadiendo 3.5 g HC/kg de peso corporal aumenta el rendimiento en los campamentos en altura (Oliver SJ, Golja et al. 2012). Otros investigadores alegan que mantener una ingesta proteica mínima de 1.2 g/kg de peso corporal y aumentando la ingesta de HC en la dieta (todo lo posible), se obtienen los mejores resultados en cuanto al mantenimiento de la masa muscular y aumentar el rendimiento en los campamentos de altura (Westerterp. 2011).

Por otra parte, es necesario realizar frecuentes ingestas de alimentos, que ayudarán en la termorregulación corporal y mantenimiento de la hidratación (Westerterp and Kayser. 2006).

Las condiciones que limitan la elección de los alimentos en la montaña, ayudarán a la planificación dietético-nutricional:

- a) Actividad físico-deportiva (trekking o ejercicio mixto, andar + escalada).
- b) Tipo de campamento e infraestructura que disponible (cocinero, arrieros, porteadores...). Esto es crucial, ya que depende de ello, el alpinista tendrá que comprometer y ser muy consciente de la alimentación o dejarlo en manos de un grupo que se encargué de ello. En las expediciones comerciales, el grupo suele llevar un equipo para encargarse de estos conceptos, pero aunque sea más fácil de esta manera, si se asesora adecuadamente al alpinista, se puede individualizar mucho más la alimentación.
- c) Duración de la actividad física.
- d) Altitud y latitud de la zona. La altitud y la latitud pueden tener influencia en la presión barométrica e hipoxia y la temperatura de la zona geográfica.
- e) Época del año. Depende de esto tendremos que planificar o estructurar una infraestructura u otra, y la alimentación también puede variar, así como la ingesta de líquidos.
- f) Condición física, aclimatación al calor y susceptibilidad a la hipoxia (el que tenga MAM, tendrá disminuido el apetito y será casi imposible llevar una alimentación adecuada).
- g) Composición corporal del alpinista. Tradicionalmente se ha dicho que a la montaña hay que ir con el peso por encima de lo normal, no obstante, un aumento de grasa corporal sería cuestionable: porque un cuerpo más graso tienes menos capacidad de retener agua y un aumento de peso (tanto de músculo así como de grasa), supone un mayor gasto energético.

Varios investigadores alegan que la dieta del alpinista ha de modificarse según fases y altitudes, al establecerse diferentes objetivos, actividad física y estrés (Westerterp and Kayser. 2006; Westerterp. 2011). Por todo ello, las estrategias dietético-nutricionales serán cruciales.

Las expediciones a grandes altitudes, se dividen en cuatro fases: 1) Aproximación al campamento base, 2) Aclimatación a la altitud, 3) Campamento de altura y 4) Ataque a cumbre. Se aconseja que 3-4 semanas anteriores a la expedición, el alpinista realice una dieta alta en proteínas y tome ciertos suplementos que le serán de ayuda (tabla 4):

TABLA 4  
Dieta previa, antes de que acudan a la expedición (elaboración propia)

<b>Dieta:</b>	
Energía	2500-3500 kcal/ día
Proporción de macronutrientes	HC/ P/ G: 55-60%/15%/ 25-30% (Kechijan. 2011; Westerterp. 2011)
<b>Suplementación:</b>	
Minerales	Hierro: 40-80 mg/ día (Hemplex= 40 mg Fe + favorecedores de la absorción, vitamina C) (Kechijan. 2011) Ca: 1000-1200 mg/ día (Calcio Sandoz, ½ pastilla, 500 mg) (Kechijan. 2011)
Vitaminas liposolubles	Vitamina E: 200-400 UI/ día (Auxina =200-400 UI vitamina E) (Mariggio, Falone et al. 2010)

### 5.1. Aproximación al campamento base (Nivel del mar >4000m)

La aproximación al campamento base suele ser muy dura ya que los alpinistas transportan mucha cantidad de peso en la mochila (20-30kg) y la temperatura por debajo de los 4000m de altitud en la temporada de ascensiones en los andes suelen ser muy calurosas (25-35°C) durante el día y a las noches baja la temperatura de 0°C.

En este caso la alimentación ha de ser muy rica en HC y la hidratación es crucial, así como en los deportes de resistencia de larga duración. Es conveniente la toma de entre 0.7-0.9 l/h, de bebida isotónica (con un 6-7% de HC y 0.5-0.7 g de Na) y entre 40-60g de HC/h de rápida absorción, mediante fruta secada, barritas energéticas o geles de rápida absorción (Wagner. 2010; Westerterp, Kayser et al. 2006) (ver tabla 3).

TABLA 5  
Propuesta dietética para la marcha de aproximación (elaboración propia).

	HORA	ALIMENTOS	KCAL	LÍQUIDOS
DESAYUNO	7:00-8:00	Leche en polvo completa con cola-cao Copos de avena, tostadas dextrinada con mermelada o miel Café/ Té con Ginseng + fructosa	600.40	20-30´ Antes del desayuno 500ml agua (o infusiones) + Suple. Fe en ayunas
DURANTE LA MARCHA	9.00-17:00 TREKKING (6-7 h) Tempempiés cada 2 horas	Fruta desecada, picos de membrillo, frutos secos salados, cereales (barritas como muesli), galletas saladas	414.10	Bebida Isotónica al 6% HC (0.7-0.9l/ hora)
MERIENDA (Post ejercicio)	17.00-18.00	Leche desnatada en polvo, mezclado con zumo (polvos azucarados)	282.50	500 ml + recuperar el peso perdido con Bebida Isotónica con HC al 8-10% y aumentando sodio (0.7-0.1g/ l). Añadir un poco de proteínas a la bebida, en proporción HC/P, 4/1.
CENA	21:00	Sopa de pasta instantáneo, puré de patatas con aceite de oliva Jamón serrano, huevos enteros en polvo, queso Arroz con leche, cola cao con leche Tostadas con mermelada Pan dextrinado	1176.46	
Suplementos	Minerales (Prioritariamente: Mg, Ca y Fe) Vitaminas hidrosolubles	Fe + vitaminas Ca Mg	40-80 mg 1000 mg 300 mg	Hemaplex (1 pastilla) Calcio Sandoz (1 eervescente)  Magnogene (1 pastilla)

