



Universidad  
Continental

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

Tesis

**Factores de riesgo para el desarrollo de Mal de  
Montaña Agudo en excursionistas al nevado  
Huaytapallana**

para optar el Título Profesional de  
Médico Cirujano

**Yanina Mayumi Jiménez Meza  
Solange Alexandra Valdivia Lívano**

Huancayo, 2019



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a nuestros padres, por su constante apoyo a lo largo de nuestra formación personal y profesional, por brindarnos todos los instrumentos necesarios para realizar esta investigación y por la paciencia, comprensión y motivación que nos dieron durante este tiempo.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>13</b>
<b>PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.1.1 Planteamiento Del Problema .....	13
1.1.2 Formulación Del Problema .....	15
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.2.1 Objetivo General .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	16
1.3.1 Hipótesis General .....	16
1.3.2 Hipótesis Nula .....	17
1.3.3 Hipótesis Específica .....	17
1.3.4 Descripción De Variables.....	17
1.4 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS .....	19
1.4.1 Desarrollo Sistémico De La Investigación (DSI).....	19
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	23
2.2 BASES TEÓRICA .....	28
2.2.1 Fisiología Del Mal Agudo De Montaña .....	29
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	34
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>36</b>

<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1.1 Metodología De La Investigación .....	36
3.1.2 Tipo De Investigación .....	36
3.1.3 Nivel De Investigación .....	36
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.3.1 Población .....	37
3.3.2 Muestra.....	37
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	38
3.3.1 Descripción De Los Instrumentos .....	39
3.3.2 Ruta De Ascenso Al Nevado Huaytapallana.....	39
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>42</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	42
4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Incidencia de Mal Agudo de Montaña .....	<b>15</b>
<b>Gráfico 2.</b> Ruta de ascenso al Nevado de Huaytapallana .....	<b>41</b>
<b>Tabla 1.</b> Características de los excursionistas que desarrollaron MAM y de los excursionistas que no desarrollaron MAM .....	<b>44</b>
<b>Tabla 2.</b> Frecuencia de síntomas de MAM en excursionistas que desarrollaron MAM y excursionistas que no desarrollaron MAM.....	<b>47</b>
<b>Gráfico 3.</b> Frecuencia de síntomas de MAM en excursionistas que desarrollaron MAM y excursionistas que no desarrollaron MAM.....	<b>48</b>
<b>Tabla 3.</b> Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que desarrollaron MAM y sujetos que no desarrollaron MAM .....	<b>48</b>
<b>Gráfico 4.</b> Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que desarrollaron MAM .....	<b>49</b>
<b>Gráfico 5.</b> Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que no desarrollaron MAM.....	<b>50</b>
<b>Gráfico 6.</b> Gravedad de la cefalea en excursionistas al Nevado Huaytapallana .....	<b>50</b>
<b>Gráfico 7.</b> Gravedad de los síntomas Gastrointestinales en excursionistas al Nevado Huaytapallana .....	<b>51</b>
<b>Gráfico 8.</b> Gravedad del síntoma Fatiga/Debilidad en excursionistas al Nevado Huaytapallana...	<b>51</b>
<b>Gráfico 9.</b> Gravedad del Vértigo en excursionistas al Nevado Huaytapallana.....	<b>52</b>
<b>Tabla 4.</b> Análisis bivariado de las variables asociadas al desarrollo de MAM.....	<b>53</b>
<b>Tabla 5.</b> Análisis Multivariado de las variables asociadas al desarrollo de MAM.....	<b>54</b>

## RESUMEN

**Introducción:** Los excursionistas al nevado Huaytapallana (5100m.s.n.m) están predispuestos a desarrollar Mal Agudo de Montaña (MAM) en respuesta a la baja presión parcial de oxígeno a la que se exponen, además en sus formas más graves puede producir edema cerebral y pulmonar, que a diferencia del mal agudo de montaña, si ponen en riesgo la vida.

**Objetivo:** Determinar los factores de riesgo asociados al desarrollo de Mal Agudo de Montaña, en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100m.s.n.m).

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio analítico, observacional, transversal de tipo casos y controles, en el que participaron 206 excursionistas (103 casos y 103 controles) al nevado Huaytapallana (5100m.s.n.m). Se obtuvo datos de los participantes tras finalizar la excursión al nevado, a partir de una ficha de recolección para investigar los factores de riesgo para el desarrollo de mal agudo de montaña y un cuestionario estandarizado en el que se incluyó el Score de Lake Louis.

**Resultados:** De los 206 excursionistas 103 desarrollaron MAM y 103 fueron controles. Las variables asociadas significativamente al desarrollo de MAM fueron ser de sexo femenino (60,19% vs 39,81%, p: 0,002), residencia menor a 2500 m.s.n.m. (59,35% vs 40,65%, p: 0,001), estancia menor o igual a 1 día en la ciudad de Huancayo antes de la excursión (66,67% vs 33,33%, p: <0.0001), antecedente de MAM (75,47% vs 24,53%, p: <0,0001) y

realizar actividad física diaria (26,83% vs 73,17%,  $p: <0,0001$ ). En el análisis multivariado, el antecedente de MAM (OR:4,01;  $p: <0,0001$ ), estancia menor o igual a 1 día en la ciudad de Huancayo antes de la excursión (OR: 2,4;  $p: 0,021$ ) y ser de sexo femenino (OR: 2,05;  $p: 0,026$ ); se comportaron como factores de riesgo para el desarrollo de MAM. Los excursionistas que reportaron realizar actividad física diaria (OR: 0,31,  $p: 0,006$ ) tuvieron menor riesgo de desarrollo de MAM.

**Conclusión:** Los factores de riesgo asociados al desarrollo de MAM fueron: Antecedente de MAM, estancia menor o igual a 1 día en la ciudad de Huancayo antes de la excursión y ser de sexo femenino. El factor de riesgo más importante fue la historia previa de MAM tras una exposición sobre los 2500 m.s.n.m.

**Palabras Clave:** Mal Agudo de Montaña, Gran Altitud, Excursionistas

## ABSTRACT

**Introduction:** Hikers to the snowy Huaytapallana (5100m.snm) are predisposed to develop Acute Mountain Mast (MAM) in response to the low partial pressure of oxygen to which they are exposed, in addition in its most severe forms can cause cerebral and pulmonary edema, that unlike the acute mountain sickness, if they put life at risk.

**Objective:** Determine the risk factors associated with the development of Mal Acute Mountain, in the hikers to the Nevado Huaytapallana (5100m.s.m.).

**Materials and methods:** An analytical, observational, cross-sectional study of cases and controls was carried out, in which 206 hikers (103 cases and 103 controls) participated in the Huaytapallana mountain range (5100m.s.m.). Data was obtained from the participants after completing the excursion to the snow, from a collection card to investigate the risk factors for the development of acute mountain sickness and a standardized questionnaire in which the Lake Louis Score was included.

**Results:** Of the 206 hikers 103 developed MAM and 103 were controls. The variables significantly associated with the development of MAM were female (60.19% vs. 39.81%, p: 0.002), residence less than 2500 m.s.n.m. (59.35% vs 40.65%, p: 0.001), stay less than or equal to 1 day in the city of Huancayo before the trip (66.67% vs. 33.33%, p: <0.0001),

antecedent of MAM (75.47% vs 24.53) %,  $p: <0.0001$ ) and perform daily physical activity (26.83% vs 73.17%,  $p: <0.0001$ ). In the multivariate analysis, the antecedent of MAM (OR: 4.01;  $p: <0.0001$ ), stay less than or equal to 1 day in the city of Huancayo before the excursion (OR: 2.4;  $p: 0.021$ ) and be female (OR: 2.05,  $p: 0.026$ ); they behaved as risk factors for the development of MAM. Hikers who reported doing daily physical activity (OR: 0.31,  $p: 0.006$ ) had a lower risk of MAM development.

**Conclusion:** The risk factors associated with the development of MAM were: Antecedents of MAM, stay less than or equal to 1 day in the city of Huancayo before the trip and be female. The most important risk factor was the previous history of MAM after an exhibition on the 2,500 m.s.n.m.

**Keywords:** Acute Mountain Evil, High Altitude, Hikers

## INTRODUCCIÓN

El Mal Agudo de Montaña es un conjunto de síntomas clínicos que se produce en respuesta a un ambiente con una baja presión parcial de oxígeno y una disminución en la presión de aire; característicamente en individuos que ascienden por encima de los 2500 m.s.n.m..(1)(2) El sistema de puntuación del Lake Louis, es la escala más utilizada para medir Mal Agudo de Montaña ya que se creó con el fin de obtener resultados comparables, y se ha recomendado como el score estándar cuando se investiga sobre Mal Agudo de Montaña.(3)

Se sabe que no todas las personas que se exponen a la altitud desarrollan mal de montaña, sin embargo, tiene una elevada incidencia de presentación en los excursionistas a lugares de altura, encontrando incidencias de 36%, 56% y 77% en los excursionistas a la montaña de Jade, Taiwan (3900 m.s.n.m.), Ollagüe, Chile (3696 m.s.n.m.), y al Kilimanjaro, Tanzania (5895 m.s.n.m.). (4)(5)(6) En este último, se ha reportado la mayor incidencia de Mal Agudo de Montaña (MAM) tras una excursión. En Perú, se identificó que el 48,5% de viajeros a la Ciudad de Cusco (3400m.s.n.m) desarrollaron mal de montaña y que, el 17,1%, tuvo mal de montaña severo.(7)

Entre los factores que se han visto implicados en el desarrollo de Mal Agudo de Montaña, encontramos que ser de sexo femenino,(8) a menor edad, a mayor IMC y personas con hábito tabáquico tuvieron mayor riesgo de presentar esta entidad, en los niños también se encontró que haber presentado una infección respiratoria en los últimos 7 días antes de hacer trekking (2) se relacionaba con una mayor incidencia de Mal Agudo de Montaña.(9)

Perú es uno de los países más turísticos de América del Sur, y los lugares de mayor atracción, están ubicados en zonas geográficas de altitud.(10) Un gran número de turistas que vienen a la ciudad de Huancayo hacen excursión al Nevado Huaytapallana, el cual forma parte del relieve de los andes y en su pico más alto llega a los (5557 m.s.n.m.), (11) el cual no está muy distante de la altitud del Kilimanjaro, donde se han reportado la mayor incidencia de Mal Agudo de Montaña; es indispensable conocer los factores de riesgo para el mal Agudo de Montaña ya que es un problema altamente prevenible.(12) Y como tal, también se puede prevenir las formas más graves, como el edema cerebral y pulmonar de altura; condiciones, que a diferencia del Mal de montaña, si ponen en riesgo la vida.(13)(14) De esta manera, se podría brindar información a los turistas, para garantizar seguridad durante su excursión y puedan disfrutar de lo que les ofrece la naturaleza.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

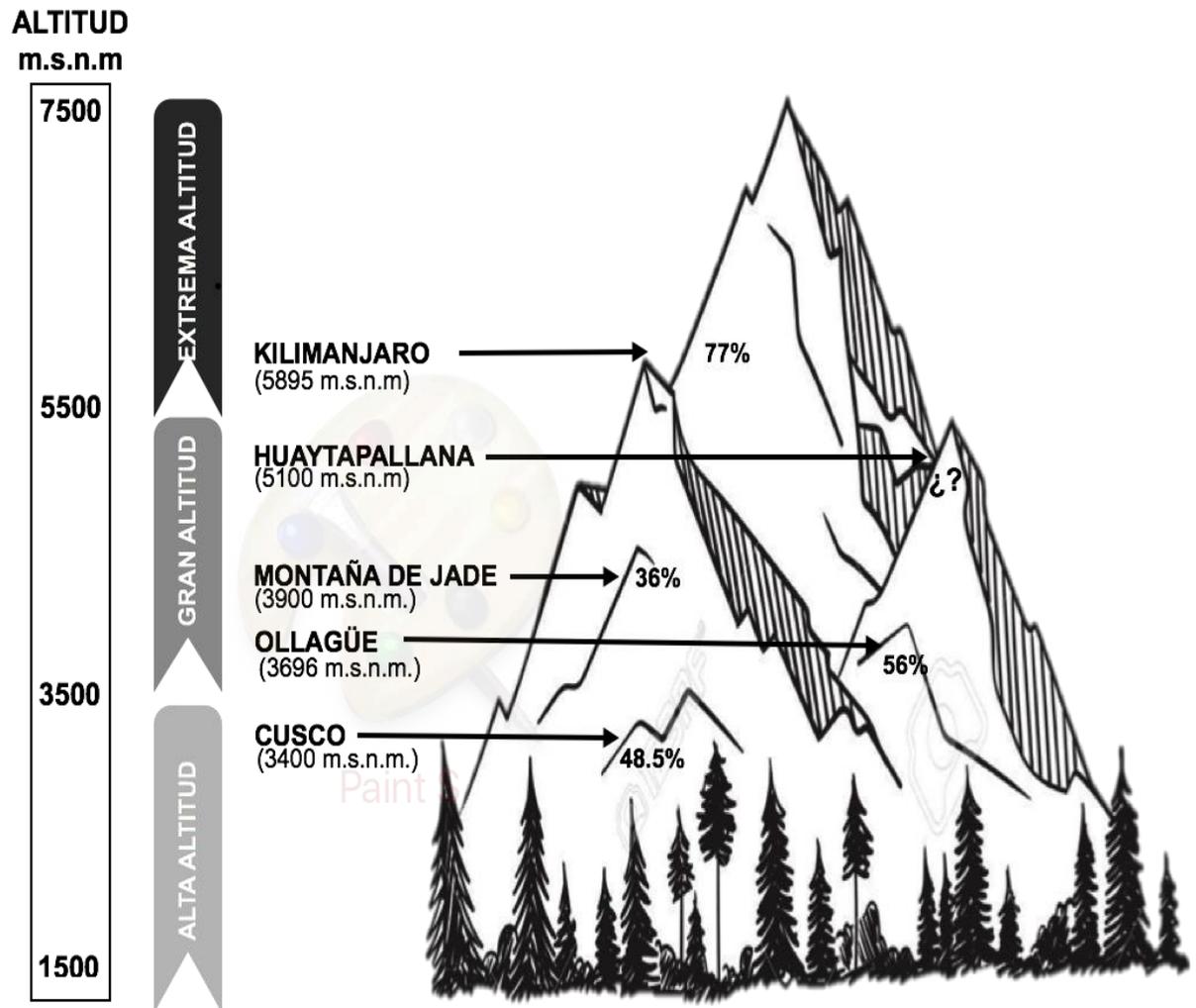
#### 1.1.1 Planteamiento del problema

El Mal Agudo de Montaña se produce en individuos que ascienden a altitudes por encima de los 2500 m.s.n.m.(15) El Perú es uno de los países más turísticos de América del Sur, y los lugares de mayor atracción, están ubicados en zonas geográficas de altitud.(10) Huancayo se encuentra en el departamento de Junín y es la cuarta gran ciudad más alta de Perú (3250 m.s.n.m.), después de Cuzco, Puno y Juliaca. Un gran número de turistas que vienen a la ciudad de Huancayo hacen excursión al Nevado de Huaytapallana pertenece a la cordillera del mismo nombre, ubicada en los Andes Centrales del Perú. El nevado de Huaytapallana tiene una altitud de 5,557 m.s.n.m. Su segundo pico, el Yanahucsha está a 5,530 m.s.n.m; y se alcanzan los 5100 m.s.n.m al contacto con la nieve.(11)

Se sabe que no todas las personas que se exponen a la altitud, desarrollan mal agudo de montaña, encontrando así una elevada incidencia de presentación en los

excursionistas a lugares de altura, encontrando incidencias de 36%, 56% y 77% en los excursionistas a la montaña de Jade, Taiwan (3900 m.s.n.m.), Ollagüe, Chile (3696 m.s.n.m.), y al Kilimanjaro, Tanzania (5895 m.s.n.m.); (4)(5)(6) en este último, se ha reportado la mayor incidencia de Mal Agudo de Montaña (MAM) tras una excursión. En Perú, se identificó que el 48,5% de viajeros a la Ciudad de Cusco (3400m.s.n.m) desarrollaron mal de montaña y que, el 17,1%, tuvo mal de montaña severo.(7) Sin embargo, hay factores que se han identificado para el desarrollo de esta; entre estos encontramos a la velocidad de ascenso, la altitud, la edad, el sexo, la obesidad, la exposición previa a gran altitud, historia familiar de Mal Agudo de Montaña e incluso presentar depresión o ansiedad aumentaron el riesgo de Mal Agudo de Montaña.(2)(7) La baja frecuencia de consulta médica antes de realizar un viaje, se refleja en las elevadas incidencias de Mal de Montaña, cuando se hacen viajes a gran altitud.(1)(2)(6)(16)(17) Se han podido evidenciar hasta un 48,7% y 56% tras una exposición a 3400 y 3700 m.s.n.m., respectivamente.(7)(1) Esta elevada incidencia probablemente se deba a la realización de viajes sin asesoría previa; en un estudio realizado en Perú, sólo el 29,1% de los extranjeros que viajaron a Cusco recibió asesoramiento de un médico sobre el Mal Agudo de Montaña.(7)

Además de la alta incidencia de Mal Agudo de Montaña, esta tiene dos formas de presentación muy graves: Edema cerebral y pulmonar de altura; condiciones, que diferente al Mal de montaña, si ponen en riesgo la vida.(18)



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 1.** Incidencia de Mal Agudo de Montaña

## 1.1.2 Formulación del problema

### 1.1.2.1 Problema general

¿Qué factores de riesgo existen para el desarrollo de Mal de Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante enero del 2019?

### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la frecuencia de consumo de productos derivados de la coca en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante enero del 2019?
- ¿Cuáles es la frecuencia de síntomas de Mal Agudo de Montaña que presentan los excursionistas tras el ascenso al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante enero del 2019?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar los factores de riesgo asociados al desarrollo de Mal de Montaña Agudo, en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.).

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la frecuencia de consumo de productos derivados de la coca en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.
- Determinar la frecuencia de los síntomas de Mal Agudo de Montaña presentan los excursionistas tras el ascenso al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante enero del 2019.

## **1.3 Hipótesis y descripción de variables**

### **1.3.1 Hipótesis general**

La presencia de los siguientes factores (Edad, sexo, IMC, satO2, signos vitales, ciudad de residencia, comorbilidades, consumo de productos a base de coca, realizar

actividad física diaria) influyen en el desarrollo de Mal Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.

### **1.3.2 Hipótesis nula**

Ho (Nula): No existen factores influyentes (Edad, sexo, IMC, satO<sub>2</sub>, signos vitales, ciudad de residencia, comorbilidades, consumo de productos a base de coca, realizar actividad física diaria) en el desarrollo de Mal Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.

### **1.3.3 Hipótesis específica**

- La frecuencia de consumo de productos derivados de la coca en los excursionistas al nevado Huaytapallana que no presentan MAM es mayor frente a los que presentan MAM.
- El síntoma más frecuente de Mal Agudo de Montaña que presentan los excursionistas tras el ascenso al Nevado de Huaytapallana es la cefalea seguida de fatiga o cansancio, síntomas gastrointestinales y vértigo.

### **1.3.4 Descripción de variables**

- Variable independiente (x):

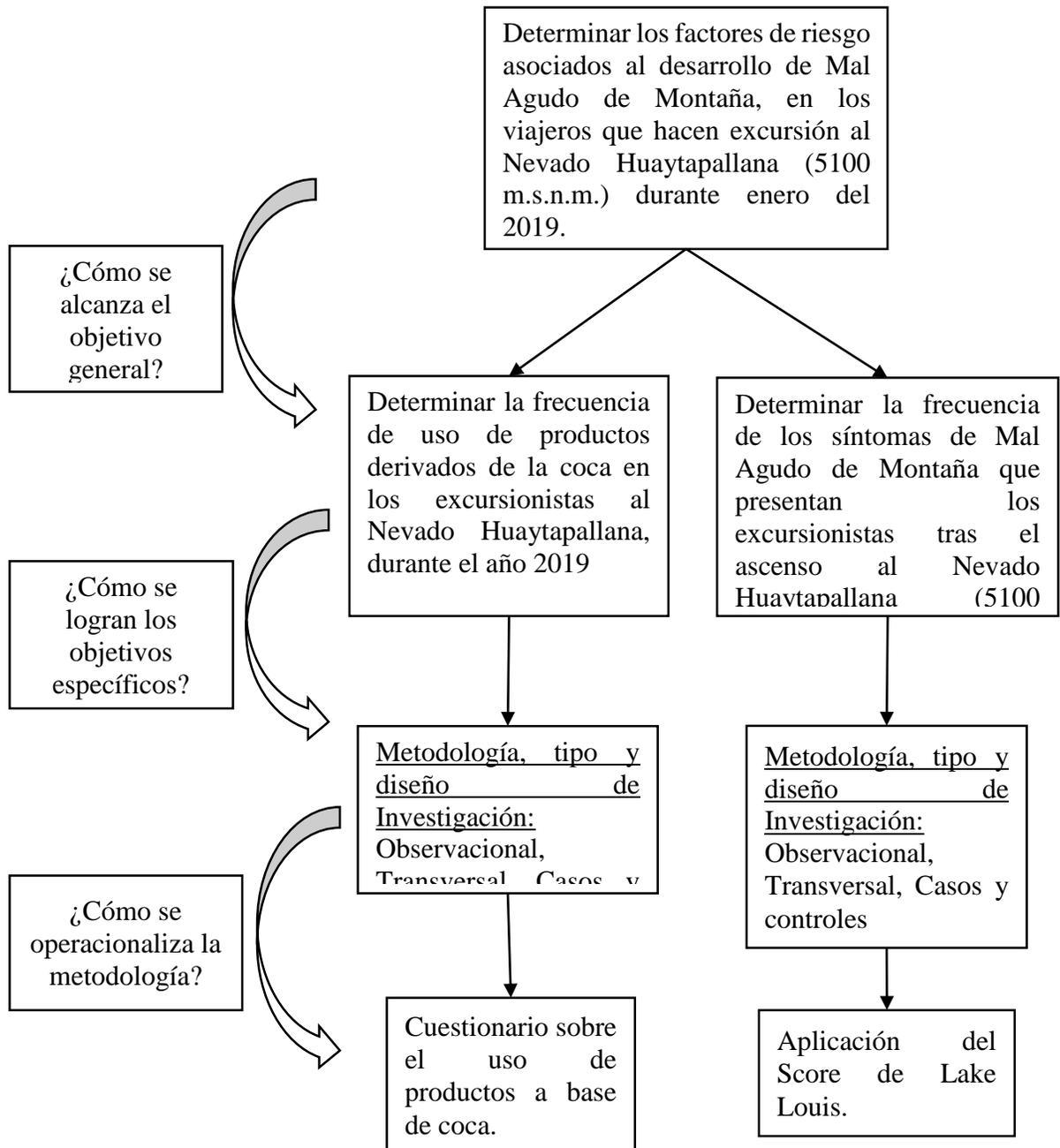
Factores de riesgo (Sexo, edad, altura del lugar de residencia, motivo de excursión, antecedente de visita a una ciudad de altura en los últimos 3 meses, antecedente de mal agudo de montaña, diagnóstico de alguna enfermedad crónica, consumo de coca, realizar actividad física diaria)

- Variable dependiente (y):

Mal Agudo de Montaña, variable de tipo categórica, de acuerdo a la puntuación obtenida en el Score de Lake Louis para Mal de Montaña.

## 1.4 Organización de la tesis

### 1.4.1 Desarrollo sistémico de la investigación (DSI)



**CUADRO 1.** Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Valores</b>
Mal de Montaña	El mal agudo de montaña (MAM), es la falta de adaptación del organismo a la hipoxia (falta de oxígeno) de la altitud.	Lake Louis(19)	Mal Agudo de Montaña Leve	Categórica	3-5 puntos; (3, siempre en cuando uno de los síntomas fue cefalea)
			Mal Agudo de Montaña Moderado		6-9 puntos
			Mal Agudo de Montaña Severo		10-12 puntos
Sexo	Es el conjunto de las peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos, y hacen posible una reproducción que se caracteriza por una diversificación genética	Se obtendrá el dato a partir de la ficha de recolección de datos		Categórico	Masculino
					Femenino
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Se tomará en cuenta el valor en años cumplidos, según nos informe el encuestado		Cuantitativa	
IMC			Bajo Peso	Categórica	<18.5

	Es un indicador de la relación entre el peso y la talla que se utiliza para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos.	Se calcula dividiendo el peso en kilos por el cuadrado de la talla en metros ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) de una persona.(20)	Normal		18.5 - 24.9 $\text{kg}/\text{m}^2$
			Sobrepeso		25 – 29.9 $\text{kg}/\text{m}^2$
			Obesidad		>30 $\text{kg}/\text{m}^2$
			Obesidad mórbida		>40 $\text{kg}/\text{m}^2$
Altitud de la ciudad de residencia	Se denomina nivel del mar al que sirve como referencia para ubicar la altitud de las localidades y accidentes geográficos	Este dato básicamente, se utilizará para determinar si el excursionista viene de una ciudad de altura o no. Se considerará como punto de corte 2500 m.s.n.m.	Ciudades a Nivel del Mar	Categoría	<2500 m.s.n.m.
			Ciudad de altura		>2500 m.s.n.m.
Actividad física	Es realizar cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía.(21)	Se obtendrá preguntando a los excursionistas si practican actividad física al menos 30 minutos seguidos por tres veces a la semana y fuera del trabajo.		Categoría	Físicamente inactivo
					Físicamente activo

Enfermedad crónica cardiopulmonar	Son aquellas enfermedades que presentan una afección de larga duración (más de 6 meses) y una progresión lenta, y que estén comprometiendo el sistema cardiaco y respiratorio.(22)	Se obtendrá según la información que nos brinde el paciente.		Categorica	Si presenta
					No presenta

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales.**

##### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña**

Se realizó un estudio sobre la incidencia de mal de montaña en los viajeros en tren Qinghai-Tíbet, los pasajeros viajaron de 2808m.s.n.m a 4768 m.s.n.m. en menos de una hora y media, y se encontró que el 78% reportó síntomas de mal de montaña agudo, y que el 24% hizo mal de montaña según los criterios de Lake Louis. La mayor incidencia (31%) se encontró en los habitantes de tierras bajas (2200-2500m.s.n.m) (23) Otros estudios, sobre la incidencia del MAM encontraron incidencias de 36%, 56% y 77% en los excursionistas a la montaña de Jade, Taiwan (3900 m.s.n.m.), Ollagüe, Chile (3696 m.s.n.m.), y al Kilimanjaro, Tanzania (5895 m.s.n.m.). (4)(5)(6)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña según el sexo**

En los viajeros en tren a Qinghai-Tíbet se encontró que las mujeres tuvieron un riesgo ligeramente mayor de mal de montaña agudo en relación al sexo opuesto.(23) Otro estudio, también encontró mayor incidencia de los síntomas de Mal Agudo de Montaña en el sexo femenino.(8)(9)(24) En un estudio francés realizado en un hospital de referencia para excursionistas que viajaron a más de 2500 m.s.n.m.; se encontró que el sexo femenino era un factor predictivo importante para el desarrollo de MAM con un OR: 2,07 (IC: 1,05- 4,05 p 0,035).(8) Un estudio en los excursionistas al Himalaya, también reportó que el sexo femenino se comporta como un factor de riesgo para MAM con un OR:1,70 (IC: 1,042- 2,87).(25) Sin embargo, también hay estudios en el que el sexo de los excursionistas es independiente al desarrollo de MAM;(26) es así que en un estudio realizado a excursionistas de los Alpes Suizos sobre la prevalencia de MAM, no encontró diferencias según el sexo.(27) Las diferencias entre los valores de hemoglobina en los varones y las mujeres se debe a la concentración sérica de testosterona, ya que es un estimulante de la producción de glóbulos rojos; por lo tanto, los varones suelen tener un valor normal de hemoglobina por encima de las mujeres; a un mismo nivel altitudinal. Esto podría explicar la predisposición del sexo femenino para el desarrollo de MAM frente al sexo opuesto, ya que un mayor nivel de hemoglobina en los varones, mejora el transporte de oxígeno y por lo tanto, facilita el proceso de aclimatación.(28)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña según el antecedente de MAM**

Un estudio en excursionistas al Monte de Aconcagua(6962 m.s.n.m.), en los que se evaluó el mal de montaña agudo y se encontró que el 39% lo presentaron y se asoció al antecedente de Mal Agudo de Montaña en exposiciones anteriores.(29) En excursionistas al Monte Donbavand (5671 m.s.n.m.) se encontró que la incidencia de MAM se relacionó con el antecedente de MAM con un OR: 1,88 (p: 0,15).(26) Y en un trabajo de investigación, realizado en montañeros que habían ascendido al Refugio Reina Margherita (4559 m.s.n.m.) que se encuentra situado en los Alpes, entre la frontera de Suiza e Italia; se encontró que aquellos con historia de MAM fueron 3 veces más susceptibles de presentar MAM (IC: 2,10-4,10); frente a los que no tuvieron dicho antecedente.(30)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña según el tiempo de aclimatación**

Encontramos, un estudio realizado en excursionistas al Parque de Aconcagua en el que aquellos con el antecedente de haber estado más de 10 días por encima de los 3000 m.s.n.m. durante el año previo a la excursión, se relacionó con un OR 0,60 (IC: 0,41- 0,86) de desarrollo de MAM.(31) De igual manera, en un grupo de excursionistas al Everest (5356 m.s.n.m.), se evidenció una menor incidencia de Mal Agudo de montaña en aquellos que durante la excursión acamparon por dos o más noches en Pheriche (4243 m.s.n.m.); en relación a los que acamparon sólo por una noche.(32) También encontramos un estudio de intervención aleatorizado en los excursionistas al Muztagh Ata (7546 m.s.n.m.); en el que se diseñó un protocolo de ascenso rápido y uno de ascenso lento; se evidenció que los excursionistas que

participaron del protocolo de ascenso lento en el que se incluyó días de aclimatación a gran altura, tuvieron menor incidencia de MAM y la severidad de los síntomas también se vio reducida.(33)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña según ciudad de residencia**

Un estudio realizado en los excursionistas a La Montaña de Colorado; se observa que el 27% de los excursionistas que vivían a nivel del mar desarrolló MAM, frente al 8.2% de las personas que vivían por encima de los 3000 m.s.n.m.; se calculó un OR: 3,52 (IC: 1,84-6,73).(34) En un estudio en relación a los síntomas relacionados al MAM en excursionistas al Monte Rainier (4294 m.s.n.m.); se evidenció una relación inversamente proporcional entre la presentación de los síntomas y la altitud de la ciudad de residencia de los excursionistas.(35) Así mismo, encontramos resultados similares en los excursionistas al Monte Donbavand (5610 m.s.n.m.) de Irán; en el que los excursionistas con una ciudad de residencia a menos de 900 m.s.n.m. presentaron mayor riesgo de MAM.(26)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña en el deportista**

Un estudio realizado en excursionistas al Nevado del Ruiz- Colombia en altitudes de 4.287 a 4.816 msnm, obtuvo como resultado que el sedentarismo se comporta como un factor predisponente para el desarrollo de MAM.(36)(37) Aquellos individuos que realizan actividad física con regularidad tienen una mayor capacidad aeróbica, un  $VO_2$  mayor, y por lo tanto una mayor tolerancia a la hipoxia y una mejor aclimatación fisiológica a la altura.(36)

### **Incidencia del Mal Agudo de Montaña y consumo de coca**

El consumo de productos de productos a base de coca para la prevención del Mal Agudo de Montaña no ha sido estudiado sistemáticamente y se deben usar productos que si han demostrado prevenir el MAM en lugar de la coca; ya que al momento, no se cuenta con evidencias científicas de su utilidad.(38) No se encontraron estudios experimentales, para demostrar la efectividad de estos productos con el fin, descrito previamente.

### **Frecuencia de síntomas de Mal Agudo de Montaña en los excursionistas**

Los síntomas del MAM; son producto de la vasodilatación craneal y del aumento de la presión intracraneal (PIC); en respuesta a la hipoxia, cuando la presión arterial de oxígeno(PaO<sub>2</sub>) es menor a 50mmHg la cual coincide cuando nos encontramos por encima de los 4600 m.s.n.m.;(39) es entonces, cuando se presenta la vasodilatación de los vasos sanguíneos intracraneales, ocasionando el estiramiento de los mismos; y se presenta la cefalea, en tanto, las náuseas y los vómitos aparecen por distorsión o presión del cuarto ventrículo.(40) Encontramos estudio, en el que se reporta que el síntoma más frecuente en relación al MAM es la cefalea (41) y en menor frecuencia los trastornos gastrointestinales.(34)

#### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Encontramos un estudio realizado en viajeros a Cusco, Perú (3,400 m), en dicho estudio se encontró una incidencia de MAM de 48.5% en los viajeros; además se

reportó que el uso de productos de hoja de coca se asoció con una mayor frecuencia de AMS. En relación a los síntomas de MAM que presentaron los viajeros, reportaron tener cefalea en un 60.3%.<sup>(7)</sup>

## **2.2 Bases teórica**

### **Mal de altura**

Es el término colectivo que se utiliza para los síndromes cerebrales y pulmonares que pueden ocurrir después de un ascenso inicial o tras la exposición a grandes altitudes. Por lo que este término incluye el Mal Agudo de Montaña, el edema cerebral de altura y el edema pulmonar de altura.<sup>(19)</sup> Estas condiciones son inducidas por el estrés hipóxico a grandes altitudes y se caracterizan por la acumulación de líquido extravascular en el cerebro y pulmones. Todos responden al descenso y a la oxigenoterapia.

### **Mal de montaña y edema cerebral de altura**

La mayoría de los expertos consideran el mal de montaña agudo y el edema cerebral de altura, para representar diferentes puntos de gravedad a lo largo del mismo proceso fisiopatológico en el cerebro.

El mal agudo de montaña es la forma más común de enfermedad tras la exposición a grandes altitudes y puede ocurrir después de ascenso rápido <sup>(4,17,29,42,43)</sup>. Se caracteriza por dolor de cabeza en combinación con otros síntomas inespecíficos, como malestar y anorexia.

El edema cerebral de altura es la forma menos común de enfermedad de alta altitud, pero es rápidamente fatal sin el pronto reconocimiento y tratamiento de la misma.

