

Repercusiones de la Exposición a la Altitud en la Salud

Ana Isabel Baqueiro Guimerans

Tutor: José Antonio Clemente Concepción

Titulación: Grado en Enfermería

Facultad de Ciencias de la Salud: Sección Enfermería

Sede La Palma

Universidad de La Laguna

4 de junio de 2019

Resumen

Introducción: La altitud moderada (1500-3500 m) puede inducir una sintomatología leve asociada al mal de altura que puede desarrollarse en determinados individuos, como consecuencia de la hipoxia hipobárica, puntual o crónica intermitente. Los trabajos publicados hasta la fecha que han investigado su repercusión no han aportado evidencias concluyentes. Los trabajadores del Observatorio del Roque de Los Muchachos (ORM) que se desplazan en una hora aproximadamente desde cotas próximas al nivel del mar hasta la altitud de 2350 metros a diario o en turnos de varios días, representan un caso de estudio por sus hábitos y antigüedad laboral.

Objetivo: Determinar la repercusión en la salud de la exposición intermitente a la altitud de los trabajadores del ORM.

Métodos: El diseño de un proyecto que permitirá la obtención de datos cardiovasculares, analíticos, detección de sintomatología de altitud, capacidad al esfuerzo y calidad del sueño.

Sujetos: Muestras aleatorias de los 235 trabajadores del ORM obtenidas de tres grupos con diferentes niveles de exposición a la altitud.

Conclusiones: La realización de este proyecto ofrecerá por primera vez datos sobre las posibles repercusiones de la altitud en los trabajadores del ORM, permitirá el diseño de nuevas pruebas y aportará nuevos resultados al estudio de la exposición a la hipoxia hipobárica intermitente a altitudes moderadas.

Palabras claves: hipoxia hipobárica, altitud, hipoxia hipobárica crónica intermitente, mal de altura, mal agudo de montaña.

Abstract

Introduction: The moderate altitude (1500-3500 m) can induce a symptomatology associated with mild altitude sickness that can develop in certain individuals as a consequence of hypobaric hypoxia punctual or intermittent chronic. The works published to date that have investigated their impact have not provided conclusive evidence. The workers of the Roque de Los Muchachos Observatory (ORM), who travel approximately one hour from levels close to sea level to the altitude of 2350 meters daily or in shifts of several days, represent a case study for their habits and seniority.

Objective: To determine the impact on health of the intermittent exposure to the altitude of ORM workers.

Methods: The design of a project that will allow obtaining cardiovascular, analytical data, detection of altitude symptomatology, capacity to effort and quality of sleep, taking as a population ORM workers.

Subjects: Random samples of the 235 ORM workers obtained from three groups with different levels of exposure to altitude.

Conclusions: The realization of this project will offer for the first time data on the possible repercussions of the altitude in the workers of the ORM, will allow the design of new tests and will contribute new results to the study of the exposure to the intermittent hypobaric hypoxia at moderate altitudes.

Keywords: Hypobaric hipoxia, altitude, intermittent chronic hypobaric hypoxia, accute mountain sickness.

INDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Marco teórico	2
1.1.1 <i>El Observatorio del Roque de Los Muchachos</i>	2
1.1.2 <i>La hipoxia hipobárica</i>	3
1.1.3 <i>La exposición a la altitud</i>	4
1.1.4 <i>La exposición a la altitud en el tiempo</i>	7
1.2 Antecedentes	10
1.3 Pregunta de investigación	12
1.4 Objetivos	12
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
1.5 Justificación	12
2 METODOLOGÍA	13
2.1 Búsqueda bibliográfica	13
2.2 Diseño de la investigación	15
2.3 Ámbito y sujetos de estudio	15
2.3.1 <i>Clasificación de los grupos</i>	15
2.3.2 <i>Población y muestra</i>	16
2.4 Descripción de variables	18
2.5 Instrumentos de medida	18
2.5.1 <i>Variables generales</i>	18
2.5.2 <i>Variables cardiovasculares</i>	19
2.5.3 <i>Variables hematológicas</i>	20
2.5.4 <i>Estudio de la sintomatología del mal de altura</i>	20
2.5.5 <i>Prueba de la caminata de 6 minutos</i>	21
2.5.6 <i>Estudio de la calidad del sueño</i>	23
2.6 Limitaciones y consideraciones éticas	24
2.7 Pruebas estadísticas y programas utilizados	25
3 PLAN DE TRABAJO	27
3.1 Recursos	27
3.2 Cronograma	27
3.3 Presupuesto	27
4 RESULTADOS	28
5 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	28
AGRADECIMIENTOS	29
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO 1. VARIABLES GENERALES Y HEMATOLÓGICAS	35
ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO	36
ANEXO 3. VARIABLES CARDIOVASCULARES	37
ANEXO 4. CUESTIONARIO LAKE LOUISE	38
ANEXO 5. PRUEBA DE LA CAMINATA DE 6 MINUTOS	39
ANEXO 6. CUESTIONARIO DEL SUEÑO DE ST. MARY'S HOSPITAL	41