Nota: Datos obtenidos de la tabla de composición de alimentos del CESNID, mediante el software Easy Diet de la Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas (AEDN)

Nota 2: En este caso se suele pasar por pueblos de los andes o de Himalaya en la que se suele encontrar comida típica de los pueblos, lo cual tenemos que tener en cuenta los alimentos disponible o más utilizados y seleccionar los más adecuados

### 5.2. *Aclimatación a la altitud: Campamento Base (4000-5000m)*

Se realiza una estancia de entre 7-10 días, con el objetivo de aclimatarse. La investigaciones alegan que se necesitan entre 3-7 días para producir un aclimata-

ción, según susceptibilidad individual a la hipoxia (Muza. 2007), pudiéndose acortar si se un acondicionamiento físico previo en situaciones de hipoxia normobárica (Stephen, Muza et al. 2010).

Desde el punto de vista dietético-nutricional, es el campamento con más infraestructura disponible (más alimentos), aunque el alpinista sufre el MAM y su apetito estará mermado (Hackett and Roach, 2001). Las recomendaciones dietéticas se basan en: una ingesta alta el HC e hidratación adecuada (4-6 litros de líquidos/día), siendo lo más importante está última (Westerterp, 2011). Una vez que empiezan a desaparecer los síntomas del MAM (3-7 días), es necesario ingerir alimentos proteicos de alto valor biológico, para afrontar mejor las fases de campamentos de altura (Kechijan. 2011. A continuación se muestran las tablas 6 y 7, los aspectos importantes en la planificación dietética.

TABLA 6  
Propuesta de alimentos y distribución energética para el campamento base  
(elaboración propia).

	ALIMENTOS	% DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA/ DÍA
Objetivo	Reponer todo el glucógeno muscular que se pueda y mantener bien hidratado.	
Estrategia dietético-nutricional	Comer alimentos con muchos HC de alto índice glucémico (IG) y beber mucha agua, preferiblemente bebida isotónica, para aportar energía y minerales (Palacios, Franco et al. 2008).	
DESAYUNO	Tostadas con mermelada o miel Leche en polvo con cola-cao Copos de avena con salvado Rodaja de jamón serrano 2 Tés o cafés largos + fructosa (absorción lenta)	20%
ALMUERZO	Fruta secada/ galletas dulces Bebida Isotónica (6-7%HC) (0.7-0.9 l/h)	15%
COMIDA	Sopa de verduras con arroz-maíz Plato de pasta/arroz con jamón/queso/atún Pan tostado Leche con cola-cao + galletas	25%
MERIENDA Post ejercicio	Frutos secos/ galletas saladas Bebida Isotónica (8-10%HC) (0.7-1 l/h)	15%
CENA	Sopa de arroz o fideos Crema de maíz/arroz Pan tostado 2 latas de atún en aceite de oliva Queso con dulce de membrillo	25%
Observaciones	Para retener 1g de glucógeno muscular y hepático, necesitamos 3g de agua (Urdampilleta, Martínez-Sanz et al, 2012). Esto supone que para almacenar 400g de glucógeno en el músculo, se necesitan 1.5 litros extra de líquidos. La utilización de bebidas isotónicas con altas concentraciones de HC (6-10%) ayudarán a ello (ingesta de 60-100g de HC).	

TABLA 7  
Propuesta de bebida de recuperación a base de proteínas e HC tras finalizar  
la actividad y vuelta al campamento (elaboración propia).

Peso alpinista	Cantidad de Alimento	Proporción Kcal/ HC/ G/ P%	Proporción (cada 3-4 gramos de HC- se aplica 1 gramo de proteínas). Kcal/ HC/ G/ P (%)
65	25g leche en polvo (en 250ml de agua) Suplemento de proteínas e hidratos de carbono (40g) 16 pasas (20g) 2 dátiles secos (20g)	90.8/ 13.2/ 0.4/ 8.6 150/ 26/ 0.8/ 8.8 55.6/ 13.2/ 0.1/ 0.5/ 56.6/ 13.4/ 0.1/ 0.5/	353/ 65.8/ 1.7/17.9
70	25g leche en polvo (en 250ml de agua) Suplemento de proteínas e hidratos de carbono (40g) 4 galletas tipo maría (28g) 2 dátiles secos (20g)	90.8/ 13.2/ 0.4/ 8.6 150/ 26/ 0.8/ 8.8 127.1/ 17.9/ 5.3/ 2 56.6/ 13.4/ 0.1/ 0.5/	424.4/ 70.5/ 6.6/ 19.9
75	50g leche en polvo (en 500ml de agua) Suplemento de proteínas e hidratos de carbono. un cazito (20g) 1 plátano de 120g	181.5/ 26.5/ 0.8/ 17.2 75/ 13/ 0.4/ 4.4 150.2/ 34.8/ 0.5/ 1.8	406.7/ 74.3/ 1.7/ 23.4
80	50g leche en polvo (en 500ml de agua) Suplemento de proteínas e hidratos de carbono. un cazito (20g) 400ml zumo de naranja. piña o uva 1 galleta tipo maría (7g)	181.5/ 26.5/ 0.8/ 17.2 75/ 13/ 0.4/ 4.4 172/ 36/ 0.8/ 2.8 31.8/ 4.5/ 1.3/ 0.5	460.3/ 80/ 3.3/ 24.9