## **Edema pulmonar de altura**

El edema pulmonar de altura es un edema pulmonar no cardiogénico, poco frecuente y potencialmente mortal, que se desarrolla entre dos y cuatro días después de un rápido ascenso por encima de los 2500 m.s.n.m. (44). El edema pulmonar de altura, puede acompañarse al Mal agudo de montaña y al edema cerebral de altura, y es la causa más común de muerte entre las enfermedades de gran altitud.

Las personas que han tenido Edema pulmonar de altura están en alto riesgo de recurrencia si ascienden a la misma altitud, sobre todo si lo hacen a la misma velocidad de ascenso.

### **2.2.1 Fisiología del Mal Agudo de Montaña**

#### **Hipoxia Hipobárica**

La presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) es la fuerza motriz para la difusión de oxígeno, el oxígeno se traslada del aire inspirado al espacio alveolar a través de las vías respiratorias y luego se difunde a través de los alvéolos hacia la sangre, donde se lleva principalmente ligado a la hemoglobina, pero también en forma disuelta. A nivel de los capilares, el oxígeno se difunde a través de las paredes del vaso, a través de los tejidos y hacia las células, y finalmente hacia las mitocondrias.

La presión parcial de oxígeno del aire inspirado (PIO<sub>2</sub>) viene dada por la ecuación:  $PIO_2 = FIO_2 \times (P_b - 47 \text{ mmHg})$ , donde FIO<sub>2</sub> es la fracción de oxígeno en el aire inspirado, P<sub>b</sub> es la presión barométrica y 47 mmHg es la Presión de vapor de H<sub>2</sub>O a 37 ° C. El gas inspirado es 100% humidificado cuando alcanza los alvéolos y la

presión del vapor de agua es afectada por la temperatura, pero, no depende de la altitud.

La proporción de aire comprendida por el oxígeno (FIO<sub>2</sub>: 20,94 %) permanece constante en las elevaciones terrestres más altas. Por lo tanto, el PIO<sub>2</sub> está directamente afectada por la presión barométrica.

La presión barométrica disminuye de forma curvilínea con el aumento de la altitud.

La presión barométrica también disminuye a temperaturas bajas, mayor latitud, y durante el invierno. Aunque el efecto de estas variables sobre la presión barométrica no es tan importante como la altitud, la cuál se convierte en fisiológicamente significativa a elevaciones de aproximadamente 2800 m.s.n.m.(45)

A medida que la presión barométrica disminuye también lo hace el oxígeno disponible. A grandes altitudes, especialmente cuando las demandas de oxígeno de los tejidos son altas como ocurre cuando se hacen actividades deportivas, se produce una marcada reducción en el gradiente de presión y el oxígeno disponible, lo cual puede conducir a hipoxia tisular. Esta forma de hipoxia se denomina hipoxia hipobárica, y representa la causa inicial del Mal de Montaña Agudo.

### **Aclimatación**

La respuesta compensatoria normal a la hipoxia hipobárica aguda se denomina aclimatación, una serie compleja de cambios fisiológicos que involucran múltiples sistemas y ocurre en periodos variables (de minutos a semanas). La aclimatación mejora la oxigenación tisular aumentando la eficiencia con la que el oxígeno se desplaza y optimiza la utilización del mismo a nivel celular.

La aclimatación difiere de la "adaptación", ya que esta última hace referencia a los cambios fisiológicos que se producen en respuesta a la exposición crónica a la hipoxia hipobárica durante generaciones y se observan en algunas poblaciones permanentemente situadas a gran altitud. La capacidad de aclimatación varía mucho entre los individuos y depende de muchos factores, incluyendo el grado de estrés hipóxico (velocidad de ascenso, altitud alcanzada), la capacidad intrínseca del individuo para compensar la PaO<sub>2</sub> disminuida (variación genética y anatómica, condiciones médicas), y con factores extrínsecos, que pueden mejorar o interferir con los mecanismos compensatorios (por ejemplo, el alcohol, los medicamentos, la temperatura).(46)

Aunque los cambios compensatorios complejos que ocurren no pueden restaurar completamente la PO<sub>2</sub> del tejido a los valores del nivel del mar, la aclimatación puede mejorar sustancialmente el suministro de oxígeno y su utilización.

### **Ventilación y Pao<sub>2</sub>**

Un aumento en la ventilación es el primer paso y el más importante para mejorar el suministro de oxígeno en nuestro cuerpo, sin cambios en la ventilación, los humanos no podrían tolerar altitudes superiores a los 5000 m.s.n.m.

La estimulación hipóxica de los quimiorreceptores periféricos (en los cuerpos carotídeo y aórtico) produce un aumento de la ventilación minuto, situación que se denomina respuesta ventilatoria hipóxica. En general, la ventilación minuto aumenta de manera casi lineal con disminución de la SpO<sub>2</sub>. La ventilación alcanza un máximo sólo después de cuatro a siete días a la misma altitud.

La respuesta ventilatoria hipóxica es genéticamente determinada y bastante variable entre los individuos, no está influenciada por el entrenamiento atlético, pero es afectado por factores extrínsecos, tales como depresores respiratorios (por ejemplo, alcohol y sedantes / hipnóticos) y el sueño fragmentado. Por el contrario, los estimulantes respiratorios (p. Ej., Progesterona) y simpaticomiméticos (por ejemplo, coca, cafeína) aumentan la respuesta ventilatoria hipóxica.

Mientras que uno podría asumir que una enérgica respuesta ventilatoria hipóxica reducirá el grado de hipoxia y protegerá contra el mal agudo de montaña, los estudios no han podido demostrar este hallazgo consistentemente. Sin embargo, una baja respuesta ventilatoria hipóxica se asocia con un mayor riesgo de edema pulmonar de altura, tal vez porque aumenta la hipoxia inducida por la vasoconstricción pulmonar, lo que lleva a un exagerado aumento de la presión arterial pulmonar.(47)

A medida que la ventilación aumenta en respuesta a la hipoxia, la PaCO<sub>2</sub> disminuye y el pH aumenta. Los quimiorreceptores centrales en la médula del cerebro responden a la alcalosis en el líquido cefalorraquídeo (LCR) mediante la inhibición de la ventilación, de tal manera que se atenúa la respuesta ventilatoria hipóxica. Aunque los quimiorreceptores periféricos son sensibles a los cambios en el pH, los quimiorreceptores centrales desempeñan el papel principal en esta respuesta.

La compensación renal parcial por alcalosis respiratoria ocurre dentro de 24 a 48 horas de ascenso, ya que los riñones excretan bicarbonato, disminuyendo el pH hacia la normalidad y permitiendo que la ventilación aumente de nuevo a medida

que se reduce la alcalosis. La concentración de bicarbonato en plasma continúa disminuyendo y la ventilación aumenta con nuevos aumentos de altitud.

### **Cambios circulatorios**

Los cambios circulatorios después del ascenso tienen implicancias en la circulación sistémica, cerebral y pulmonar. Tras un aumento rápido y sostenido a grandes altitudes, el aumento de la actividad simpática aumenta transitoriamente el gasto cardíaco, la presión arterial, la frecuencia cardíaca y el tono venoso. La frecuencia cardíaca se mantiene elevada, mientras que el volumen sistólico disminuye debido a la disminución del volumen plasmático, que puede disminuir hasta un 12% en las primeras 24 horas de la diuresis con bicarbonato, además hay un desplazamiento de fluidos desde el espacio intravascular y supresión de la aldosterona.

Los vasos sanguíneos cerebrales están autorregulados en respuesta a los cambios tanto de oxígeno como de CO<sub>2</sub>. En el cerebro, el suministro de oxígeno depende del flujo sanguíneo cerebral, que a su vez depende del equilibrio de la vasodilatación (en respuesta a la hipoxia), la vasoconstricción (en respuesta a la hipocapnia) y los cambios en la autorregulación. Aunque existe una variación considerable de la autorregulación cerebral entre los individuos hipóxicos, el flujo sanguíneo cerebral y la administración de oxígeno generalmente se mantiene hasta niveles de SpO<sub>2</sub> de 70 a 80 por ciento a pesar de la hipocapnia marcada. La variación individual en el flujo sanguíneo cerebral está relacionada con las diferencias en las respuestas ventilatorias a la hipoxia y a la hipocapnia.

Los vasos sanguíneos pulmonares hacen vasoconstricción en respuesta a la hipoxia, lo que resulta en un rápido incremento de la resistencia vascular pulmonar y de la

presión de la arteria pulmonar. La variación individual en la magnitud de esta respuesta puede variar ampliamente. Un aumento exagerado de la presión pulmonar y de la resistencia vascular pulmonar se asocia con la susceptibilidad a hacer edema pulmonar de altura.

### **Entrega y utilización de oxígeno**

La difusión de oxígeno de los capilares a las mitocondrias y su posterior uso por estas organelas constituye el paso final de la cascada de oxígeno. La distancia de difusión de la pared capilar a la mitocondria disminuye a gran altitud, principalmente debido a la reducción en el diámetro de las fibras musculares, que se atrofian durante las expediciones de alta altitud.

A nivel de tejido, HIF-1- $\alpha$  estimula el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), que estimula la angiogénesis y la síntesis de óxido nítrico. Esto da como resultado un mayor flujo de sangre y suministro de oxígeno a los tejidos. El factor 1- $\alpha$  inducible por hipoxia (HIF-1- $\alpha$ ) es un factor de transcripción responsable de activar más de 350 genes en respuesta a la hipoxia, y su activación probablemente juega un papel importante en la aclimatación a nivel celular. También se producen mejoras en el metabolismo oxidativo y en el intercambio gaseoso.

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **Mal Agudo de montaña**

Es un conjunto de síntomas clínicos que se produce en respuesta a un ambiente con una baja presión parcial de oxígeno y una disminución en la presión de aire; cuando se asciende por encima de los 2500 m.s.n.m..(1)

### **Excursionistas**

El excursionista se define como un turista que realiza un viaje de mayor duración, se desplaza por proximidad geográfica ya sea por una motivación cultural o rural.(48)

### **Gran Altitud**

Altitud geográfica igual o superior a los 3.000 msnm e inferior a 5.500 msnm.(49)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

El presente trabajo es un estudio analítico, no experimental, observacional, de tipo casos y controles.

##### **3.1.1 Metodología de la Investigación**

Científica, es un proceso creativo que se origina de un problema cognoscitivo y pudiendo llegar a desarrollar nuevos problemas. (50)

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

Básica, se busca mejorar el conocimiento, más que generar resultados o tecnologías que beneficien a la sociedad en el futuro. (51)

##### **3.1.3 Nivel de investigación**

Casos y controles; es un estudio analítico que se realiza de forma retrospectiva y se ha empleado para poder identificar los factores de riesgo que se asocian a alguna

enfermedad (Mal Agudo de Montaña), obteniendo la información de fuentes primarias.(52)

### **3.2 Diseño de la investigación**

No experimental, no hubo manipulación de la variables, tan solo se observó el comportamiento de cada uno; asimismo se recolectaron los datos en un solo momento y en un tiempo único, siendo así una investigación transversal. (53)

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Excursionistas mayores de 18 años que realicen la excursión al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante el 2019.

#### **3.3.2 Muestra**

Para el cálculo de muestra del presente trabajo de investigación se procedió a realizar un estudio piloto con 30 personas, el factor con el que se trabajó fue el sexo, en el que se identificó al sexo femenino como un factor de riesgo para el desarrollo de MAM, obteniendo un tamaño muestral de 206 personas (Casos: 103 y Controles: 103); a muestra se obtuvo con un error alfa de 0.5, un error beta de 0.2 y un ratio de 1.

#### **Unidad de Muestra**

Excursionistas que hicieron trekking al Nevado Huaytapallana que desarrollaron y no desarrollaron Mal de Montaña Agudo durante enero del 2019.

### **3.2.2.1 Criterios de Inclusión**

- Personas de ambos sexos
- Personas con 18 o más edad.

### **3.2.2.2 Criterios de Exclusión**

- Personas que han consumido medicamentos sintomáticos para aliviar el Mal Agudo de Montaña.
- Personas que no completaron el circuito al Nevado Huaytapallana por motivos distintos a la presentación de Mal Agudo de Montaña.

## **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La ficha de recolección de datos se aplicó a los excursionistas que retornan de realizar el recorrido al Nevado Huaytapallana. La ficha fue anónima y consta básicamente de datos generales, datos demográficos, consumo de coca, y sobre la presentación de síntomas de Mal de Montaña Agudo, para lo que se incluye la Puntuación Clínica de Lake Louis (LLCS), esta escala se realiza en base a cuatro parámetros clínicos (Dolor de cabeza, Náuseas y vómitos, Vértigo y Fatiga)(54), cada uno de estos parámetros clínicos puede tomar una puntuación de 0- 3 puntos, de acuerdo a la gravedad de presentación de cada uno de estos síntomas. Para la interpretación de la LLCS, debemos saber que la puntuación máxima será de 12 y la mínima de 0, se considerará Mal Agudo de Montaña Leve, con un puntaje de 3-5 (3, siempre en cuando, el dolor de cabeza haya estado presente), con un puntaje de 6-9 se considera Mal Agudo de Montaña Moderado y Severo con una puntuación de 10 o más.

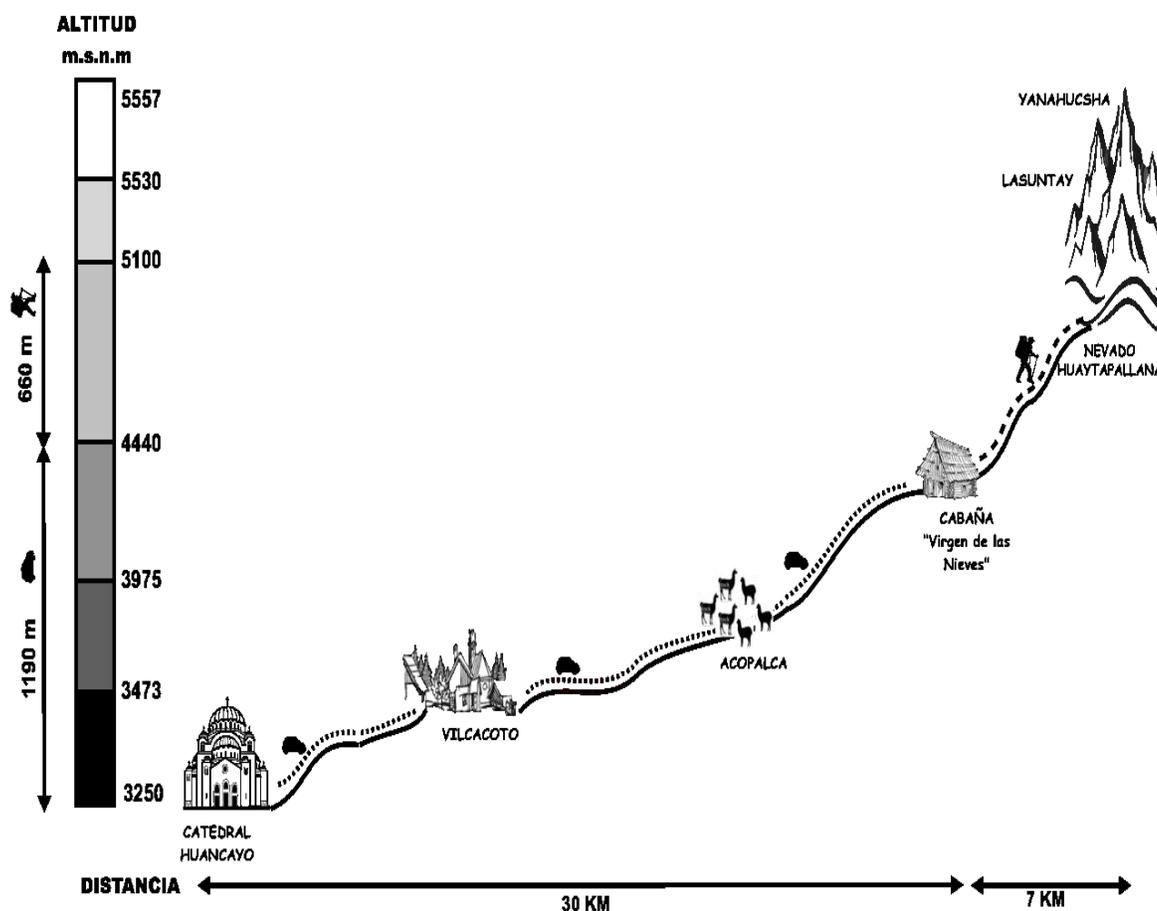
### **3.3.1 Descripción de los instrumentos**

Para esta investigación se utilizó: una ficha de recolección de datos (demográficos, clínicos) y el Score de Lake Louis, para la determinación del Mal Agudo de Montaña.