1 INTRODUCCIÓN

Con este trabajo queremos aproximarnos al estudio de las repercusiones que puede tener la altitud moderada en la salud de los trabajadores del Observatorio Astrofísico del Roque de Los Muchachos (ORM) situado a una altura de 2350 metros sobre el nivel del mar.

Parece potencialmente interesante el hecho de que en el ORM existe una población de más de 200 trabajadores, con hábitos de trabajo heterogéneos pero que fácilmente pueden agruparse siguiendo una clasificación simple, y en general, con un largo historial laboral. Estas características permiten el estudio de un espectro amplio de consecuencias de la altitud. Por ejemplo, los ingenieros o técnicos que se desplazan a diario al ORM en horario diurno laboral, durante más de 30 años en algunos casos, podrían estar afectados por la hipoxia hipobárica crónica intermitente (HHCI).

Todo ello lleva a plantearse el presente trabajo a modo de propuesta para el estudio de las personas que realizan su actividad laboral en el ORM, con el fin último de la prevención, la mejora de la calidad de vida y la vigilancia enfermera.

La propuesta se centra en la realización de una toma de datos y pruebas sencillas que en primera instancia pueden demostrar la existencia de unos síntomas asociados con la altitud y que puede ser la base de futuros trabajos.

1.1 Marco teórico

1.1.1 *El Observatorio del Roque de Los Muchachos*

1.1.1.1 Situación geográfica

El ORM es uno de los observatorios astrofísicos más importantes del mundo. Inaugurado en 1985, cuenta con más de 15 instalaciones para la observación astronómica tanto del cielo nocturno como del Sol, operadas por varios países, mayoritariamente europeos, que delegan en una serie de instituciones usuarias la operación, el mantenimiento y el desarrollo de las mismas.

El ORM está ubicado a 2350 m aproximadamente y fue escogido por su alto porcentaje de noches despejadas, la estabilidad de las capas atmosféricas, la oscuridad del cielo y la limpieza de la atmósfera. Esto se debe principalmente a su situación por encima de la capa de inversión térmica que impide el ascenso de las nubes, la cual se sitúa entre 1300 m y 1800 m de altitud.

Las instituciones usuarias disponen de infraestructura propia y personal con base permanente en La Palma. El personal sólo duerme en el ORM cuando son requeridos para el turno de noche (o de día, si son operarios de los telescopios solares), en una residencia que presta exclusivamente servicio al ORM. El resto del personal regresa a diario a sus hogares, situados mayoritariamente en Santa Cruz de La Palma, las Breñas y el Valle de Aridane, o aproximadamente entre el nivel del mar y la medianía (400 m)¹.

El ascenso al ORM puede realizarse a través de la carretera LP-4, que a su vez ofrece dos alternativas: desde Santa Cruz de La Palma (acceso principal mayoritariamente utilizado por el personal) o por Garafía. En el acceso principal los trabajadores invierten aproximadamente 50-60 minutos en cada sentido desde Santa Cruz de La Palma (nivel del mar) hasta el ORM.

1.1.1.2 Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales que se dan en el ORM son peculiares dada la altitud y la escasa humedad y conforman un clima caracterizado por una temperatura media diurna de 10°C y nocturna de 8°C. La humedad relativa media es del 40% y varía entre el 20% en julio y el 45% en noviembre. La presión atmosférica promedio es de 578.6mmHg y representa el 76% de la presión atmosférica al nivel del mar (760mmHg).

¹ Según fuentes consultadas del ORM.

Estos datos provienen de una estación meteorológica del ING situada en el pico de Fuente Nueva a 2364 metros sobre el nivel del mar².