Kcal= Kcalorías; HC= hidratos de carbono; P= proteínas; G= grasas

Nota: Datos obtenidos de la tabla de composición de alimentos del CESNID, mediante el software Easy Diet de la Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas (AEDN)

TABLA 8  
Platos recomendados para tomar en la cenas en el campamento base y/o altura (elaboración propia).

EJEMPLOS DE PLATOS PREPARADOS PARA TOMAR A LA NOCHE	CANTIDAD AGUA	KCAL	PROPORCIÓN y GRAMOS DE PI
Copos de avena azucarados con leche en polvo 1.º- 40g de copos de avena + 10g de azúcar (fructosa) + 15g de leche en polvo 2.º- Trozo de jamón serrano (40g) 3.º- Picos de membrillo (40g)+ queso en porciones (50g) 4.º- Bebida azucarada (30g azucares) (400ml)	500 ml 400 ml	634.84	g HC / g P / g G 101.44 / 24.53 / 14.92
Puré de patata con leche desnatada y jamón serrano 1.º- 40g de copos de patata deshidratada + 10g de leche en polvo + 30g de tacos de jamón serrano 2.º- Tortilla de huevo (40g) (polvo en seco) con queso (30g) 3.º- Crema de copos de avena (30g) azucarados (20g) con leche en polvo (15g) 4.º- Bebida azucarada(30g azucares) (400ml)	400 ml 100 ml 300 ml 400 ml	819.08	136.62 / 33.33 / 15.98
Sopa de verduras con fideos 1.º- 20g de sobre de sopa deshidratada + 30g de fideos 2.º- Salchichas de queso (60g) 3.º- Pan de higo (50g) con membrillo (30g) 4.º- Cola-caó (20g) con leche en polvo (15g) azucarado (20g de fructosa)	500 ml 400 ml	784.60	125.17 / 22.70/ 21.96
BEBIDAS PRE-CENA - Bebida Isotónica (6-8% HC)* - Polvos de proteína hidrolizada (15-20g) con azucares (60g)	700-1000 ml 400 ml	400.4	86 / 14.4 / 0.42

Kcal= Kcalorías; HC= hidratos de carbono; P= proteínas; G= grasas

Nota: Datos obtenidos de la tabla de composición de alimentos del CESNID, mediante el software Easy Diet de la Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas (AEDN)

Otras opciones para la cena del alpinista, es optar por la comida deshidratada que pueden venderse en grandes superficies. Es necesario reconstituirla con agua, según las indicaciones, así como tomar bebida isotónica para evitar la deshidratación (tabla 9).

TABLA 9  
Opciones de comida deshidratada como propuestas de realización de cenas

Nombre	Cantidad por unidad (g)	Kcal	P (g)	HC (g)	G (g)	Na (mg)
Pescado a la provenzal	120	430	26	75.8	2.4	1268
Pollo al Curry	120	430	25.4	76.6	2.4	1127
Cuscús con pollo	120	414	23.8	73.9	2.5	1172
Pasta y ternera en salsa	120	431	27.8	70.4	4.2	1447
Puré de guisantes con jamón	120	409	11.4	76.6	6.4	4606
Pasta milanesa	120	450	27	65.6	8.8	1216
Parmentier de carne	120	415	22.3	68.8	5.6	2046
Pasta Boloñesa	120	434	25.7	68.6	6.4	1207

Kcal= Kcalorías; HC= hidratos de carbono; P= proteínas; G= grasas; Na= sodio

### 5.3. *Campamento de altura (5500-7000m)*

En campamento de altura suele utilizarse para las últimas fases de aclimatación antes de atacar a cumbre. Normalmente en las ascensiones a 6000m, en las cimas típicas de los andes, no se suele montar campamentos de altura y los alpinistas apuestan por dormir en el campamento base, para así disminuir el riesgo del MAM o un adema cerebral o pulmonar (Hackett and Roach. 2001).

Esta decisión la suelen tomar alpinistas muy preparados físicamente, ya que dormir en el campamento base (4500m) requiere ascender unos 2000m y bajar otros 2000m (4000m acumulados) el día de ataque de cumbre (entre 9-16 horas de caminata). Esto tiene el riesgo de que la bebida isotónica preparada se congele durante el ataque y nos quedemos deshidratados durante la actividad, donde en la bajada se pueden dar calambres musculares por déficit hidroelectrolítica (Westerterp. 2011). Se asume un gran riesgo, si la bajada requiere gran concentración y pasos técnicos de escalada.

Muchos alpinistas deciden atacar a cumbre desde el campamento base y luego en la bajada quedarse en el campamento de altura, para así no arriesgarse en los pasos técnicos. Se deben tener preparados ciertos alimentos en este campamento, así como material para poder cocinarlo (Kechijan. 2011).