### **3.3.2. Ruta de Ascenso al Nevado Huaytapallana**

El recorrido se inicia en la ciudad de Huancayo (3250m.s.n.m) cuyo lugar de encuentro es la “Catedral de la Santísima Trinidad”, la cual se encuentra en la Plaza Constitución; desde este punto los buses se dirigen hacia la Cabaña “Virgen de las Nieves” (4440 m.s.n.m.), donde se da inicio a la excursión hacia el Nevado Huaytapallana; durante el recorrido se pasa por Vilcacoto (3473 m.s.n.m.) donde se realiza una primera parada para la compra de insumos que se necesitaran en la excursión hacia el Nevado, continuando con el recorrido se pasa por el Centro Poblado de Acopalca (3975 m.s.n.m.) que se caracteriza por ser una zona ganadera; finalmente, se hace una última parada en la Cabaña “Virgen de las Nieves” (4440 m.s.n.m.), donde los excursionistas inician el ascenso al Nevado a pie, la ruta de ascenso hasta alcanzar contacto con la nieve(5100 m.s.n.m.) es de aproximadamente 6km, los cuales se alcanzan tras aproximadamente 4 horas de caminata; donde no se hace una parada de más de una hora, para luego retornar. Los excursionistas ascienden alrededor de 1190 metros de altitud desde el inicio del recorrido hasta la Cabaña “Virgen de las Nieves” en bus; y 660 metros de altitud a pie, hasta tener contacto con la nieve del Nevado Huaytapallana. **(Ver gráfico 2)**

El Nevado Huaytapallana tiene múltiples picos, alcanzando los 5557 m.s.n.m en su pico más alto, el cual tiene nombre propio (Lasuntay), y el segundo pico (Yanahucsha) alcanza los 5530 m.s.n.m. Los excursionistas, sólo llegan hasta los 5100 m.s.n.m. donde inicia el contacto de la nieve; en un intento de proteger el deshielo del glacial.(11)



FUENTE: Elaboración propia

### Gráfico 2. Ruta de ascenso al Nevado de Huaytapallana

El recorrido se inicia en: 1. "Catedral de la Santísima Trinidad" de Huancayo (3250m.s.n.m) 2. Vilcacoto (3473 m.s.n.m.) 3. Acopalca (3950 m.s.n.m.) y 4. La Cabaña "Virgen de las Nieves"(4440 m.s.n.m.); posteriormente, se inicia el ascenso a pie hacia el Nevado Huaytapallana, hasta tener contacto con la nieve (5100 m.s.n.m.). El recorrido en línea discontinua corta, se realizó en bus (30km). El recorrido con línea discontinua larga se hizo a pie (7km)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

De los 206 participantes, 103 excursionistas fueron casos (Desarrollaron Mal Agudo de Montaña) y 103 excursionistas fueron controles (No desarrollaron Mal Agudo de Montaña). La edad promedio en el grupo control fue de 28,6 (DS 9,4) y en los excursionistas que desarrollaron Mal Agudo de Montaña fue de 27,85 (DS 9,8), en cuanto al sexo 60 (61,2%) fueron varones en el grupo que no tuvo síntomas de MAM, mientras que el sexo femenino 65 (60,2%) fue predominante en el grupo que desarrolló MAM; evidenciándose una diferencia estadísticamente significativa ( $p$  0,002). En Relación al índice de masa corporal de los participantes, la mayoría de los excursionistas tiene un IMC adecuado 67 (50,4%) y 66 (49,6%); para el grupo de casos y controles; respectivamente, donde no se evidencia diferencia respecto a cada grupo. En cuanto a las características demográficas de los excursionistas, aquellos que residen en una ciudad menor a 2500 msnm, 73 (59,4%) desarrollan Mal Agudo de Montaña tras realizar la excursión, mientras que los participantes que viven a mayor altura (>2500 msnm) 30 (36,1%) presentaron MAM, siendo estadísticamente significativo con un valor  $p$  0,001.

Los excursionistas que no residen en la ciudad de Huancayo y que tuvieron una estancia en la ciudad antes de la excursión menor o igual a 1 día, 58 (66,7%) presentó MAM; en tanto, del grupo que permaneció por un tiempo mayor o igual a 2 días en la ciudad 15 (44,1%) presentó MAM, siendo estadísticamente significativo con un valor  $p < 0.0001$ . El haber tenido como antecedente MAM, también fue una característica con diferencias significativas ( $p < 0,000$ ) para cada grupo; es así que el 75.5% excursionistas con antecedente de MAM volvieron a presentar MAM tras la excursión; mientras que el 41,2% de los excursionistas sin antecedente de MAM fueron casos.

Los excursionistas que reportaron haber realizado actividad física diaria en algún momento de su vida no fue una variable que influyó en el desarrollo o no de MAM; mientras que, los que reportaron realizar actividad física diaria en la actualidad tuvieron menor incidencia de desarrollar MAM 11 (26,8%), frente al grupo contrario en el que 92 (55,8%) desarrollaron MAM. El antecedente de tener alguna enfermedad crónica cardiopulmonar se comportó como un factor predisponente de MAM, presentándose en el 72,2% de excursionistas con dicho antecedente y en el 47.9% de quienes reportaron no tener ninguna enfermedad crónica cardiopulmonar ( $p 0,048$ ). El consumo de productos a base de coca recomendados tradicionalmente para la prevención de MAM, no se relacionó con la presencia o no de MAM en los excursionistas. En relación a la saturación oxígeno se obtuvo que, la media fue de 84,4 (DS 5) en el grupo control y de 81.4 (DS 7,1) en el grupo que desarrolló MAM, con una diferencia significativa ( $p 0,000$ ).

**Tabla 1.**

*Características de los excursionistas que desarrollaron MAM y de los excursionistas que no desarrollaron MAM*

<b>Variable</b>	<b>Excursionistas que desarrollaron MAM (Enfermos n=103) n (%)</b>	<b>Excursionistas que no desarrollaron MAM (Sanos n=103) n (%)</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Edad, años – media (DS)</b>	27,9 (9,8)	28,6 (9,4)	0,540
<b>Sexo</b>			<b>0,002**</b>
<b>Femenino</b>	65 (60,2)	43 (39,8)	
<b>Masculino</b>	38 (38,8)	60 (61,2)	
<b>IMC</b>			0,740
<b>Bajo peso</b>	1 (25,0)	3 (75,0)	
<b>Normal</b>	67 (50,4)	66 (49,6)	
<b>Sobrepeso</b>	32 (51,6)	30 (48,4)	
<b>Obesidad</b>	3 (42,9)	4 (57,1)	
<b>Altura de la ciudad de residencia</b>			<b>0,001**</b>
<b>&gt;2500 msnm</b>	30 (36,1)	53 (63,9)	
<b>&lt;2500 msnm</b>	73 (59,4)	50 (40,7)	
<b>Estancia antes de la excursión</b>			<b>&lt;0,000**</b>
<b>≤1 día</b>	58 (66,7)	29 (33,3)	
<b>&gt;1 día</b>	15 (44,1)	19 (55,9)	
<b>Nativo</b>	30 (35,3)	55 (64,7)	
<b>Visitó ciudad de altura 3 meses antes de la excursión</b>			0,100
<b>Si</b>	29 (42,0)	40 (58,0)	
<b>No</b>	74 (54,0)	63 (46,0)	
<b>Antecedente de MAM</b>			<b>&lt;0,000**</b>
<b>Si</b>	40 (75,5)	13 (24,5)	
<b>No</b>	63 (41,2)	90 (58,8)	
<b>Antecedente de Actividad física diaria</b>			0,080
<b>Si</b>	31 (41,9)	43 (58,1)	
<b>No</b>	72 (54,6)	60 (45,5)	
<b>Actividad física diaria en la actualidad</b>			<b>0,001**</b>
<b>Si</b>	11 (26,8)	30 (73,2)	
<b>No</b>	92 (55,8)	73 (44,2)	

<b>Enfermedad crónica cardiopulmonar</b>			<b>0,048**</b>
<b>Si</b>	13 (72,2)	5 (27,8)	
<b>No</b>	90 (47,9)	98 (52,1)	
<b>Consumo de productos a base de coca</b>			0,050
<b>Si</b>	77 (64,6)	64 (45,4)	
<b>No</b>	26 (40,0)	39 (60,0)	

Los datos se expresan como n (%) para las variables categóricas y media (SD) para las variables cuantitativas; \*Pearson, chi cuadrado o t-Student según correspondía; \*\*Valor  $p < 0.05$

En relación a los síntomas de MAM el síntoma que se presentó con mayor frecuencia en los excursionistas al nevado Huaytapallana fue el de fatiga/debilidad en un 84,5%, seguido de cefalea (57,7%), vértigo (29,1%) y en menor frecuencia se presentaron síntomas gastrointestinales (25,2%); el orden de la frecuencia de los síntomas se mantiene tanto en el grupo que desarrolló MAM, como en el que no. (**Ver tabla 2**)

En cuanto al impacto que los síntomas de MAM tuvieron en el desempeño físico de los excursionistas, podemos observar que el 65,1% de los excursionistas que no desarrollaron MAM reportaron no sentir ningún cambio en su desempeño físico; en tanto el 73.3% de los excursionistas que desarrollaron MAM refirieron que los síntomas que sintieron durante la excursión los obligaron a ir bajo su propio ritmo, y el 4,9% de este grupo refirió que los síntomas los obligaron a abandonar la excursión y retornar de la misma. (**Ver tabla 2**)

En los sujetos que no alcanzaron el puntaje para MAM se evidenció que hasta el 69,9% presentó fatiga/debilidad, 21,4% de estos excursionistas reportaron cefalea, 6,8% refirió vértigo y solo el 5,8% tuvo algún síntoma gastrointestinal; todos estos síntomas se presentaron en sus formas de menor gravedad; y un solo excursionista de este grupo

reporto un síntoma de severidad (fatiga/debilidad) sin otros síntomas asociados. **(Ver tabla 2 y 3)**

En los excursionistas que desarrollaron MAM el síntoma más frecuente también fue el de debilidad/fatiga presentándose en el 99,0%, seguido de cefalea, vértigo y síntomas gastrointestinales en un 94,3%, 51,5% y 44,7%; respectivamente. En relación a la severidad de los síntomas el 70,9% refirió presentar fatiga/debilidad moderada y el 10,7% presentó dicho síntoma en su forma más severa; el 43,7% reportó cefalea moderada y hasta el 17,5% presentó cefalea severa; la mayoría (47,6%) de excursionistas no refirió vértigo durante la excursión y en los que estuvo presente este síntoma fue de leve intensidad (36,9%), ninguno de estos excursionistas reportó presentar vértigo severo. Los síntomas gastrointestinales se reportaron con menor frecuencia, es así que más de la mitad de este grupo (54,3%) no reportó ningún síntoma gastrointestinal, del grupo restante el 27,2% refirió presentar náuseas, el 13,6% presentó algún episodio de vómito durante la excursión y el 4,9% refirió haber presentado episodios de vómitos en más de 3 oportunidades, siendo calificado como vómitos severos. **(Ver tabla 2 y 3) (Ver gráfico del 3 al 9)**

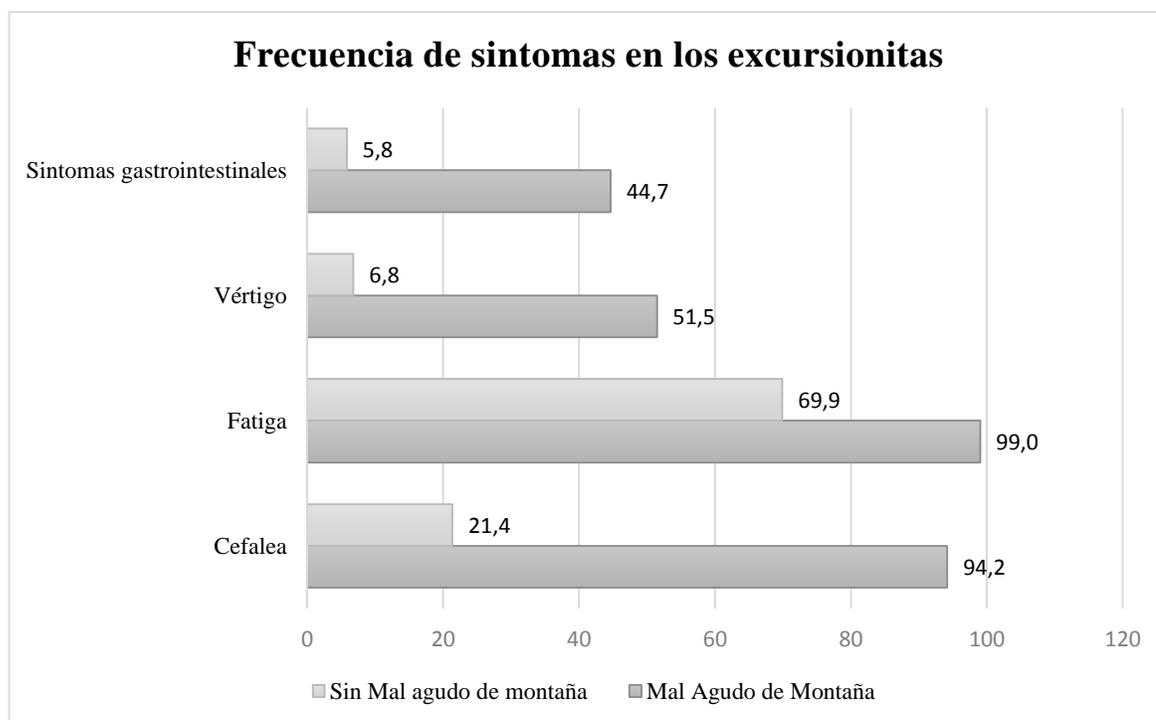
De los excursionistas con MAM 72 (69,9%) fue de leve intensidad, 27 (26,2%) presentó MAM de moderada intensidad y 4 (3,8%) tuvo un MAM severo.

**Tabla 2.**

*Frecuencia de síntomas de MAM en excursionistas que desarrollaron MAM y excursionistas que no desarrollaron MAM*

<b>Síntomas de Mal Agudo de Montaña</b>	<b>Excursionistas que desarrollaron MAM (n=103) n (%)</b>	<b>Excursionistas que no desarrollaron MAM (n=103) n (%)</b>	<b>Total</b>
<b>Cefalea</b>			
<b>Si</b>	97 (94,2)	22 (21,4)	119 (57,7)
<b>No</b>	6 (5,8)	81 (78,6)	87 (42,2)
<b>Síntomas gastrointestinales</b>			
<b>Si</b>	46 (44,7)	6 (5,8)	52 (25,2)
<b>No</b>	57 (55,3)	97 (94,2)	154 (74,8)
<b>Fatiga/Debilidad</b>			
<b>Si</b>	102 (99,0)	72 (69,9)	174 (84,5)
<b>No</b>	1 (1,0)	31 (30,1)	32 (15,5)
<b>Vértigo</b>			
<b>Si</b>	53 (51,5)	7 (6,8)	60 (29,1)
<b>No</b>	50 (48,5)	96 (93,2)	146 (70,9)
<b>Puntaje clínico funcional de MAM. En general, si tuvo síntomas de MAM, ¿cómo afectaron sus actividades?</b>			
<b>En absoluto</b>	9 (8,7)	67 (65,1)	76 (36,9)
<b>Tuve algunos síntomas, pero no forzó ningún cambio en mi actividad física</b>	34 (33,0)	16 (15,5)	50 (24,3)
<b>Mis síntomas me obligaron a ir bajo mi propio ritmo</b>	55 (73,3)	20 (26,7)	75 (36,4)
<b>Mis síntomas me obligaron a retornar</b>	5 (4,9)	-	5 (2,4)

Los datos se expresan como n (%) para las variables categóricas y media (SD) para las variables cuantitativas.