Para el cálculo de la presión parcial del oxígeno (pO_2) presente en el ORM podemos tomar que el 21% de la presión total atmosférica (P_{atm}) es presión producida por el oxígeno:

$$pO_2 = 0.21 \times P_{atm}$$

Que en nuestro caso sería:

$$0.21 \times 578.6 \text{ mmHg} = 121.5 \text{ mmHg}$$

1.1.2 La hipoxia hipobárica

La disminución del oxígeno inspirado lleva a la hipoxemia, o disminución de la concentración de oxígeno arterial, y a la hipoxia, o disminución del aporte de oxígeno a las células, lo cual produce una alteración en el metabolismo y en la producción de energía en los organismos aeróbicos.

El organismo responde en una primera etapa con un aumento de la frecuencia cardíaca e hiperventilación, lo que puede inducir una alcalosis respiratoria, situación que comienza a ser compensada, aunque más tardíamente, por el riñón.

El problema mayor puede originarse en el corazón, que al no recibir dicho oxígeno, trabaja con mayor dificultad. Cuando la saturación arterial de oxígeno es menor del 90%, los síntomas de la hipoxemia se centran en los problemas respiratorios: tos, transpiración, problemas cardíacos, cambios de humor y del color de la piel, ahogamientos y desmayos. Y en general, son síntomas constantes de la hipoxemia la euforia, las migrañas, la falta de visibilidad completa, pérdida de la coordinación, de la memoria y de la concentración, cambios radicales en la personalidad, disminución del rendimiento cerebral, náuseas y vómitos.

Hay diferentes clases de hipoxia dependiendo de cuál sea su causa:

Hipoxia hipóxica o anóxica: se debe a la disminución de la concentración del oxígeno en los vasos sanguíneos, que transportan la sangre oxigenada. El defecto generalmente se encuentra a nivel pulmonar (ventilación inadecuada de los pulmones, apneas, etc.).

Hipoxia por estancamiento: se debe a la reducción/disminución del flujo sanguíneo a los tejidos. También se le llama **hipoxia isquémica**.

Hipoxia histotóxica: se debe a que disminuye la capacidad de los tejidos para utilizar el oxígeno. Se manifiesta en casos de intoxicación.

² Datos facilitados por el ING y disponibles en <http://catserver.ing.iac.es/weather/archive/>.

Hipoxia hipobárica: se produce cuando se asciende a cierta altitud ya que se reduce la presión atmosférica, lo cual genera a su vez una reducción de la presión parcial de oxígeno inspirado en el ambiente. Según la ley de Henry y la de difusión de los gases, si no existe la fuerza necesaria para una adecuada presión alveolar, se produce una disminución de la cantidad de oxígeno transportado en sangre a todas las células del organismo (ver Figura 1).

A nivel del mar, la hemoglobina se satura de oxígeno en un 95-99%, pero al ir ascendiendo, la saturación va disminuyendo y los efectos sobre el organismo estarán directamente relacionados con el nivel de altitud al que se exponga.