Las dificultades de cocinar a altas altitudes (por el frío intenso, viento y muy poca infraestructura) serán muy grandes, por lo que tiene que ser alimentos que se coman crudos o que requieran poca energía para ser calentados o cocinados. Así se proponen los siguientes alimentos para los casos que se intenta hacer una cumbre, o se prevé que en el camino puede haber complicaciones y se los alpinista deban trasnochar en el camino. En la mochila podemos llevar, como sugerencia, lo siguiente:

Tabla 10. Raciones de emergencia para el campamento de altura. Raciones a considerar en el trekking.

TABLA 10  
Raciones de emergencia para el campamento de altura. Raciones a considerar en el trekking  
(elaboración propia).

ALIMENTOS/ LÍQUIDOS	PESO	CANTIDAD DE PRINCIPIOS INMEDIATOS (HC/ P/ G) (g)	KCAL
<b>Polvos para mezclar a líquidos</b>			
Sopa instantánea	25g	16.08 / 2.04 / 0.92	076.67
Leche desnat. en polvo	50g	26.10 / 17.55 / 0.50	179
Bebida Isotónica	150g	130 / 0 / 0	555
<b>Alimentos azucarados</b>			
Leche condensada desnta. azucarado	100g	54.4 / 7.91 / 8.7	321
Picos de membrillo	50g	26.70 / 0.10 / 0.04	107.50
Sobres de sacarosa/ fructosa	40g	40 / 0 / 0	160
Caramelos azucarados	20g	18.8 / 0.16 / 0.02	075.6
Copos de avena	100g	69.16 / 15.07 / 6.39	91.20
Puré de patata (copos)	100g	17.50 / 1.90 / 0.60	83
<b>Alimentos proteicos</b>			
Proteína hidrolizada	40g	6 / 28.8 / 0.8	146
Queso en porciones (1), jamón serrano (2) o lomo embuchado en tacos (3)	60g	1) 2.70 / 4.8 / 18.20 2) 0 / 13.73 / 5.52 3) 0.90 / 30 / 12.42	121.80 106.64 231.60
<b>Alimentos mixto calóricos</b>			
Chocolate	50g	29.70 / 2.75 / 15.30	265
Turrón de almendras	100g	56 / 10 / 23.90	470
Nueces sin cascara	50g	6.17 / 6.84 / 29.34	294.3
Galletas saladas	100g	75.8 / 10.8 / 12.50	440
Galletas dulces	50g	34.50 / 3.75 / 9.50	229.88

Nota: Datos obtenidos de la tabla de composición de alimentos del CESNID, mediante el software Easy Diet de la Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas (AEDN)

\*El peso total de la carga, incluyendo envoltorios no debería de ser superior a 1 Kg. La mayoría de energía para calentar deberíamos de gastar en derretir nieve y añadir sales a este o directamente después de derretir para el día siguiente preparar bebida isotónica. Podría ser interesante también llevar tabletas de sal y magnesio, por si los niveles de deshidratación superan el 6-10% del peso corporal.

Los alimentos azucarados, se tomarán durante la actividad ya que esto aumentan el rendimiento en altitud (Fulco, Cambis et al. 2005), y los proteicos o mixtos,

en los descansos o a las noches (Kayser, Acheso et al. 1992). Los platos propuestos, son típicos en campamentos de altura, ya que requieren de poca energía para realizarlos y así consumir poco gas. Solamente preparamos el 1.º plato y tomamos el 1.º y la bebida caliente (para tomar justo antes de ir a la cama). Se necesitaría 1-1,2 litros de agua para preparar cada cena.

#### 5.4. *Ataque a cumbre (6000-7000m-): Comida que llevamos en la mochila*

En este caso llevar una bolsa de camerback puede ser muy interesante. No obstante tenemos que tener en cuenta que posiblemente se congele si la llevamos a la espalda a unos -20-30°C (temperaturas más probables a altitudes superiores a los 6000m). La bolsa nos permitirá llevar unos 2-3 litros de agua, la cual recomendamos llevar por delante, dentro de la ropa en el pecho, para que esta no se congele. Por otra parte, podremos llevar un termo de unos 1.5-2 litros, dentro con agua hirviendo.

Dentro podríamos meter caldo de verduras con suficiente Na (0.7-1 g/l de bebida) o té caliente, aunque tenemos que tener presente su poder diurético, es por ello que recomendamos llevar caldo. En total llevaríamos unos 2 litros de bebida isotónica con 0.5-0.7 g/l de Na y 7-8% de HC en el camelback y 1-2 litros aproximados de caldo, con 1 g/l de Na (Kecjijan. 2011). Respecto a los alimentos posibles, los más recomendables podrían ser barritas energéticas, panecillos salados, picos de membrillo o geles.

A modo de resumen de las pautas y consideraciones dietético-nutricionales en las diferentes fases de la expedición, se muestra en las tablas 11 y 12.

TABLA 11  
Propuestas dietético-nutricionales según las diferentes fases de la expedición (elaboración propia).