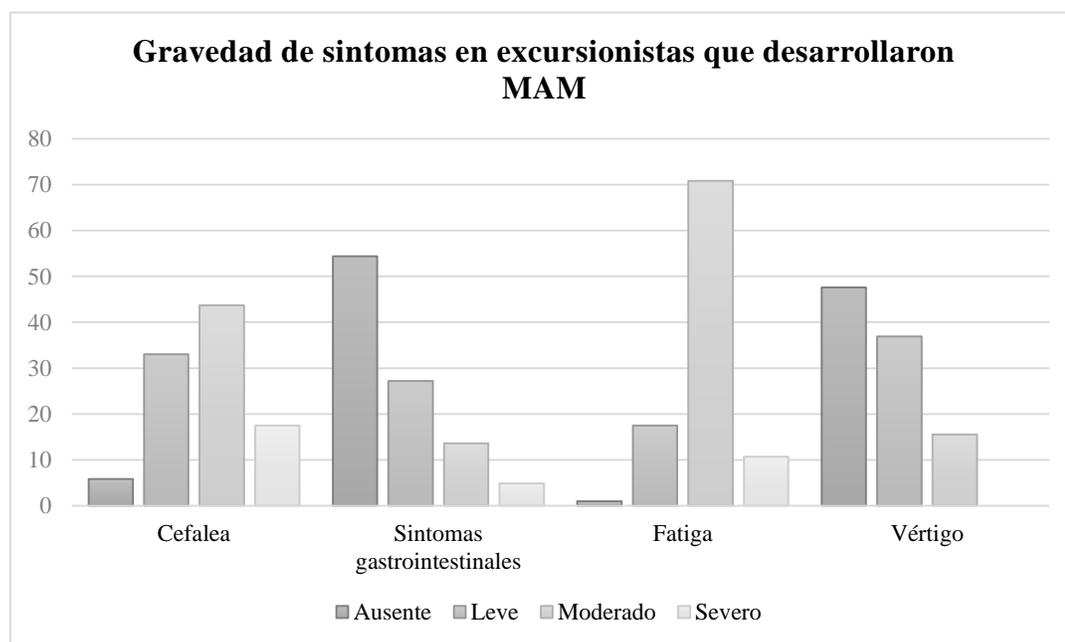
**Gráfico 3.** Frecuencia de síntomas de MAM en excursionistas que desarrollaron MAM y excursionistas que no desarrollaron MAM

**Tabla 3.**

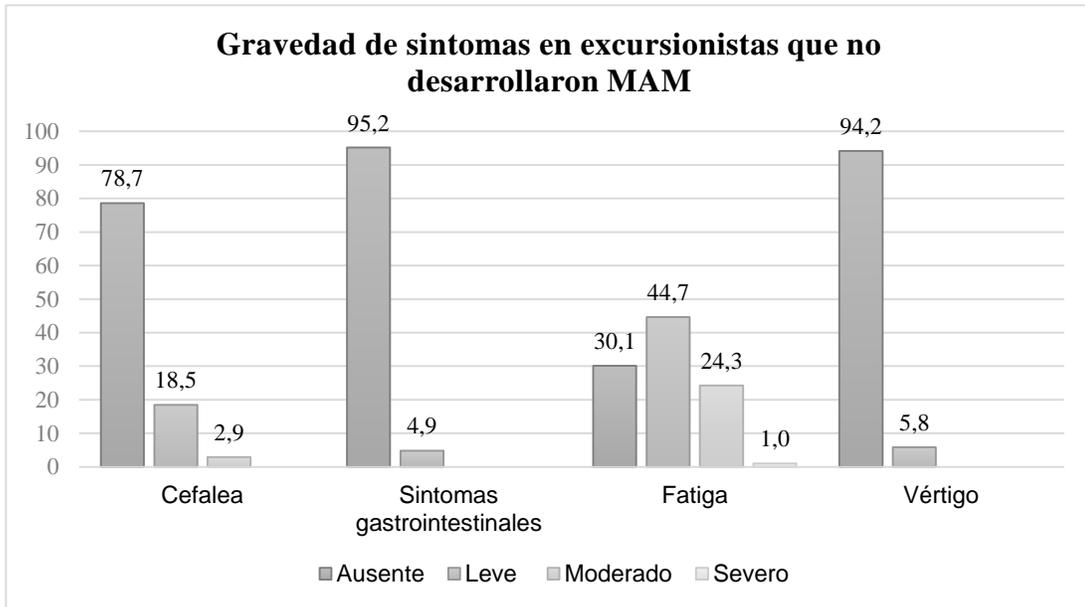
*Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que desarrollaron MAM y sujetos que no desarrollaron MAM*

Síntomas de Mal Agudo de Montaña	Sujetos que desarrollaron MAM (n=103) n (%)	Sujetos que no desarrollaron MAM (n=103) n (%)	Total
<b>Cefalea</b>			
Ausente	6 (5.83)	81 (78.64)	87 (42.23)
Leve	34 (33.01)	19 (18.45)	53 (25.73)
Moderado	45 (43.69)	3 (2.91)	48 (23.3)
Severo	18 (17.48)	-	18 (8.74)
<b>Síntomas gastrointestinales</b>			
Buen apetito	56 (54.37)	98 (95.15)	154 (74.76)

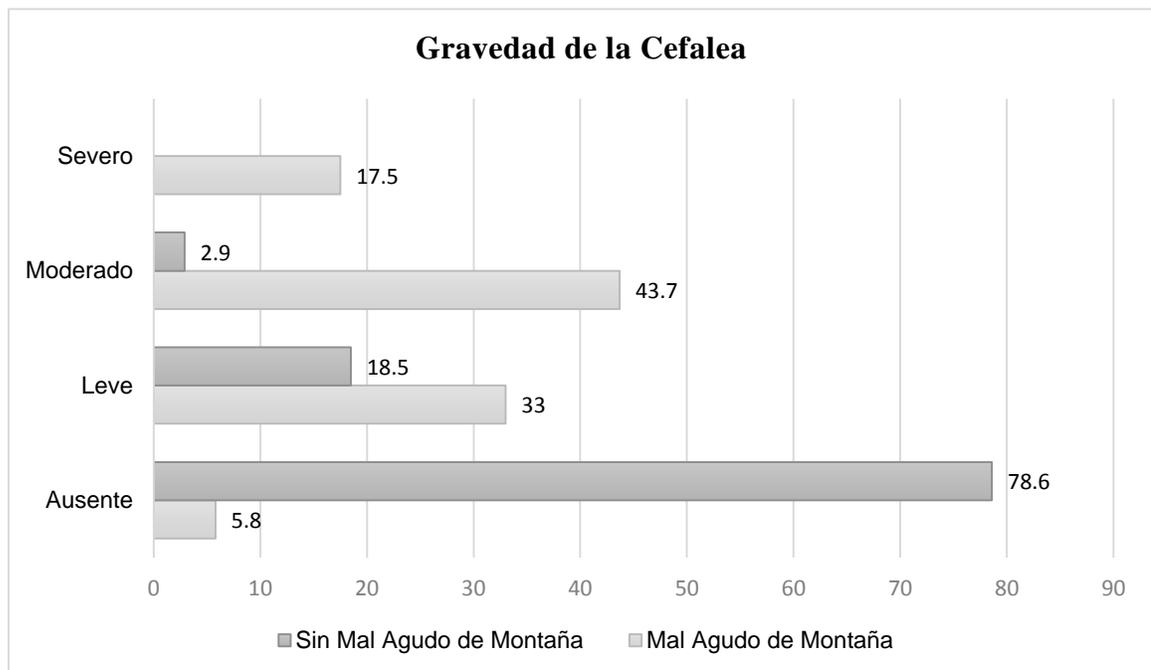
<b>Náuseas</b>	28 (27.18)	5 (4.85)	33 (16.02)
<b>Vómito</b>	14 (13.59)	-	14 (6.80)
<b>Vómitos severos</b>	5 (4.85)	-	5 (2.43)
<b>Fatiga/Debilidad</b>			
<b>Ausente</b>	1 (0.97)	31 (30.10)	32 (15.53)
<b>Leve</b>	18 (17.48)	46 (44.66)	64 (31.07)
<b>Moderada</b>	73 (70.87)	25 (24.27)	98 (47.57)
<b>Severa o incapacitante</b>	11 (10.68)	1 (0.97)	12 (5.83)
<b>Vértigo</b>			
<b>Ausente</b>	49 (47.57)	97 (94.17)	146 (70.87)
<b>Leve</b>	38 (36.89)	6 (5.83)	44 (21.36)
<b>Moderado</b>	16 (15.53)	-	16 (7.77)
<b>Severo o incapacitante</b>	-	-	-



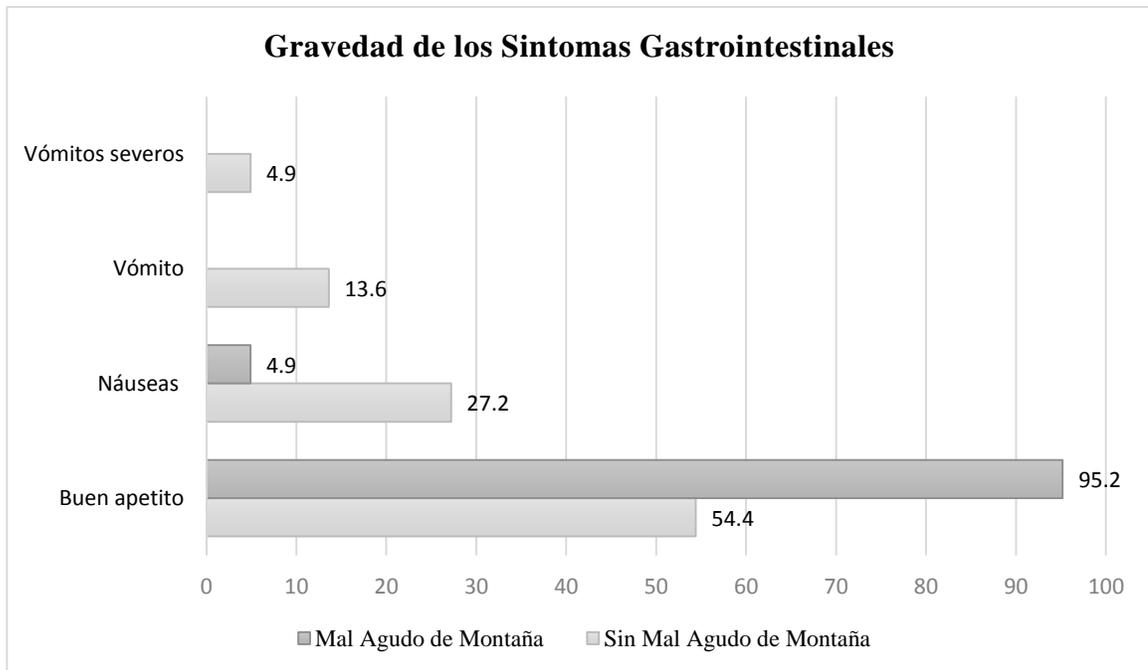
**Gráfico 4.** Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que desarrollaron MAM.



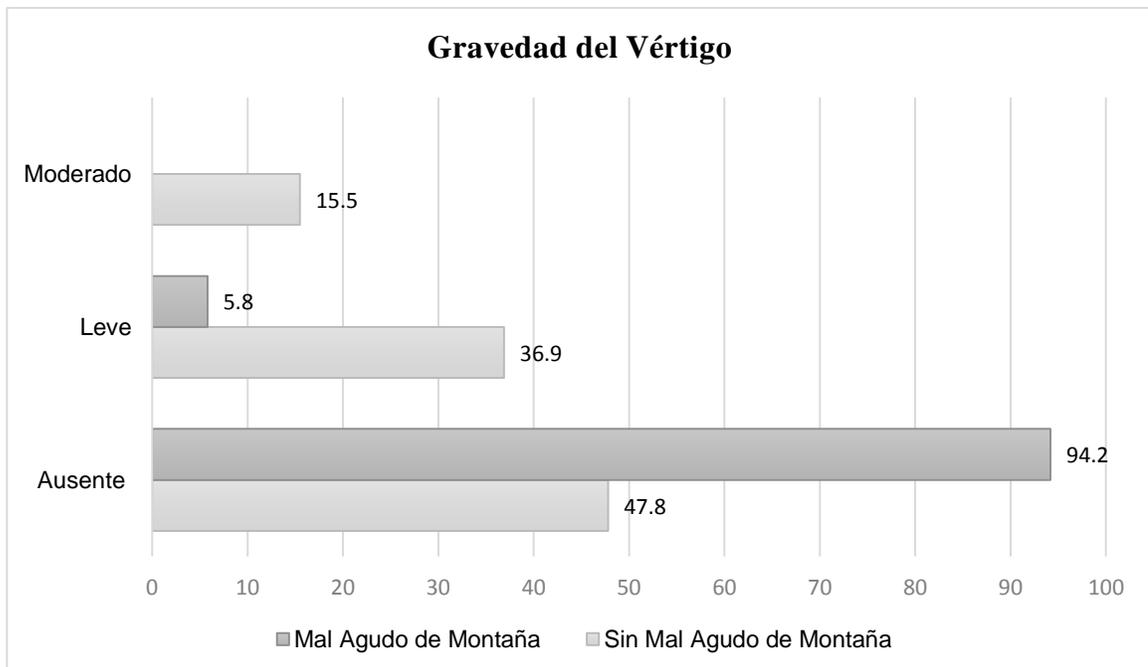
**Gráfico 5.** Gravedad de síntomas de Mal Agudo de Montaña en sujetos que desarrollaron MAM.



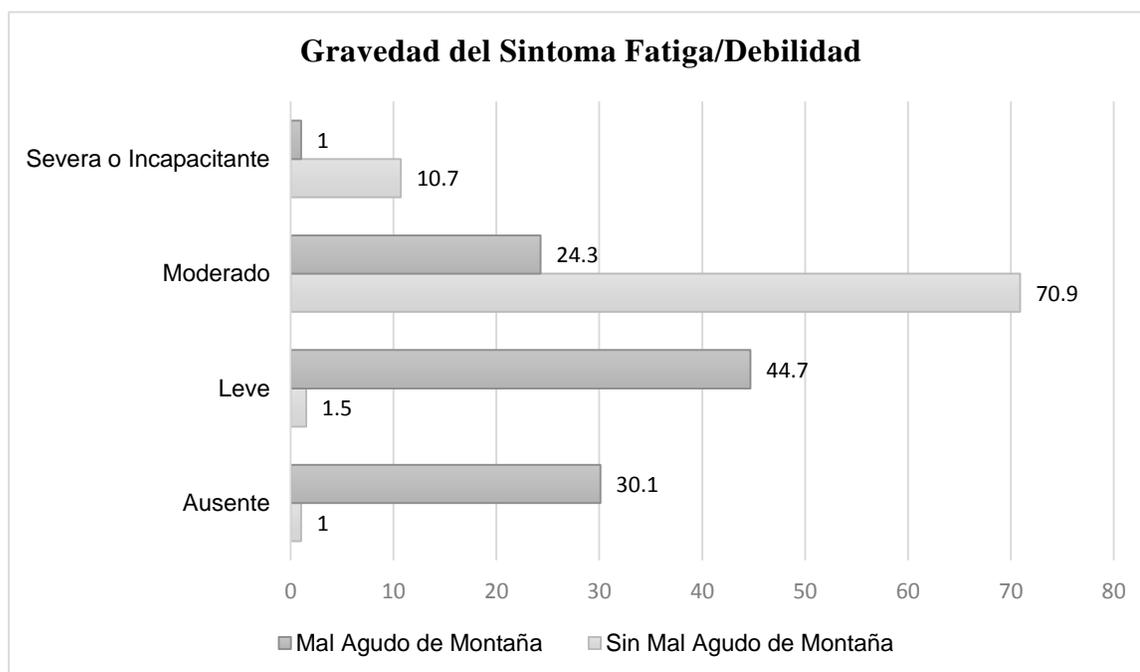
**Gráfico 6.** Gravedad de la cefalea en excursionistas al Nevado Huaytapallana



**Gráfico 7.** Gravedad de los síntomas Gastrointestinales en excursionistas al Nevado Huaytapallana



**Gráfico 8.** Gravedad del síntoma Fatiga/Debilidad en excursionistas al Nevado Huaytapallana



**Gráfico 9.** Gravedad del Vértigo en excursionistas al Nevado Huaytapallana

En la **tabla 4**, evidenciamos que ser de sexo femenino predispone a presentar Mal Agudo de Montaña (OR 2,30; IC 1,36-4,17; valor  $p=0,002$ ), residir a un nivel de altura  $<2500$  m.s.n.m. también se asocio a un mayor riesgo de presentar MAM (OR 2,57; IC 1,45 – 4,58; valor  $p=0,001$ ), para los excursionistas foráneos que estuvieron  $\leq 1$  día en la ciudad de Huancayo antes de realizar la excursión al nevado de Huaytapallana, se evidenció una mayor incidencia de MAM (OR 1,91; IC 1,39 – 2,62; valor  $p<0,000$ ). Los excursionistas que tenían como antecedente Mal Agudo de Montaña tuvieron 4.3 veces más riesgo de desarrollar el mismo episodio (IC 2,17-8,80; valor  $p<0,000$ ). Realizar actividad física diaria se comportó como un factor protector para el desarrollo de MAM (OR 0,29; IC 0,13-0,61; valor  $p=0,001$ ). Se observa también que el nivel de saturación de oxígeno fue

más baja en los excursionistas con MAM, frente a los excursionistas que no desarrollaron MAM (OR 1,07; IC 1,02-1,12; p=0,001).

**Tabla 4.**

*Análisis bivariado las variables asociadas al desarrollo de Mal de Montaña Agudo*

<b>VARIABLE</b>	<b>OR</b>	<b>IC</b>	<b>p</b>
<b>Sexo – Femenino</b>	2,30	1,36-4,17	<b>0,002</b>
<b>Ciudad de residencia (&lt;2500msnm)</b>	2,57	1,45-4,58	<b>0,001</b>
<b>Estancia ≤1 día antes de la excursión</b>	1,91	1,39-2,62	<b>&lt;0,000</b>
<b>Antecedente de MAM</b>	4,30	2,17-8,80	<b>&lt;0,000</b>
<b>Actividad física diaria en la actualidad</b>	0,29	0,13-0,61	<b>0,001</b>
<b>Enfermedad crónica cardiopulmonar</b>	2,83	0,97-8,25	0,057

En el análisis multivariado, podemos observar que el antecedente de MAM se comportó como el factor de riesgo más importante, incrementando 4.07 veces el riesgo de MAM (IC 1,89-8,77, valor p<0.000); los excursionistas foráneos que estuvieron por un periodo de tiempo ≤ 1 día en la ciudad de Huancayo antes de iniciar la excursión al nevado Huaytapallana tuvieron 2.4 veces más riesgo de desarrollar MAM durante la excursión (IC 1,13-5,07, valor p=0,021); ser de sexo femenino fue el tercer factor más relevante para el desarrollo de MAM (OR 2,05; IC 1,08-3,86, valor p=0,026). Los excursionistas que reportaron haber realizado actividad física diaria tuvieron menor incidencia de MAM, por lo que esta variable fue un factor protector para el MAM (OR 0,31; IC 0,13-0,71, valor p=0,006). (**Ver tabla 5**)

**Tabla 5.***Análisis Multivariado las variables asociadas al desarrollo de Mal de Montaña Agudo*

<b>VARIABLE</b>	<b>OR</b>	<b>IC</b>	<b>p</b>
<b>Sexo - Femenino</b>	2,05	1,08-3,86	<b>0,026*</b>
<b>Nivel de altura de residencia (&lt;2500 msnm)</b>	1,99	0,50-7,86	0,320
<b>Estancia ≤1 día</b>	2,40	1,13-5,07	<b>0,021*</b>
<b>Antecedente de MAM</b>	4,07	1,89-8,77	<b>&lt;0,000*</b>
<b>Actividad física diaria</b>	0,31	0,13-0,71	<b>0,006*</b>

#### **4.2 Discusión de resultados**

El presente estudio se enfocó en el estudio de los factores de riesgo para el desarrollo de MAM en los excursionistas que fueron al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.), encontramos que el antecedente de MAM, una estancia menor o igual a 1 día en la ciudad de Huancayo antes de la excursión y ser de sexo femenino se comportaron como factores de riesgo para el desarrollo de MAM; es importante destacar que el factor de riesgo más importante fue la historia previa de MAM tras una exposición sobre los 2500 m.s.n.m. La altitud de la ciudad de residencia y el consumo de productos a base de coca se comportaron como factores independientes para el desarrollo o no de MAM. En tanto, el reporte de

actividad física diaria de los excursionistas fue el único factor protector para el desarrollo de MAM.