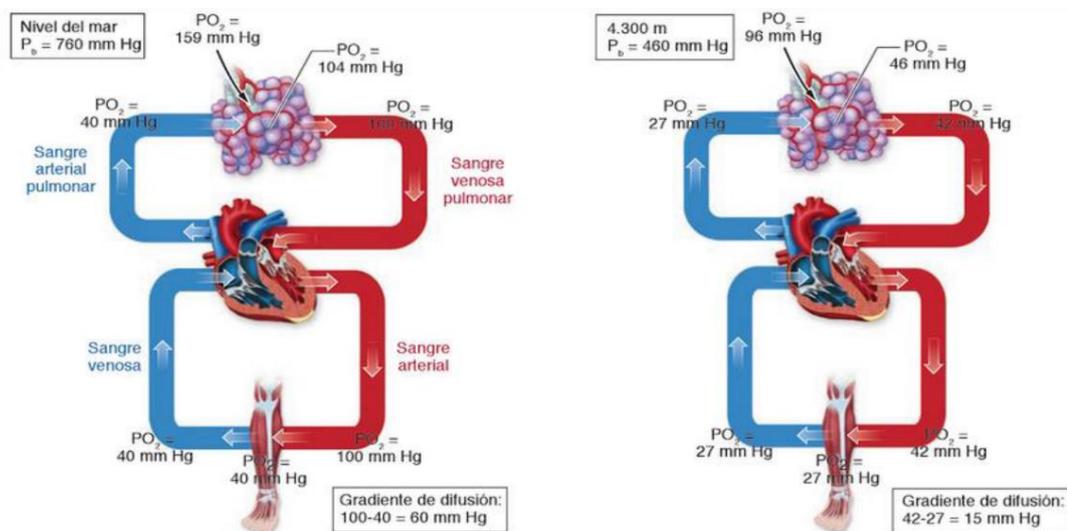


Figura 1. Valores de las presiones parciales de oxígeno exterior, alveolar, arterial y celular a nivel del mar y a 4300 m. No sólo la densidad de oxígeno es menor a mayor altitud sino que el intercambio gaseoso a nivel celular es menos eficiente como consecuencia del menor gradiente de difusión (1).

Cuando se produce una situación de hipoxia debido a la altitud, se instauran rápidamente mecanismos fisiológicos de compensación destinados a mantener el equilibrio del medio interno (proceso de aclimatación) que depende de la sensibilidad de cada individuo.

Durante el proceso fisiológico de la aclimatación se produce una primera respuesta a la hipoxia en la cual se activan los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo. Esto a su vez induce una respuesta simpática que activa el tronco del encéfalo el cual aumenta la frecuencia respiratoria (hiperventilación), la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, todo ello para preservar el aporte de oxígeno a las células del organismo (2).

1.1.3 La exposición a la altitud

Existen síndromes asociados a la exposición rápida o prolongada a la altitud. Si bien múltiples factores como la temperatura, la luz solar y la humedad ambiental pueden

causar síntomas, uno de los principales desencadenantes es la actividad física como, por ejemplo, en el caso de este estudio, la actividad laboral, donde el papel de la hipoxia hipobárica es determinante en los cambios fisiológicos que tendrán como consecuencia algunas patologías asociadas a la altitud. En medicina se conoce como “mal de altura o mal agudo de montaña” (MAM) al cuadro clínico provocado por la hipoxia hipobárica producida por la altitud.

Principalmente los síntomas afectan a los sistemas respiratorio, cardiovascular, nervioso y renal (3):

Síntomas respiratorios

Como consecuencia de la hipoxia, el intercambio gaseoso se ve afectado y aumenta la frecuencia respiratoria. Los dos síntomas asociados a la hipobaría son la taquipnea y la dificultad respiratoria. Estos síntomas se deben a que el organismo detecta la hipoxemia y activa mecanismos para aumentar la llegada de oxígeno a órganos y tejidos.

En casos extremos, la permeabilidad de la membrana alveolo-capilar aumenta, permitiendo el paso de líquido a los alveolos, lo que produce edema pulmonar agudo. Esto producirá aumento de la dificultad respiratoria, tos y dolor torácico. El mal de altura grave puede manifestarse con un síndrome que incluye edema pulmonar.

Síntomas cardiovasculares

Cuando el organismo percibe la falta de oxígeno promueve mecanismos que aseguren la llegada del gas a los tejidos. La contracción del corazón se hace más fuerte, aumentan el pulso y la presión arterial, manifestado en taquicardia e hipertensión. Sólo en casos donde exista predisposición se presentará dolor de origen cardíaco o arritmias.

Síntomas neurológicos

La cefalea es el principal síntoma en respuesta a la hipobaría e hipoxia. Además, es muy frecuente observar otros, como mareo, desorientación, disminución del equilibrio, irritabilidad e incluso el vómito secundario a irritación cerebral. Las alteraciones del sueño, incluyendo el insomnio, pueden estar presentes, al igual que la inapetencia y debilidad.

El mal de altura grave incluye edema cerebral agudo, que puede ocasionar desde somnolencia hasta convulsiones y coma.

Síntomas renales

La redistribución de los líquidos corporales es una consecuencia de la hipoxia hipobárica. Esto es lo que ocasiona edemas de miembros, pulmonar y cerebral. La consecuencia es la disminución de la orina en cantidad y frecuencia, llamada oliguria.

Aunque no es un síntoma frecuente, su presentación supone la posibilidad de un mal de altura severo.