MOMENTO		PRIORIDADES DIETÉTICO-NUTRICIONALES		
		Trekking (realizar combinación entre ambas)		
		Hidratación exclusiva con bebida isotónica		
Aproximación campamento base (> 4000m)	Alimentos	Bebida de 7% de HC con 460mg sodio/L (4 litros).	2 puñados de pasas (16g) 1 plátano (165g sin piel) Dátiles 2 unidades (20g) 1 barrita cereales (25g) 2 rebanadas pan de molde (60g)	Mezcla de frutos secos: 4 puñados de almendras (24g) 4 puñados avellanas (32g) 4 puñados cacahuets (32g)
	Información nutricional (Kcal / HC/ G/ P)	1120/ 280g / 0 / 0	44.5/ 10.5/ 0.1/ 0.8 150.2/ 34.8/ 0.5/ 1.8 56.6/ 13.4 / 0.1/ 0.5 101.3/ 16.2/ 3/ 2.4 147/ 27.4/ 2.2/ 22.1	164.9/ 1.7 / 15.2/ 5.3 204.5/ 2.3 / 19.8/ 4.2 182.7/ 2.3 / 15.7/ 8.1
Campamento base (4000-5000m)	Alimentos	Bebida isotónica entre el 6-7% de HC y mínimo 0,7g de sodio Tomas mínimo 4 litros	2 puñados de pasas (16g) 1 plátano (165g sin piel) Dátiles 2 unidades (20g) 1 barrita cereales (25g) 2 rebanadas pan de molde (60g) Copos de maíz, 1 puñado, (20g) Trigo hinchado, 1 puñado (20g) Galletas tipo maría 3 unidades (25g)	Mezcla de frutos secos: 4 puñados de almendras (24g) 4 puñados avellanas (32g) 4 puñados cacahuets (32g)
	Información nutricional (Kcal / HC/ G/ P)	Podemos conseguirla mediante: 1. Bebida isotónica + 0.8-1g sal común (llevar sobres de 1 g) 500 ml zumo naranja comercial + 500 ml agua mineralización débil + 25g fructosa + 1.5g sal común (obtendríamos bebida del 7% de HC y 0.7g de sodio)	44.5/ 10.5/ 0.1/ 0.8 150.2/ 34.8/ 0.5/ 1.8 56.6/ 13.4 / 0.1/ 0.5 101.3/ 16.2/ 3/ 2.4 147/ 27.4/ 2.2/ 22.1 72/ 16/ 0.2/ 1.56 70.6/ 14.14/ 0.26/ 2.9 113.5/ 15.98/ 4.75/ 1.75	164.9/ 1.7 / 15.2/ 5.3 204.5/ 2.3 / 19.8/ 4.2 182.7/ 2.3 / 15.7/ 8.1
Campamento altura (5000-7000m)	Alimentos	Ídem campamento base	Ídem campamento base	Ídem campamento base

(Continuación Tabla 11)

		Hidratación	Tentempié 1 2 puñados de pasas (16g) 4 puñados de almendras (24g) Dátiles 2 unidades (20g)	Toma suficiente HC absorción rápida
Ataque a cumbre (6000-7000m)	Alimentos	Bebida hipertónica (7% HC y 1g Na/L) A llevar 4-5 litros	44.5/ 10.5/ 0.1/ 0.8 164.9/ 1.7 / 15.2/ 5.3 56.6/ 13.4 / 0.1/ 0.5	70g/ hora (bebida + alimentos)
	Información nutricional (Kcal / HC/ G/ P)	Bebida de reposición casera (para un litro) 1 zumo de naranja envasado (500ml) + 500ml de agua + 25g de fructosa + 2.3g de sal común. 2.100ml de agua + 2.5g de sal común + 45g azúcar común + 25g fructosa (ponemos un poco de limón)	Tentempié 2 4 puñados avellanas (32g) Sandwich: 2 rebanadas pan de molde (60g) 1 plátano (165g sin piel)	
			204.5/ 2.3 / 19.8/ 4.2 147/ 27.4/ 2.2/ 22.1 150.2/ 34.8/ 0.5/ 1.8	
			Tentempié 3 4 puñados cacahuets (32g) 1 barrita cereales (25g) (x2)	
			182.7/ 2.3 / 15.7/ 8.1 101.3/ 16.2/ 3/ 2.4	

Nota: Datos obtenidos de la tabla de composición de alimentos del CESNID, mediante el software Easy Diet de la Asociación Española de Dietistas-Nutricionistas (AEDN).

TABLA 12  
Propuestas de suplementación y ayudas farmacológicas según las diferentes fases de la expedición  
(elaboración propia)

MOMENTO		PRIORIDADES DEITÉTICO-NUTRICIONALES	
		Ayudas ergonutricionales	Fármacos para combatir el MAM
Aproximación campamento base (>4000m)	Alimentos	Bebida isotónicas	
Campamento base (4000-5000m)	Alimentos	Hierro Vitaminas hidrosolubles Proteína de suero en polvo Bebidas Isotónicas Aa ramificados	Acetazolamida
Campamento altura (5000-7000m)	Alimentos	Hierro Vitaminas hidrosolubles Proteína de suero en polvo Bebidas Isotónicas Aa ramificados	Ibuprofeno Ácido acetyl salicílico Nifedipina Salmeterol Acetozalamida