El sexo femenino fue predominante en el grupo de excursionista que desarrollaron MAM; incrementando 2.05 veces el riesgo de desarrollo de MAM frente al sexo opuesto; encontramos diferentes estudios con resultados similares.(24) En un estudio francés realizado en un hospital de referencia para excursionistas que viajaron a más de 2500 m.s.n.m.; se encontró que el sexo femenino era un factor predictivo importante para el desarrollo de MAM con un OR: 2,07 (IC: 1,05- 4,05 p 0,035).(8) Un estudio en los excursionistas al Himalaya, también reportó que el sexo femenino se comporta como un factor de riesgo para MAM con un OR:1,70 (IC: 1,042- 2,87).(25) Sin embargo, también hay estudios en el que el sexo de los excursionistas es independiente al desarrollo de MAM;(26) es así que en un estudio realizado a excursionistas de los Alpes Suizos sobre la prevalencia de MAM, no encontró diferencias según el sexo; y las formas más graves se reportaron con mayor incidencia en los hombres.(27) Las diferencias entre los valores de hemoglobina en los varones y las mujeres se debe a la concentración sérica de testosterona, ya que es un estimulante de la producción de glóbulos rojos; por lo tanto, los varones suelen tener un valor normal de hemoglobina por encima de las mujeres; a un mismo nivel altitudinal. Esto podría explicar la predisposición del sexo femenino para el desarrollo de MAM frente al sexo opuesto, ya que un mayor nivel de hemoglobina en los varones, mejora el transporte de oxígeno y por lo tanto, facilita el proceso de aclimatación.(28)

La aclimatación consiste en los cambios fisiológicos producidos en respuesta a la hipoxia hipobárica aguda; este proceso puede tomar de días a semanas; es así que se podrían

explicar los resultados obtenidos en la presente investigación; ya que encontramos que aquellos que llegaron a la ciudad de Huancayo (3250 m.s.n.m.) y que en menos de un día, decidieron realizar la excursión al Nevado Huaytapallana tuvieron 2.4 veces más riesgo de desarrollo de MAM en relación al grupo que estuvo en la ciudad de Huancayo más de un día. Encontramos, un estudio realizado en excursionistas al Parque de Aconcagua en el que aquellos con el antecedente de haber estado más de 10 días por encima de los 3000 m.s.n.m. durante el año previo a la excursión, se relacionó con un OR 0,60 (IC: 0,41- 0,86) de desarrollo de MAM.(31) De igual manera, en un grupo de excursionistas al Everest (5356 m.s.n.m.), se evidenció una menor incidencia de Mal Agudo de montaña en aquellos que durante la excursión acamparon por dos o más noches en Pheriche (4243 m.s.n.m.); en relación a los que acamparon sólo por una noche.(32) También encontramos un estudio de intervención aleatorizado en los excursionistas al Muztagh Ata (7546 m.s.n.m.); en el que se diseñó un protocolo de ascenso rápido y uno de ascenso lento; se evidenció que los excursionistas que participaron del protocolo de ascenso lento en el que se incluyó días de aclimatación a gran altura, tuvieron menor incidencia de MAM y la severidad de los síntomas también se vio reducida;(33) la aclimatación permitió que una mayor cantidad de excursionistas realizaran el circuito con éxito. Con gran frecuencia el Mal Agudo de Montaña se produce entre la exposición aguda a la hipoxia hipobárica y el inicio del proceso de aclimatación; por lo que, la exposición previa a la altitud es la mejor forma de prevención del Mal Agudo de Montaña.(12)(55)(56)

El antecedente de MAM fue el factor de riesgo más importante para el desarrollo de MAM, incrementando hasta 4.07 veces el riesgo de desarrollar MAM durante la excursión al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) frente a aquellos que no tuvieron este

antecedente. En excursionistas al Monte Donbavand (5671 m.s.n.m.) se encontró que la incidencia de MAM se relacionó con el antecedente de MAM con un OR: 1,88 (p: 0,15).(26) Y en los montañeros que habían ascendido al Refugio Reina Margherita (4559 m.s.n.m.) que se encuentra situado en los Alpes, entre la frontera de Suiza e Italia; se encontró que aquellos con historia de MAM fueron 3 veces más susceptibles de presentar MAM (IC: 2,10-4,10); frente a los que no tuvieron dicho antecedente.(30)

Aquellos excursionistas que reportaron residir en una ciudad menor a 2500 msnm, 73 (59,4%) desarrollan Mal Agudo de Montaña tras realizar la excursión, mientras que los participantes que viven a mayor altura (>2500 msnm) 30 (36,1%) presentaron MAM, con un valor p 0.001; sin embargo, en el análisis multivariado esta variable no fue significativa. Un estudio similar realizado en los excursionistas a La Montaña de Colorado; se observa que el 27% de los excursionistas que vivían a nivel del mar desarrolló MAM, frente al 8.2% de las personas que vivían por encima de los 3000 m.s.n.m.; se calculó un OR: 3,52 (IC: 1,84-6,73).(34) En un estudio en relación a los síntomas relacionados al MAM en excursionistas al Monte Rainier (4294 m.s.n.m.); se evidenció una relación inversamente proporcional entre la presentación de los síntomas y la altitud de la ciudad de residencia de los excursionistas.(35) Así mismo, encontramos resultados similares en los excursionistas al Monte Donbavand (5610 m.s.n.m.) de Irán; en el que los excursionistas con una ciudad de residencia a menos de 900 m.s.n.m. presentaron mayor riesgo de MAM.(26) Estos resultados, podrían ser explicados por el proceso de adaptación fisiológica a la hipoxia, de los excursionistas que residen en una ciudad de altura; frente a los excursionistas que al exponerse a una ciudad de altura, inician un proceso de aclimatación temporal.

Los productos a base de coca son recomendados tradicionalmente para la prevención de MAM por los guías y locales;(57) en un estudio realizado en el Perú, en los viajeros a Cusco se evidenció que el consumo de productos a base de coca se asoció como un factor de riesgo para el MAM en los viajeros con un OR: 1,37 (IC: 1,00 – 1,89);(7) sin embargo, en el presente estudio el consumo de productos a base de coca parece ser un factor independiente del desarrollo o no del MAM. A pesar de que la hoja de coca tiene una importancia histórica para los andinos y forma parte de su cultura usarla para la prevención del MAM; este producto no ha sido estudiado sistemáticamente y se deben usar productos que si han demostrado prevenir el MAM en lugar de la coca; ya que al momento, no se cuenta con evidencias científicas de su utilidad.(38)

Los excursionistas que reportaron haber realizado actividad física diaria en algún momento de su vida no fue una variable que influyó en el desarrollo o no de MAM; mientras que, los que reportaron realizar actividad física diaria en la actualidad se comportó como un factor protector para el MAM con un OR: 0,31 (IC: 0,13-0,71 p: 0.006); esto podría explicarse como una mayor susceptibilidad individual a la hipoxia ante la ausencia de actividad física, ya que un individuo que realiza actividad física regularmente tienen una mayor capacidad aeróbica, un  $VO_2$  mayor, y por lo tanto una mayor tolerancia a la hipoxia y una mejor aclimatación fisiológica a la altura.(36) Es así que se reporta que el sedentarismo se comporta como un factor predisponente para el desarrollo de MAM.(36)(37) Sin embargo, en relación a la gravedad de los síntomas del MAM, la actividad física regular no es un factor protector.(58)

En relación a la frecuencia de síntomas de MAM en los excursionistas al nevado Huaytapallana el síntoma más frecuente reportado fue el de fatiga/debilidad en un 84,5%,

seguido de cefalea (57,7%), vértigo (29,1%) y en menor frecuencia se presentaron síntomas gastrointestinales (25,2%); el orden de la frecuencia de los síntomas se mantiene tanto en el grupo que desarrolló MAM, como en el que no. La resolución de los síntomas que se presentan; suelen ser de resolución espontánea tras 24 a 48 horas del ascenso.(12)

En el presente estudio el síntoma más recuente fue el de fatiga/debilidad, sin embargo, esto podría deberse a que los excursionistas no solo estuvieron expuestos a la hipoxia hipobárica, sino que además realizaron esfuerzo físico; por lo que, probablemente este sea el síntoma menos sensible para MAM en nuestra población de estudio, ya que no nos permite diferenciar si la fatiga/debilidad era producto directo de la hipoxia o si se debía al esfuerzo físico realizado por los excursionistas. En otros estudios, el síntoma más frecuente es la cefalea(41) y los trastornos gastrointestinales se presentan con menor frecuencia(34); proporción, que si excluimos la fatiga, coincide con nuestras estadísticas. Los síntomas del MAM; son producto de la vasodilatación craneal y del aumento de la presión intracraneal (PIC); en respuesta a la hipoxia, cuando la presión arterial de oxígeno(PaO<sub>2</sub>) es menor a 50mmHg la cual coincide cuando nos encontramos por encima de los 4600 m.s.n.m.;(39) es entonces, cuando se presenta la vasodilatación de los vasos sanguíneos intracraneales, ocasionando el estiramiento de los mismos; y se presenta la cefalea, en tanto, las náuseas y los vómitos aparecen por distorsión o presión del cuarto ventrículo.(40)

Recientemente se ha añadido el Score clínico funcional de MAM para evaluar el impacto de los síntomas del MAM en el desempeño físico de los excursionistas(19) con el cuál se hizo la evaluación en los excursionistas que participaron del presente estudio. Los síntomas productos del MAM tienen un impacto en el desempeño físico de los excursionistas; es así que en el presente trabajo, podemos observar más de la tercera parte

de los excursionista reportaron que los síntomas que sintieron durante la excursión los obligaron a ir bajo su propio ritmo; esto puede deberse a que los excursionistas, en los 5km de trekking que realizan para tener contacto con la nieve, suben alrededor de 660 metros de altitud; y se sabe, que una de las medidas recomendadas para la prevención del MAM es ascendiendo de 300 a 500 metros por día cuando nos encontramos por encima de los 3000 m.s.n.m.;(15) esto podría explicar la alta incidencia de MAM en los excursionistas al Nevado Huaytapallana como el número de excursionistas que ven afectado su desempeño físico por los síntomas.

## CONCLUSIONES

- Los factores de riesgo asociados al MAM fueron: antecedente de MAM, estancia  $\leq 1$  día en la ciudad de Huancayo y ser de sexo femenino.
- El factor de riesgo más importante para el desarrollo de Mal Agudo de Montaña fue la historia previa de MAM tras una exposición sobre los 2500 m.s.n.m., incrementando 4.07 veces la probabilidad de tener MAM durante la excursión al Nevado Huaytapallana.
- Los excursionistas extranjeros que tuvieron una estancia menor o igual a un día en la ciudad de Huancayo, tuvieron 2.4 veces más riesgo de presentar MAM frente a los que tuvieron una mayor estancia.
- Ser de sexo femenino incremento 2.5 veces el riesgo de tener MAM en relación al sexo opuesto.
- Los excursionistas que reportaron realizar actividad física diaria tuvieron menor probabilidad de desarrollar MAM durante la excursión al Nevado Huaytapallana.
- Más de la mitad de los excursionistas al Nevado Huaytapallana reportaron haber consumido algún producto a base de coca; el consumo de estos productos se comportó como un factor independiente del desarrollo o no del MAM en los excursionistas.
- El síntoma mas frecuente que se reportaron en los excursionistas fue el de fatiga/debilidad (84%), seguido de la cefalea (57%), vértigo (29%) y síntomas

gastrointestinales (52%); proporción que se mantuvo tanto en los excursionistas que desarrollaron MAM como en los que no.

## RECOMENDACIONES

1. No se debe reemplazar productos que han demostrado ser útiles para la prevención de Mal Agudo de Montaña, por productos a base de coca para la prevención del mismo; por no contar con ninguna evidencia científica de su utilidad.
2. Idealmente, el ascenso al Nevado Huaytapallana debería realizarse en un periodo no menor a tres días; ya que una adecuada aclimatación se asegura subiendo no más de 500 metros/ día. Por lo que sería necesario implementar lugares de estancia durante el recorrido.
3. Los excursionistas extranjeros deberían permanecer al menos un día o más en la ciudad de Huancayo antes de realizar la excursión al Nevado Huaytapallana.
4. Se debería contar con un equipo básico y personal entrenado en primeros auxilios; para los excursionistas que durante la caminata o al retorno de la misma, presenten síntomas de Mal Agudo de Montaña.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bian S-Z, Jin J, Zhang J-H, Li Q-N, Yu J, Yu S-Y, et al. Principal Component Analysis and Risk Factors for Acute Mountain Sickness upon Acute Exposure at 3700 m. *PLoS One*. 2015;10(11):1-15
2. Chan C-W, Lin Y-C, Chiu Y-H, Weng Y-M, Li W-C, Lin Y-J, et al. Incidence and risk factors associated with acute mountain sickness in children trekking on Jade Mountain, Taiwan. *J Travel Med*. 2016;23(1):1-5.
3. Roach RC, Bartsch P, Hackett PH, Oelz O, Committee the LLASC. The Lake Louise Acute Mountain Sickness Scoring System. *Hypoxia Mol Medicine*. 1993;272-4.
4. Wang S-H, Chen Y-C, Kao W-F, Lin Y-J, Chen J-C, Chiu T-F, et al. Epidemiology of acute mountain sickness on Jade Mountain, Taiwan: an annual prospective observational study. *High Alt Med Biol*. 2010;11(1):43-9.
5. Moraga F a, Flores A, Serra J, Esnaola C, Barriento C. Ginkgo biloba decreases acute mountain sickness in people ascending to high altitude at Ollagüe (3696 m) in northern Chile. *Wilderness Environ Med*. 2007;18(4):251-7.

6. Davies AJ, Kalson NS, Stokes S, Earl MD, Whitehead AG, Frost H, et al. Determinants of summiting success and acute mountain sickness on Mt Kilimanjaro (5895 m). *Wilderness Environ Med.* 2009;20(4):311–7.
7. Salazar H, Swanson J, Mozo K, Clinton White A, Cabada MM. Acute mountain sickness impact among travelers to Cusco, Perú. *J Travel Med.* 2012;19(4):220–5.
8. Santantonio M, Chapplain JM, Tattevin P, Leroy H, Mener E, Gangneux JP, et al. Prevalence of and risk factors for acute mountain sickness among a cohort of high-altitude travellers who received pre-travel counselling. *Travel Med Infect Dis.* 2014;12(5):534–40.
9. McDevitt M, McIntosh SE, Rodway G, Peelay J, Adams DL, Kayser B. Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environ Med.* 2014;25(2):152–9.
10. Raymond N. Perú y Costa Rica. Geopolítica del desarrollo turístico en América Latina \*. 2004;35:55–72.
11. Bulege W, Zárate A. Efectos de los patrones culturales en la degradación de los ecosistemas del nevado de Huaytapallana. *Naturale.* 2016;16–9.
12. Imray C, Wright A, Subudhi A, Roach R. Acute mountain sickness: Pathophysiology, prevention, and treatment. *Prog Cardiovasc Dis.* 2010;52(6):467–84.
13. Pesce JC. Mal Agudo de Montaña , Edema Cerebral y Edema Pulmonar de Altura.

Advertencias para Trekkers y Andinistas. SAMM. 2008;

14. Schwab M, Jayet PY, Allemann Y, Sartori C, Scherrer U. Edema Pulmonar de Altura Modelo de Estudio de la Fisiopatología del Edema Pulmonar y de la Hipertension Pulmonar Hipoxica en Humanos. *Med.* 2007;67(1):71–81.

15. Bärtsch P, Swenson ER. Acute High-Altitude Illnesses. *N Engl J Med.* 2013;368(24):2294–302.

16. Karinen H, Peltonen J, Tikkanen H. Prevalence of acute mountain sickness among Finnish trekkers on Mount Kilimanjaro, Tanzania: an observational study. *High Alt Med Biol.* 2008;9(4):301–6.

17. Meyer J. Twice-Daily Assessment of Trekkers on Kilimanjaro's Machame Route to Evaluate the Incidence and Time-Course of Acute Mountain Sickness. *High Alt Med Biol.* 2012;13(4):281–4.