## REFERENCIAS

- Acheson, K.J., Blondel-Lubrano, A., Oguey-Araymon, S., Beaumont, M., Emady-Azar, S., Ammon Zufferey, C., Monnard, I., Pinaud, S., Nielsen-Moennoz, C., y Bovetto L. (2011). Protein choices targeting thermogenesis and metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 93, 525-34.
- Ahmad FM (2006). Diabetic ketoacidosis in an undiagnosed diabetic precipitated by high altitude pulmonary edema. *High Altitude Medicine & Biology*, 7(1):84-6.
- Bailey, D.M. y Davies, B (2001). Acute mountain sickness; prophylactic benefits of antioxidant vitamin supplementation at high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 2, 21-9.
- Bailey, D.M., Dehnert, C., Luks, A.M., Menold, E., Castell, C., Schendler, G., Faoro, V., Gutowski, M., Evans, K., Taudorf, S., James P., McEneny, J., Young, L.S., Swenson, E., Mairbaurl, H., Bartsch, P. y Berger M.M. (2010). High-altitude pulmonary hypertension is associated with a free radical-mediated reduction in pulmonary nitric oxide bioavailability. *The Journal of Physiology*, 588, 4837-47.
- Baillie, J.K., Thompson, A.A., Irving, J.B., Bates, M.G., Sutherland, A.I., Macnee, W., Maxwell, S.R.J. y Webb, D.J. (2009). Oral antioxidant supplementation does not prevent acute mountain sickness: double blind, randomized placebo-controlled trial. *Quarterly Journal of Medicine*, 102, 341-8.
- Benso, A., Broglio, F., Aimaretti, G., Lucatello, B., Lanfranco, F., Ghigo, E. y Grottoli S. (2007). Endocrine and metabolic responses to extreme altitude and physical exercise in climbers. *European Journal of Endocrinology*, 157, 733-40.
- Boning D, Maassen N, Thomas A, Steinacker JM (2001). Extracellular pH defense against lactic acid in normoxia and hypoxia before and after a Himalayan expedition. *European Journal of Applied Physiology*, 84(1-2):78-86.
- Borm, N., Van-Roo, J.D., Pesce, C., Courtney, D.M., Malik, S. y Lazio, M.P. (2009). Prior altitude experience of climbers attempting to summit aconcagua. *High Altitude Medicine & Biology*, 12, 387-91.7
- Bourrilhon, C., Lepers, R., Philippe, M., Beers, P.V., Chennaoui, M., Drogou, C. Beauvieux, M.C., Burnat, P., Guezennec, C.Y. y Gomez-Merino, D. (2010). Influence of protein-versus carbohydrate-enriched feedings on physiological responses during an ultraendurance climbing race. *Hormonal and Metabolic Research*, 42, 31-7.
- Calbet JA, Robach P, Lundby C (2009). The exercise heart at altitude. *Cell Mol Life Sci*, 66(22):3601-3613.
- Cerretelli P, Marzorati M, Marconi C (2009). Muscle bioenergetics and metabolic control at altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 10(2):165-74.
- Chow, T., Browne, V., Heileson, H.L., Wallace, D., Anholm, J. y Green, S.M. (2005). Ginkgo biloba and acetazolamide prophylaxis for acute mountain sickness: a randomized, placebo-controlled trial. *Archive of Internal Medicine*, 165, 296-301.
- Clanton TL and Klawitter PF. Invited Review (2001): Adaptive responses of skeletal muscle to intermittent hypoxia: the known and the unknown, 90(6):2476-2487.

- Derby, R. y de Weber, K. (2010). The athlete and high altitude. *Curr Sports Med Rep*, 9, 79-85.
- Duc, S., Cassirame, J., Durand, F. (2011). Physiology of ski mountaineering racing. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 856-63.
- Drew CM, Colleran S, Zipp M, Lama LP, Sherpa NJ, Kelly JL, Sulzbach N, Prior D, Currin SA, Currin S, Nickol AH, Morrell MJ (2011). Preparation and medical outcomes of Nepalese staff and porters compared with foreign nationals on the Annapurna trekking circuit. *High Altitude Medicine & Biology*, 12(4):349-56.
- Dumont, L., Mardirosoff, C. y Tramer, M.R. (2000). Efficacy and harm of pharmacological prevention of acute mountain sickness: quantitative systematic review. *British Medical Journal*, 321, 267-72.
- Ermolao, A., Bergamin, M., Rossi, A.C., Dalle, Carbonare, L. y Zaccaria, M. (2011). Cardiopulmonary response and body composition changes after prolonged high altitude exposure in women. *High Altitude Medicine & Biology*, 12, 357-69.
- Farran, A., Zamora, R., Cervera, P. y Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica (CESNID). (2004). *Tabla de composición de alimentos del CESNID*. MCGRAW-Hill Interamericana, Madrid.
- Fulco, C.S., Kambis, K.W., Friedlander, A.L., Rock, P.B., Muza, S.R. y Cymerman, A. (2005). Carbohydrate supplementation improves time-trial cycle performance during energy deficit at 4,300-m altitude. *Journal of Applied Physiology*, 99, 867-76.
- Gertsch, J.H., Lipman, G.S., Holck, P.S., Merritt, A., Mulcahy, A., Fisher, R.S. Basnyat, B., Allison, E., Hazan, A., Meyers, Z., Odegaard, J., Pook, B., Thompson, M., Slomovic, B., Wahlberg, H., Wilshaw, V., Weiss, E.A. y Zafren, K. (2010). Prospective, double-blind, randomized, placebo-controlled comparison of acetazolamide versus ibuprofen for prophylaxis against high altitude headache: the Headache Evaluation at Altitude Trial (HEAT). *Wilderness Environment Medicine*, 21, 236-43.
- Gertsch, J.H., Seto, T.B., Mor, J. y Onopa J. (1996). Ginkgo biloba for the prevention of severe acute mountain sickness (AMS) starting one day before rapid ascent. *High Altitude Medicine & Biology*. 2002;3:29-37.
- Gutt B, Wiesmeth A, Thurm U, Siegmund T, Schumm-Draeger PM, Fischer R (2009). Extreme mountain climbing with type 1 diabetes. *Sportverletz Sportschaden*,23(1):16-20.
- Gray, D. y Milne, D. (1986). Effect of dietary supplements on acute mountain sickness. *Perceptual and Motor Skills Research Exchange*, 63, 873-4.
- Hackett, P.H. y Roach, R.C. (2001). High-altitude illness. *The New England Journal of Medicine*, 345(2), 107-14.
- Hext, F., Stubbings, A., Bird, B. y Patey, S. (2011). Wright A, Birmingham Medical Research Expeditionary Society. Visual analogue scores in assessment of acute mountain sickness. *High Altitude Medicine & Biology*, Winter, 12, 329-33.
- Kayser, B., Acheson, K., Decombaz, J., Fern, E. y Cerretelli P. (1992). Protein absorption and energy digestibility at high altitude. *Journal of Applied Physiology*. 1992;73:2425-31.
- Kechijan, D. (2011). Optimizing nutrition for performance at altitude: a literature review. *Journal of Special Operations Medicine: a peer reviewed*, 11, 12-7.