18. Barry PW, Pollard a J. Clinical review Altitude illness. *Bmj.* 2003;915–9.

19. Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Ba P, Luks AM, Macinnis MJ, et al. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol.* 2018;19(1):2017–9.

20. Manuel Moreno G. Definición Y Clasificación De La Obesidad Definition and Classification of Obesity. *Rev Médica Clínica Las Condes.* 2012;23(2):124–8.

21. Serón P, Muñoz S, Lanas F. Nivel de actividad física medida a través del

cuestionario internacional de actividad física en población chilena Levels of physical activity in an urban population from Temuco, Chile. *Med chile*. 2010;138:1232–9.

22. Beratarrechea A. Actualización: Las enfermedades crónicas (Primera parte). *Evid Act Pr Ambul*. 2010;13(2):68–73.

23. Wu TY, Ding SQ, Zhang SL, Duan JQ, Li BY, Zhan ZY, et al. Altitude illness in Qinghai–Tibet railroad passengers. *High Alt Med Biol*. 2010;11(3):189–98.

24. Kayser B. Acute mountain sickness in western tourists around the Thorong pass (5400 m) in Nepal. *J Wilderness Med*. 1991;2(2):110–7.

25. McDevitt M, McIntosh SE, Rodway G, Peelay J, Adams DL, Kayser B. Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environ Med*. 2014;25(2).

26. Ziaee V, Yunesian M, Ahmadinejad Z, Halabchi F, Kordi R, Alizadeh R, et al. Acute Mountain Sickness in Iranian Trekkers Around Mount Damavand (5671 m) in Iran. *Wilderness Environ Med*. 2003;14(4):214–9.

27. Maggiorini M, Böhler B, Walter M, Oelz O. Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. *BMJ*. 1990;301(6756):853–5.

28. Gonzales GF. Hemoglobin and testosterone : importance on high altitude. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2011;28(1):92–00.

29. Pesce C, Leal C, Pinto H, González G, Maggiorini M, Schneider M, et al. Determinants of Acute Mountain Sickness and Success on Mount Aconcagua (6962 m). *High Alt Med Biol.* 2005;6(2):158–68.
30. Schneider M, Bernasch D. Acute mountain sickness : influence of susceptibility , preexposure , and ascent rate. *Am Coll Sport Med.* 2000;1.
31. Pesce C, Leal C, Pinto H, González G, Maggiorini M, Schneider M, et al. Determinants of Acute Mountain Sickness and Success on Mount Aconcagua ( 6962 m ). *High Alt Med Biol.* 2005;6(2):158–67.
32. Hackett PH, Rennie D, Levine HD. The incidence, importance, and prophylaxis of acute mountain sickness. *Lancet.* 1976;
33. Bloch KE, Turk AJ, Maggiorini M, Hess T, Merz T, Bosch MM, et al. Effect of Ascent Protocol on Acute Mountain Sickness and Success at Muztagh Ata , 7546 m. *High Alt Med Biol.* 2009;10(1).
34. Honigman B, Kay M, Koziol-McLain J, Roach R, Yip R, Houston C, et al. Acute Mountain Sickness in a General Tourist Population at Moderate Altitudes. *Ann Intern Med.* 1993;118(8).
35. Montgomery AB, Mills J, Luce MJ. Incidence of acute mountain sickness at intermediate altitude. *Br Reports.* 1989;261:7–10.
36. Peña E, Garzón D, Mayolo A. Actividad física y síntomas en la aclimatación en

turistas que visitan el Nevado del Ruiz- Colombia. *Hacia la Promoción la Salud*. 2010;2(2):64–80.

37. Serrano-Dueñas M. Mal de montaña agudo : características clínicas de una cohorte de 615 enfermos. *Med Clin (Barc)*. 2000;115(12):441–5.

38. Biondich AS, Joslin JD. Coca : High Altitude Remedy of the Ancient Incas. *Wilderness Environ Med*. 2015;26(4):567–71.

39. West JB. Human physiology at extreme altitudes on Mount Everest. *Science* (80- ). 1984;223(4638):784–8.

40. May K. The pathophysiology and causes of raised intracranial pressure. *Br J Nurs*. 2009;18(15):911–4.

41. Instituto de Salud Pública. Trabajo en altura geográfica en Chile [Internet]. 2015. p. 1–8. Available from: [http://www.ispch.cl/saludocupacional/notas\\_tecnicas](http://www.ispch.cl/saludocupacional/notas_tecnicas)

42. Macinnis MJ, Koch S, Macleod KE, Carter EA, Jain R, Koehle MS, et al. Acute Mountain Sickness Is Not Repeatable Across Two 12-Hour Normobaric Hypoxia Exposures. *Wilderness Environ Med*. 2017;25(2):143–51.

43. Murdoch DR. Altitude Illness Among Tourists Flying to 3740 Meters Elevation in the Nepal Himalayas. *J Travel Med*. 1995;2(4):255–6.

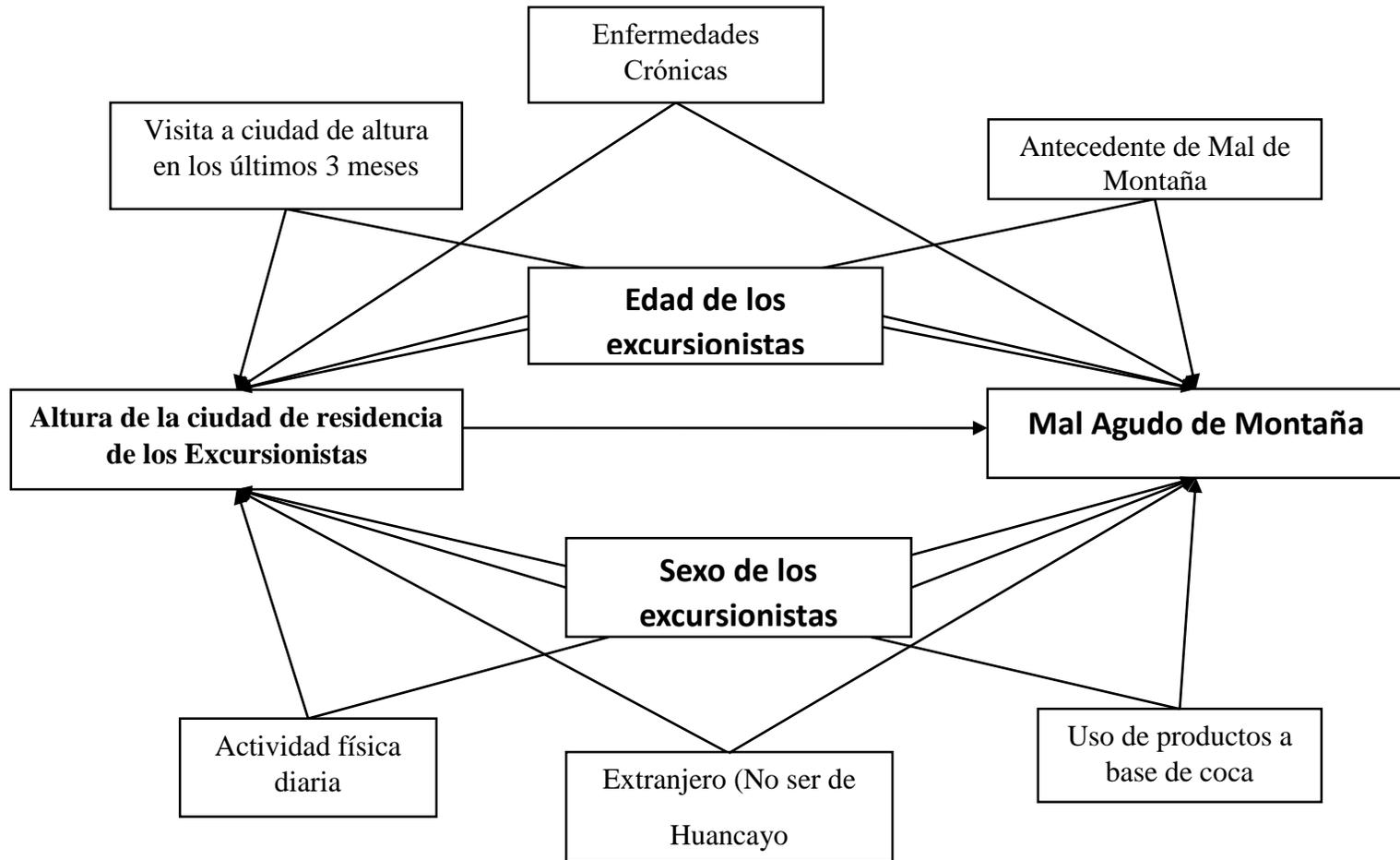
44. Stream JO, Grissom CK. Update on High-Altitude Pulmonary Edema : Pathogenesis

- , Prevention , and Treatment. *Wilderness Environ Med.* 2008;19(4):293–303. A
45. Scoggin C, Hyers T, Reeves J, Grover R. High- altitude pulmonary edema in the children and young adult of Leadville, Colorado. *N Engl J Med.* 1977;297(23):1269.
46. Schoene RB. Illnesses at High Altitude. *Chest.* 2007;134(2):402–16.
47. Ward MP, Milledge JS, West JB. *High Altitude Medicine and Physiology*, 3rd edition. London, UK; 2000. 288-289 p.
48. Royo M. Conceptualización del excursionismo o turismo rural-cultural, variables conformadoras de la imagen y exploración del perfil. *Pap Tur.* 2005;57–72.
49. Ministerio de Salud de Chile. *Guía Técnica sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría intermitente cónica por gran Altitud.* Chile;
50. Hosford R, Bayarre H. *Metodología de la Investigación Científica 1. Métodos y Técnicas Apl a la Investig en Atención Primaria Salud.* 2009;53.
51. Malaga J, Vera G, Oliveros R. *Tipos, Metodos y Estrategias de Investigación Científica.* Pensamiento y Accion. 2008. p. 145–54.
52. Gómez M, Danglo C, Huerta S, García G. El estudio de casos y controles: su diseño, análisis e interpretación, en investigación clínica. *Rev Mex pediatría.* 7AD;2003:257–63.
53. Cortés MEC, León MI. *Generalidades sobre metodología de la Investigación.* Colección Mater Didáctico. 2004;1:20–3.

54. Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Ba P, Luks AM, Macinnis MJ, et al. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. 2018;19(1):2017–9.
55. Frühauf H. Wenn der Berg auf den Magen schlägt: Magen-Darm-Funktion in der Höhe. Praxis (Bern 1994). 2014;103(14):825–33.
56. Jin J. Acute Mountain Sickness. Travel Med. 2017;318(18).
57. Robert C, Ian E, Desha W. Assessing Travelers' Knowledge and Use of Coca for Altitude Sickness [Internet]. Vol. 23. Elsevier Inc.; 2010. p. 373–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wem.2012.06.005>
58. Richalet J, Keromes A, Desch B, Corizzi F, Mehdioui H, Pophillat B, et al. Caractéristiques physiologiques des alpinistes de haute altitude. Sci Sports. 1988;3:89–108.

## ANEXOS

### ANEXO 1: DAG



## Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b> ¿Qué factores de riesgo existen para el desarrollo de Mal de Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante enero del 2019?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>a) ¿Cuál es la frecuencia de consumo de productos derivados de la coca en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante el 2019?</p> <p>b) ¿Cuáles es la frecuencia de síntomas de Mal Agudo de Montaña que presentan los excursionistas tras el ascenso al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.) durante el 2019?</p>	<p><b>Objetivos General</b> Determinar los factores de riesgo asociados al desarrollo de Mal de Montaña Agudo, en los excursionistas al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.).</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>a) Determinar la frecuencia de consumo de productos derivados de la coca en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.</p> <p>b) Determinar la frecuencia de los síntomas de Mal Agudo de Montaña que presentan los excursionistas tras el ascenso al Nevado Huaytapallana (5100 m.s.n.m.).</p>	<p><b>Hipótesis General</b> La presencia de los siguientes factores (Edad, sexo, IMC, satO2, signos vitales, ciudad de residencia, comorbilidades, consumo de productos a base de coca, realizar actividad física diaria) influyen en el desarrollo de Mal Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.</p> <p><b>Hipótesis Estadística</b> Ho: No existen factores influyentes (Edad, sexo, IMC, satO2, signos vitales, ciudad de residencia, comorbilidades, consumo de productos a base de coca, realizar actividad física diaria) en el desarrollo de Mal Agudo de Montaña en los excursionistas al Nevado Huaytapallana.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Edad</li> <li>- Sexo</li> <li>-IMC</li> <li>-SatO2</li> <li>-Funciones Vitales</li> <li>-Ciudad de residencia</li> <li>-Consumo de productos a base de coca</li> <li>-Actividad física</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b> Mal agudo de mal de montaña</p>	<p><b>Metodología de Investigación:</b> Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación</b> Básica</p> <p><b>Nivel de Investigación</b> Analítico Observacional (Casos y controles)</p> <p><b>Diseño</b> No Experimental, transaccional correlacionales/causales</p> <p><b>Técnica de Recolección de Datos</b> Encuesta</p> <p><b>Población</b> Excursionistas mayores de 18 años que realicen la excursión al Nevado Huaytapallana durante enero del 2019.</p> <p><b>Muestra</b> Se realizó un estudio piloto con 30 personas, el factor con el que se trabajó fue el sexo, identificando al sexo femenino como un factor de riesgo para el desarrollo de MAM, obteniendo un tamaño muestral de 206 personas (Casos: 103 y Controles: 103); a muestra se obtuvo con un error alfa de 0.5,</p>

	m.s.n.m.) durante el 2019			un error beta de 0.2 y un ratio de 1.
--	---------------------------	--	--	---------------------------------------

## Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Sexo:** Masculino ( ) Femenino ( ) **Edad** (Años cumplidos): \_\_\_\_\_  
**Grado de instrucción:** Primaria ( ) Secundaria ( ) Superior ( ) Ninguno ( )  
**Peso (kg):** \_\_\_\_\_ **Talla (m):** \_\_\_\_\_ **IMC:** \_\_\_\_\_

**1. Ciudad de residencia:**

- a. Nativo, si es de Huancayo; *si usted es de Huancayo pase a la pregunta 5*
- b. Extranjero, si es de otro departamento. Especificar: \_\_\_\_\_

**Sólo si pregunta 1, responde b**

- ¿Cuál fue el medio de transporte en el que se trasladó desde su ciudad de residencia a la ciudad de Huancayo?
    - a. Aéreo
    - b. Terrestre
  - Estancia en Huancayo antes de la excursión (días): \_\_\_\_\_
  - Su ciudad de residencia está a:
    - a. <2500 m.s.n.m.
    - b. >2500 m.s.n.m.
    - c. No sabe
- 2. ¿En los últimos 3 meses, ha visitado algún destino a más de 2500 m.s.n.m.?**
- a. Sí
  - b. No
  - c. He viajado, pero desconozco los m.s.n.m. de la ciudad a la que fui. Especificar: \_\_\_\_\_
- 3. Propósito de la excursión:**
- a. Turismo
  - b. Académico
  - c. Otro (Especificar) \_\_\_\_\_
- 4. Ha realizado anteriormente algún viaje a una ciudad de altura (>2500 m.s.n.m.) Si la respuesta fue no, pase a la pregunta 9.**
- a. Sí
  - b. No
  - c. No sabe. Especificar \_\_\_\_\_
- 5. Antecedente de Mal de Montaña Agudo (Soroche)**
- a. Sí
  - b. No
- 6. ¿Usted ha practicado algún deporte de alto rendimiento (Entrenamiento diario) en algún momento de su vida?**
- a. Sí. Especifique deporte: \_\_\_\_\_
  - b. No
- 7. Actualmente, ¿Usted practica algún deporte de alto rendimiento (Entrenamiento diario)?**
- a. Sí. Especifique deporte: \_\_\_\_\_
  - b. No
- 8. Diagnóstico de alguna enfermedad crónica cardiovascular o pulmonar:**
- a. Sí. Especifique: \_\_\_\_\_
  - b. No
- 9. Antes de iniciar la excursión al Nevado Huaytapallana, ¿consumió algún producto a base de coca?**
- a. Sí. Especificar el producto: \_\_\_\_\_
  - b. No
- 10. Durante la excursión al nevado, ¿consumió algún producto a base de coca?**
- a. Sí. Especificar el producto: \_\_\_\_\_
  - b. No
- 11. Usted presentó alguno de los síntomas mencionados en el Score Lake Louis (Cefalea / Náuseas-vómitos/ Fatiga o debilidad/ Vértigo o Mareos)**
- a. Sí
  - b. No, *el cuestionario ha finalizado*
- 12. ¿En cuánto tiempo de iniciada la excursión notó el primer síntoma)?**
- a. Minutos (Especificar) \_\_\_\_\_
  - a. Horas (Especificar) \_\_\_\_\_

**Anexo 5.** Lake Louise Score (LLS) – Mal De Montaña Agudo

SINTOMAS		PUNTAJE	
Dolor de cabeza	Ausente	0	
	Leve	1	
	Moderado	2	
	Severo	3	
Síntomas gastrointestinales	Buen apetito	0	
	Poco apetito o nauseas	1	
	Nauseas moderadas o vómitos	2	
	Nauseas o vómitos severos	3	
Fatiga o debilidad	Ausencia de cansancio	0	
	Fatiga o debilidad leve	1	
	Fatiga o debilidad moderada	2	
	Fatiga o debilidad severa o incapacitante	3	
Vértigo/mareos	Ausente	0	
	Vértigo leve	1	
	Vértigo moderado	2	
	Vértigo severo e incapacitante	3	
Los síntomas afectaron sus actividades	En absoluto	0	
	Tuve algunos síntomas, pero no forzó ningún cambio en mi actividad física	1	
	Mis síntomas me obligaron a detener el ascenso o ir bajo mi propio ritmo	2	
	Tuve que retornar	3	

## Anexo 6. Validación de instrumento

# Special Report

Volume 00, Number 00, 2018  
 HIGH ALTITUDE MEDICINE & BIOLOGY  
<sup>a</sup> Mary Ann Liebert, Inc.  
 DOI: 10.1089/ham.2017.0164

## The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score

Robert C. Roach,<sup>1</sup> Peter H. Hackett,<sup>1</sup> Oswald Oelz,<sup>2</sup> Peter Bañrtsch,<sup>3</sup> Andrew M. Luks,<sup>4</sup> Martin J. MacInnis,<sup>5</sup> J. Kenneth Baillie,<sup>6,7</sup> and The Lake Louise AMS Score Consensus Committee

### Abstract

Roach, Robert C., Peter H. Hackett, Oswald Oelz, Peter Bañrtsch, Andrew M. Luks, Martin J. MacInnis, J. Kenneth Baillie, and The Lake Louise AMS Score Consensus Committee. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol* 00:000–000, 2018.— The Lake Louise Acute Mountain Sickness (AMS) scoring system has been a useful research tool since first published in 1991. Recent studies have shown that disturbed sleep at altitude, one of the five symptoms scored for AMS, is more likely due to altitude hypoxia per se, and is not closely related to AMS. To address this issue, and also to evaluate the Lake Louise AMS score in light of decades of experience, experts in high altitude research undertook to revise the score. We here present an international consensus statement resulting from online discussions and meetings at the International Society of Mountain Medicine World Congress in Bolzano, Italy, in May 2014 and at the International Hypoxia Symposium in Lake Louise, Canada, in February 2015. The consensus group has revised the score to eliminate disturbed sleep as a questionnaire item, and has updated instructions for use of the score.