- Knechtle, B., Knechtle, P. y Rosemann, T. (2011). Do male 100-km ultra-marathoners over-drink? *International Journal Sports Physiology and Performance*, 6(2), 195-207.
- Koehler, K., Huelsemann, F., de Marees, M., Braunstein, B., Braun, H. y Schaenzer, W. (2011). Case study: simulated and real-life energy expenditure during a 3-week expedition. *International Journal of Sport Nutrition Exercise Metabolism*, 21, 520-6.
- Lawless, N.P., Dillard, T.A., Torrington, K.G., Davis, H.Q. y Kamimori G. (1999). Improvement in hypoxemia at 4600 meters of simulated altitude with carbohydrate ingestion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70, 874-8.
- Luks, A.M., McIntosh, S.E., Grissom, C.K., Auerbach, P.S., Rodway, G.W., Schoene, R.B. Zafren, K. y Hackett P.H. (2010). Wilderness Medical Society consensus guidelines for the prevention and treatment of acute altitude illness. *Wilderness Environment Medicine*, 21, 146-55.
- Marigliò, M.A., Falone, S., Morabito, C., Guarnieri, S., Mirabilio, A., Pilla, R., Bucciarelli, T., Verratti, V. y Amicarelli, F. (2010). Peripheral blood lymphocytes: a model for monitoring physiological adaptation to high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 11, 333-42.
- Mariscal-Arcas, M., Carvajal, C., Monteagudo, C., Lahtinen, J., Fernandez, de Alba, M.C., Feriche, B. y Olea-Serrano, F. (2010). Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the himalayas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(4),127-32.
- Maughan RJ, Shirreffs SM (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2:59-69. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01191.x..
- Mena, P., Maynar, M., Gutierrez, J.M. y Campillo, J.A. (1988) Fisiología metabólica de la Vuelta Ciclista Extremadura. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19, 233-6.
- Monge, C.C., León-Velarde, F. y Arreguis A. (1992). Pathophysiology and epidemiology of chronic mountain sickness. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (1 Supl): S79-81.
- Muñoz, Hoyos, A. y Molina, Carballo, A. (2010). Hierro. En Gil, Hernández, A. (ed), *Tratado de nutrición* (pp. 928-971). Madrid: Editorial Medica Panamericana.
- Muza, S.R. (2007). Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(9), 1625-31
- Napoli, A.M., Milzman, D.P., Damergis, J.A. y Machan, J. (2008). Physiologic affects of altitude on recreational climbers. *Am J Emerg Med*, 27(9), 1081-4.
- Nerín, M.A., Palop, J., Montaña, J.A., Morandeira, J.R. y Vázquez, M. (2006). Acute mountain sickness: influence of fluid intake. *Wilderness & Environmental Medicine*, 17, 215-20.
- Palacios, N., Franco, L., Manonelles, P., Manuz, B. y Villgas, J.A. (2008). Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 15, 245-58.

- Powers, S., Balandey, W., Enette N (2011). Antioxidant and Vitamin D supplements for athletes: Sense or nonsense? *Journal of Sports Sciences*, 29(S1): S47–S55
- Rehrer, N.J. (2001). Fluid and Electrolyte Balance in Ultra-Endurance. *Sports Medicine*, 31, 701-715.
- Roncin JP, Schwartz F, D'Arbigny P. EGB 761 in control of acute mountain sickness and vascular reactivity to cold exposure. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67, 445-52.
- Savourey, G., Guinet, A., Besnard, Y., Garcia, N., Hanniquet, A.M. y Bittel, J. (1995). Evaluation of the Lake Louise acute mountain sickness scoring system in a hypobaric chamber. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66, 963-7.
- Schommer, K. y Bärtsch, P. (2011). Basic medical advice for travelers to high altitudes. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108, 839-47.
- Serrano-Dueñas, M. (2000). Mal de montaña agudo: características clínicas de una cohorte de 615 enfermos. *Medicina Clínica*, 115, 441-5.
- Shirreffs SM and Sawka MN (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery, *Journal of Sports Sciences*, 29:sup1, S39-S46.
- Shukla, V., Singh, S.N., Vats, P., Singh, V.K., Singh, S.B. y Banerjee, P.K. (2005). Ghrelin and leptin levels of sojourners and acclimatized lowlanders at high altitude. *Nutr Neurosci*, 8(3), 161-5.
- Simon-Shnass, L. y Komiszewsky, L. (1990). The influence of vitamin E on rheological parameters in high altitude mountaineers. *International journal for vitamin and nutrition research*, 60(1), 26-34.
- Smith, J.D., Cianflone, K., Martin, J., Poirier, P., Broderick, T.L. y Noël, M. (2011). Plasma adipokine and hormone changes in mountaineers on ascent to 5300 meters. *Wilderness Environment Medicine*, ;22(2), 107-14.
- Speedy, D.B., Noakes, T.D., Rogers, I.R., Thompson, J.M., Campbell, R.G., Kuttner, J.A., Boswell D.R., Wright, S., y Hamlin, M. (1999). Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31, 809-15.
- Stachurska, A., Simó, Sánchez, B., Lezcano, Callén, E., González, Carretero, M. y Del Río, Ligorit, A. (2009). Repercusión cardiovascular tras expedición a más de 8000 metros de altitud. *Archivos de Medicina del Deporte*, 131, 208-9.
- Stephen, R., Muza, B., Beidleman, A. y Fulco, F.S. (2010). Altitude Preexposure Recommendations for Inducing Acclimatization. *High Altitude Medicine vs Biology*, 11, 87-92.
- Subudhi, A.W., Jacobs, K.A., Hagobian, T.A., Fattor, J.A., Fulco, C.S., Muza, S.R. Rock, PB, Hoffman, A.R., Cymerman, A. y Friedlander, AL. (2004). Antioxidant supplementation does not attenuate oxidative stress at high altitude. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75, 881-8.
- Strapazzon G, Procter E, Brugger H (2011). The quest for evidence-based medicine in mountain areas. *High Altitude Medicine & Biology*, 12(4):399-400.
- Swenson, E.R., MacDonald, A., Vatheuer, M., Maks, C., Treadwell, A., Allen R y Schoene, R.B. (1997). Acute mountain sickness is not altered by a high carbohydrate diet nor as-