**Keywords:** AMS, high altitude illness, history, Lake Louise, symptom scores

Committee members: Eric Achatz, United States; Edi Albert, Australia; Jon S. Andrews, United States; James D. Anholm, United States; Mohammad Zahid Ashraf, India; Paul Auerbach, United States; Buddha Basnyat, Nepal; Beth A. Beidleman, United States; R.R. Berendsen, The Netherlands; Marc Moritz Berger, Austria; Konrad E. Bloch, Switzerland; Hermann Brugger, Italy; Annalisa Cogo, Italy; Ricardo Gonzalez Costa, Argentina; Andrew Cumpstey, United Kingdom; Allen Cymerman, United States; Tadej Debevec, Slovenia; Catriona Duncan, United Kingdom; David Dubowitz, United States; Angela Fago, Denmark; Michael Furian, Switzerland; Matt Gaidica, United States; Prosenjit Ganguli, India; Michael P.W. Grocott, United Kingdom; Debra Hammer, Canada; David Hall, United Kingdom; David Hillebrandt, United Kingdom; Matthias Peter Hilty, Switzerland; Gigugu Himashree, India; Benjamin Honigman, United States; Ned Gilbert-Kawai, United Kingdom; Bengt Kayser, Switzerland; Linda Keyes, United States; Michael Koehle, Canada; Samantha Kohli, India; Arlena Kuenzel, United Kingdom; Benjamin D. Levine, United States; Mona Lichtblau, Switzerland; Jamie Macdonald, United Kingdom; Monika Brodmann Maeder, Italy; Marco Maggiorini, Switzerland; Daniel Martin, United Kingdom; Shigeru Masuyama, Japan; John McCall, Canada; Scott McIntosh, United States; Gregoire Millet, Switzerland; Fernando Moraga, Chile; Craig Mounsey, United Kingdom; Stephen R. Muza, United States; Samuel Oliver, United Kingdom; Qadar Pasha, India; Ryan Paterson, United States; Lara Phillips, United States; Aure'lien Pichon, France; Philipp A. Pickerodt, Germany; Matiram Pun, Canada; Manjari Rain, India; Drummond Rennie, United States; Ge Ri-Li, P.R. China; Steven Roy, Canada; Samuel Verges, France; Tatiana Batalha Cunha dos Santos, Brazil; Robert B. Schoene, United States; Otto D. Schoch, Switzerland; Surinderpal Singh, India; Talant Sooronbaev, Kyrgyz Republic; Craig D. Steinback, Canada; Mike Stembridge, United Kingdom; Glenn Stewart, United States; Tsering Stobdan, United States; Giacomo Strapazzon, Italy; Andrew W. Subudhi, United States; Erik Swenson, United States; A. A. Roger Thompson, United Kingdom; Martha Tissot van Patot, United States; Rosie Twomey, Canada; Silvia Ulrich, Switzerland; Nicolas Voituron, France; Dale R. Wagner, United States; Shih-hao Wang, Taiwan; John B. West, United States; Matt Wilkes, United Kingdom; Gabriel Willmann, Germany; Michael Yaron, United States; Ken Zafren, United States.

<sup>1</sup>Altitude Research Center, Division of Pulmonary Sciences and Critical Care Medicine, Department of Medicine, University of Colorado School of Medicine, Anschutz Medical Campus, Aurora, Colorado.

<sup>2</sup>Department of Internal Medicine, University of Zurich, Switzerland.

<sup>3</sup>Department of Internal Medicine, University Hospital, Heidelberg, Germany.

<sup>4</sup>Division of Pulmonary, Critical Care and Sleep Medicine, Department of Medicine, University of Washington, Seattle, WA. <sup>5</sup>Department of Kinesiology, McMaster University, Hamilton, Canada.

<sup>6</sup>Roslin Institute, University of Edinburgh, Easter Bush, Midlothian, United Kingdom. <sup>7</sup>Intensive Care Unit, Royal Infirmary Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom.



that sleep had only a weak relationship with the other four symptoms in the score. Milledge

## Introduction

Acute mountain sickness (AMS) is the most common form of acute altitude illness and typically occurs in unacclimatized persons ascending to altitudes >2500 m, although it can develop at lower altitudes in highly susceptible individuals. Established risk factors include rate of ascent, altitude reached, and individual predisposition. With 25 years of use in hundreds of publications, the Lake Louise AMS score has provided a robust and practical tool for researchers to diagnose and to score the severity of AMS. Recent opinion (Milledge, 2014) and research (MacInnis et al., 2013; Hall et al., 2014) have suggested that updating the Lake Louise AMS score is in order. This article outlines the brief historical background, reviews diagnostic criteria, describes modifications to the score, and offers suggested experimental procedures that may improve the use of the score in future studies.

### Background

At the 1991 International Hypoxia Symposium, the participants executed a consensus process chaired by Peter Hackett and Oswald Oelz (Hackett et al., 1992; supplementary reprint of original article is available online at [www.liebertpub.com/ham](http://www.liebertpub.com/ham)) to define and quantify the various altitude illnesses. Subsequently at the 1993 conference, all delegates were given the opportunity to have input into the preparation of the document. The score for AMS consisted of the five symptoms (headache, gastrointestinal upset, fatigue/weakness, dizziness/light-headedness, and sleep disturbance), rated on a scale of severity from 0 to 3. The double-worded terms were to facilitate understanding as well as translation into many languages (Roach et al., 1993; supplementary reprint of original article is available online at [www.liebertpub.com/ham](http://www.liebertpub.com/ham)). A total score  $\geq 3$ , in the presence of a headache, was considered diagnostic for AMS.

### Methods

This effort is the result of online discussions and meetings at the International Society of Mountain Medicine World Congress in Bolzano, Italy, in May 2014 and at the International Hypoxia Symposium in Lake Louise, Canada, in February 2015. Members of the consensus committee are those who have participated in the online or in-person discussions and are listed in alphabetical order in the box.

### Rationale for Revising the Lake Louise AMS Score

Although use of the scoring system has helped standardize the diagnosis and severity of AMS across research studies, debate has persisted since its inception regarding whether sleep should be included in the diagnostic criteria. Recently this discussion has intensified. Two independent reports in 2013 provided empirical evidence that sleep disturbance is discordant from other symptoms of AMS (MacInnis et al., 2013; Hall et al., 2014). Hall et al. (2014) used network analysis of data from 292 research volunteers exposed to altitudes from 3650 to 5200 m to demonstrate that sleep disturbance correlated poorly with other symptoms of AMS. Importantly, sleep disturbance was absent in 40% of cases with severe headache, long considered a hallmark of AMS. MacInnis et al. (2013) applied factor analysis to Lake Louise AMS scores of 491 Nepalese pilgrims at 4390 m and revealed

leep disturbance was a symptom of AMS, or rather an effect of hypoxia per se, based on his own experience with AMS studies (Milledge, 2014). Another problem recognized over time is that many studies of AMS have used only daytime exposures, making the sleep component irrelevant. Without a score for sleep in these studies, comparison with overnight studies is difficult. Based on these concerns, the consensus committee recommends that the sleep component be removed from the Lake Louise AMS score.

### Diagnostic Criteria and Assessment of AMS

AMS is defined as a Lake Louise AMS score total of three or more points from the four rated symptoms, including at least one point from headache in the setting of a recent ascent or gain in altitude (Roach et al., 2011; West, 2011) (Table 1). Some authors have suggested a higher cutoff for diagnosing AMS (Maggiorini et al., 1998; Ba'trsch et al., 2004), but the consensus committee believes that by eliminating the sleep question, more people with true AMS will be identified at the threshold of three points, including headache. Sufficient re-search is lacking to divide the score into severity rankings. For those who wish to do so, we suggest mild AMS as 3–

5 points, moderate AMS as 6–9 points, and severe AMS as 10–12 points. Although symptoms can develop within 6 hours of gain in altitude, we recommend assessing AMS score only after 6 hours, to avoid confusing AMS with confounding symptoms from travel or responses to acute hypoxia (e.g., vagal responses). If investigators wish to assess the impact of AMS symptoms on overall function at high altitude, the “AMS Clinical Functional Score” is available (Table 1).

**Table 1. 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score**

Headache	0—None at all 1—A mild headache 2—Moderate headache 3—Severe headache, incapacitating
Gastrointestinal symptoms	0—Good appetite 1—Poor appetite or nausea 2—Moderate nausea or vomiting 3—Severe nausea and vomiting, incapacitating
Fatigue and/or weakness	0—Not tired or weak 1—Mild fatigue/weakness 2—Moderate fatigue/weakness 3—Severe fatigue/weakness, incapacitating
Dizziness/light-headedness	0—No dizziness/light-headedness 1—Mild dizziness/light-headedness 2—Moderate dizziness/light-headedness 3—Severe dizziness/light-headedness, incapacitating
AMS Clinical Functional Score	Overall, if you had AMS symptoms, how did they affect your activities? 0—Not at all 1—Symptoms present, but did not force any change in activity or itinerary 2—My symptoms forced me to stop the ascent or to go down on my own power 3—Had to be evacuated to a lower altitude

## 2018 LAKE LOUISE AMS SCORE

AMS must not be confused with high-altitude cerebral edema (HACE). AMS alone exhibits no neurological findings, and is self-limited. In contrast, HACE, which usually comes on between 24 and 72 hours after a gain in altitude, is characterized by change in mental status and/or ataxia, occurs usually in a person with AMS or high-altitude pulmonary edema, and is a medical emergency (Hackett and Roach, 2004; Willmann et al., 2014).

### Directions for Using the Lake Louise AMS Score

This Lake Louise AMS score is for use by investigators studying AMS. It is not intended for use by clinicians, professional outdoor guides, and laypersons to diagnose or manage AMS. After a recent gain in altitude or induction of hypoxia, and an exposure of at least 6 hours duration, the AMS score is used as follows:

1. The Lake Louise AMS score is designed as a self-report questionnaire that research volunteers complete on their own. However, some investigators prefer to read the question to the volunteer and record the answers, whereas others use a two-step method wherein the volunteer first completes the score, then the investigator verbally verifies the answers. These options are acceptable as long as a uniform approach is used with all subjects in a study and the method of collecting data is clearly described in subsequent reports.
2. The Lake Louise AMS score for an individual is the sum of the score for the four symptoms (headache, nausea/vomiting, fatigue, and dizziness/light-headedness). For a positive AMS definition, it is mandatory to have a head-ache

score of at least one point, and a total score of at least three points.

Example 1: A total score greater than two points but with no headache is defined as NO AMS for research purposes, although absence of a headache does not exclude a diagnosis for clinical purposes.

Example 2: A score of three points for a severe head-ache, with no other AMS symptoms, is defined as AMS.

3. We suggest using the AMS clinical functional score and reporting it when suitable to the study design (Roach et al., 1993; supplementary reprint of original article is available online at [www.liebertpub.com/ham](http://www.liebertpub.com/ham); Meier et al., 2017).

### Avenues for Future Research

Further research should focus on the following areas: (1) best methods for Lake Louise AMS score administration; that is, is investigator-led scoring different/better than volunteer-completed scores? (2) the impact of experimental design, the testing environment, and expectations of research volunteers (i.e., placebo) (Benedetti et al., 2014) on reliability of Lake Louise AMS score; (3) the clinical and functional impact(s) of AMS score severity; (4) best practices for use of the Lake Louise AMS score and clinical functional score by nonexpert clinicians, mountain guides, and laypersons (Roach et al., 1993; supplementary reprint of original article is available online at [www.liebertpub.com/ham](http://www.liebertpub.com/ham); Meier et al., 2017); (5) the

impact of disturbed sleep on overall well-being at high altitude, independent of AMS; and (6) the pathophysiology of typical AMS vs. pre-sentation without headache (Roach et al., 2011; West, 2011). In addition, we strongly encourage researchers to publish all in-

dividual scores for all volunteers and all symptoms. This will allow other researchers to directly compare patterns of illness, to compile meta-analyses, and to examine the raw data for ideas and observations that will further refine the consensus definition and scoring of AMS.

**Author Disclosure Statement**

No competing financial interests exist.

## References

- Ba'rtsch P, Bailey DM, Berger MM, Knauth M, and Baumgartner RW. (2004). Acute mountain sickness: Controversies and advances. *High Alt Med Biol* 5:110–124.
- Benedetti F, Durando J, and Vighetti S. (2014). Nocebo and placebo modulation of hypobaric hypoxia headache involves the cyclooxygenase-prostaglandins pathway. *Pain* 155:921–928.
- Hackett PH, and Oelz O. (1992). The Lake Louise Consensus on the definition and quantification of altitude illness. In: *Hypoxia and Mountain Medicine*. JR Sutton, CS Houston, G Coates, eds. Queen City Press, Burlington, VT. pp 327–330.
- Hackett PH, and Roach RC. (2004). High altitude cerebral edema. *High Alt Med Biol* 5:136–146.
- Hall DP, MacCormick IJ, Phythian-Adams AT, Rzechorzek NM, Hope-Jones D, Cosens S, Jackson S, Bates MG, Collier DJ, Hume DA, et al. (2014). Network analysis reveals distinct clinical syndromes underlying acute mountain sickness. *PLoS One* 9:e81229.
- MacInnis MJ, Lanting SC, Rupert JL, and Koehle MS. (2013). Is poor sleep quality at high altitude separate from acute mountain sickness? Factor structure and internal consistency of the Lake Louise Score Questionnaire. *High Alt Med Biol* 14:334–337.
- Maggiolini M, Muller A, Hofstetter D, Ba'rtsch P, and Oelz O. (1998). Assessment of acute mountain sickness by different score protocols in the Swiss Alps. *Aviat Space Environ Med* 69:1186–1192.
- Meier D, Collet TH, Locatelli I, Cornuz J, Kayser B, Simel DL, and Sartori C. (2017). Does this patient have acute mountain sickness?: The rational clinical examination systematic re-view. *JAMA* 318:1810–1819.
- Milledge JS. (2014). Should sleep quality be part of the Lake Louise Acute Mountain Sickness Score? *High Alt Med Biol* 15:208.
- Roach RC, Ba'rtsch P, Hackett PH, and Oelz O. (1993). The Lake Louise Acute Mountain Sickness Scoring System. In: *Hypoxia and Molecular Medicine*. JR Sutton, CS Houston, G Coates, eds. Queen City Press, Burlington, VT. pp 272–274.
- Roach RC, Kayser B, and Hackett PH. (2011). Pro: Headache should be a required symptom for the diagnosis of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol* 12:21–22.
- West JB. (2011). Con: Headache should not be a required symptom for the diagnosis of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol* 12:23–25.
- Willmann G, Gekeler F, Schommer K, and Ba'rtsch P. (2014). Update on high altitude cerebral edema including recent work on the eye. *High Alt Med Biol* 15:112–122.

Address correspondence to:

Robert C. Roach, PhD Altitude Research Center Division of Pulmonary Sciences and Critical Care Medicine Department of Medicine Anschutz Medical Campus  
University of Colorado School of Medicine Aurora CO 80045  
E-mail: rroach@hypoxia.net