- sociated with elevated circulating cytokines. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68, 99-503.
- Tschop, M., Strasburger, C.J., Hartmann, G., Biollaz, J. y Bärtsch, P. (1998). Raised leptin concentrations at high altitude associated with loss of appetite. *Lancet*, 352 (9134), 1119-20.
- Richalet JP (2009). Commentaries on viewpoint: evidence that reduced skeletal muscle recruitment explains the lactate paradox during exercise at high altitude. *J Appl Physiol*, 106(2):743-4.
- Robach P, Boisson RC, Vincent L, Lundby C, Moutereau S, Gergelé L, Michel N, Duthil E, Féasson L, Millet GY (2012). Hemolysis induced by an extreme mountain ultra-marathon is not associated with a decrease in total red blood cell volume. *Scand J Med Sci Sports*, doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01481.x. [Epub ahead of print]
- Oliver SJ, Golja P, Macdonald JH (2012). Carbohydrate supplementation and exercise performance at high altitude: a randomized controlled trial. *High Altitude Medicine & Biology*, 13(1):22-31.
- Urdampilleta, A., Gómez-Zorita, S., Martínez-Sanz, J.M. y Roche, E. (2012). La eficacia de un programa de ejercicios de alta intensidad en hipoxia intermitente para la mejora de la fuerza-resistencia. *Revista Española de Educación Física y Deportes*.
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J.M. y González-Muniesa, P. (2010). Intervención dietético-nutricional en la prevención de la deficiencia de hierro. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 30, 27-41
- Urdampilleta, A., Vicente-Salazar, N. y Martínez-Sanz, J.M. Necesidades proteicas en los deportistas y pautas diético-nutricionales para la ganancia de masa muscular. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 16, 25-35.
- Vats, P., Singh, V.K., Singh, S.N. y Singh, S.B. (2007) High altitude induced anorexia: effect of changes in leptin and oxidative stress levels. *Nutritional Neuroscience*, 10, 243-9.
- Veldhorst MA, Westerterp KR, Westerterp-Plantenga MS (2012). Gluconeogenesis and protein-induced satiety. *Br J Nutr*, 107(4):595-600.
- Vogt M, Puntchart A, Geiser J, Zuleger C, Billeter R, Hoppeler H (2001). Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *J Appl Physiol*, 91:173-182.
- Vuyk, J., Van, Den, Bos, J., Terhell, K., De Bos, R., Vletter, A., Valk, P., Van, Beuzekom, M., Van, Kleef, J., y Dahan, A. (2006). Acetazolamide improves cerebral oxygenation during exercise at high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 7, 290-301.
- Wagner PD (2009). Origin of the lactate paradox: muscles or brain? *J Appl Physiol*. 2009, 106(2):740-1.
- Wagner ,P.D. (2010). Operation Everest II. *High Altitude Medicine & Biology*, 11(2),111-9
- Wagner, D.R., Fargo, J.D., Parker, D., Tatsugawa, K. y Young, T.A. (2006). Variables contributing to acute mountain sickness on the summit of Mt Whitney. *Wilderness & Environmental Medicine*. 17, 221-8.
- Westerterp, K.R., Kayser, B., Wouters, L., Le, Trong, J.L. y Richalet, J.P. (1994). Energy balance at high altitude of 6542 m. *Journal of Applied Physiology*, 77, 862-66.

- Westerterp, K.R., Meijer, E.P., Rubbens, M., Robach, P. y Richalet, J.P. (2000). Operation Everest III: energy and water balance. *European Journal of Applied Physiology*, 439, 483-8.
- Westerterp, K.R. y Kayser, B. (2006). Body mass regulation at altitude. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 18(1), 1-3.
- Westerterp, K.R. (2011) Energy and water balance at high altitude. *News in Physiological Sciences*, 16, 134-7.
- Westerterp KR (2012). Dietary protein and weight gain. *JAMA*, 25;307(16):1691-2.
- Whiting, S.J. y Barabash, W.A. (2006). Dietary Reference Intakes for the micronutrients: considerations for physical activity. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 31(1), 80-85.