Otros síntomas y alteraciones

Dolores musculares, debido a procesos metabólicos; trastornos del aparato digestivo, como dolor abdominal, náuseas y vómitos; debilidad o fatiga fácil; alteraciones hormonales, como el aumento de los niveles sanguíneos de estas sustancias; aumento de la hemoglobina y glóbulos rojos, lo que se conoce como poliglobulia, consecuencia de una respuesta hipóxica, que mantenida en el tiempo, lleva al organismo a desarrollar una respuesta eritropoyética que ayude a compensar dicha situación (4,5).

Todos los tejidos y órganos del cuerpo pueden verse afectados debido a la hipoxia. Los mecanismos compensatorios o la aclimatación permitirán su mejoría.

En general, encontramos un consenso de definiciones para la altitud a la que se encuentra el ORM (unos 2350 metros sobre el nivel del mar), como altitud alta o moderada que puede afectar al rendimiento físico y aumentar el nivel de riesgo para la salud. Los límites de altitud exactos varían entre 1500-3500 m (4,6) y 2000-3000 m (7).

Altitud	Definición	Efectos
Menor de 1.500 m	Nivel del mar	Sin efectos
1.500 a 3.500 m	Altitud moderada o alta	Efectos en ejercicio
3.500 a 5.500 m	Gran altura o altitud muy alta	Efectos en reposo
5.500 a 7.500 m	Altitud extrema	Imposible vida permanente
7.500 a 9.000 m	Zona de muerte	¿Posibilidad de vida?

Tabla 1. Clasificación de la altitud. Fuente: elaboración propia a partir de (4,6,8)

En varios artículos encontramos que los autores justifican que pueden darse síntomas asociados a la altura (hipoxia hipobárica) en altitudes inferiores al límite clásico de los 2.500 m para la aparición del mal de altura (8–10).

Garrido y Botella (11) indican que el MAM afecta a un porcentaje elevado de la población que asciende y permanece en altitudes superiores a 2.000-2.500 m sobre el nivel del mar y que cursa con sintomatología leve como cefalea, insomnio, anorexia, vértigos o vómitos.

Lubin y Rubio (12) añaden que entre los efectos que se presentan en el organismo durante la exposición a la altitud, hay que tener también en cuenta la temperatura ambiente, la latitud (cuanto mayor es la distancia con respecto a la línea del

ecuador mayor es la disminución de la presión atmosférica), y sobre todo, la susceptibilidad de cada individuo.

Bärtsch et al. (8) estudian la aclimatación y el mal de altura desde los 1000 m sobre el nivel del mar. Concretamente muestran que podría aparecer en exposiciones puntuales a la altitud en algunos individuos a partir de los 2.000 m, concretamente en turistas.

Según la organización caritativa Medical Expeditions (Medex), la altitud comienza a afectar a partir de los 1500-2000 m (6). Además, la rapidez con la que se asciende puede influir negativamente en el organismo, lo cual se puede evitar con la acomodación a dicha altitud ascendiendo de forma progresiva, llevando a cabo descansos durante la ascensión que permitan la aclimatación del organismo. Una mala aclimatación fisiológica a las condiciones de la montaña, puede desencadenar alteraciones fisiológicas tales como cefaleas, insomnio, anorexia y fatiga general.

Se puede concluir, por lo tanto, que a partir de una determinada altitud algunos individuos pueden desarrollar síntomas leves o moderados del mal de altura, como cefalea, insomnio, fatiga general, etc.

1.1.4 La exposición a la altitud en el tiempo

Dependiendo del tiempo de exposición a la altura, podemos reconocer los siguientes casos (13,14) (ver Figura 2):

Exposición puntual: los sujetos están expuestos a la altitud geográfica durante un corto período de tiempo que puede ser horas o días, siendo ésta la más frecuente en el caso de alpinistas y excursionistas/turistas. Puede ser **aguda** si no existe la aclimatación correspondiente.

Exposición crónica: estancias muy largas (años), personas que han nacido o viven en altitud ya sea por trabajo o por otros motivos.

Exposición intermitente: desplazamientos a altitud con estancia corta de tiempo (horas, días) seguidos por descensos al nivel del mar. Puede tratarse de situaciones repetidas puntualmente (**exposición eventual intermitente**), o bien que se prolongan durante un período de tiempo de varios meses (**exposición intermitente de intervalo**), o incluso varios años (**exposición crónica intermitente**).

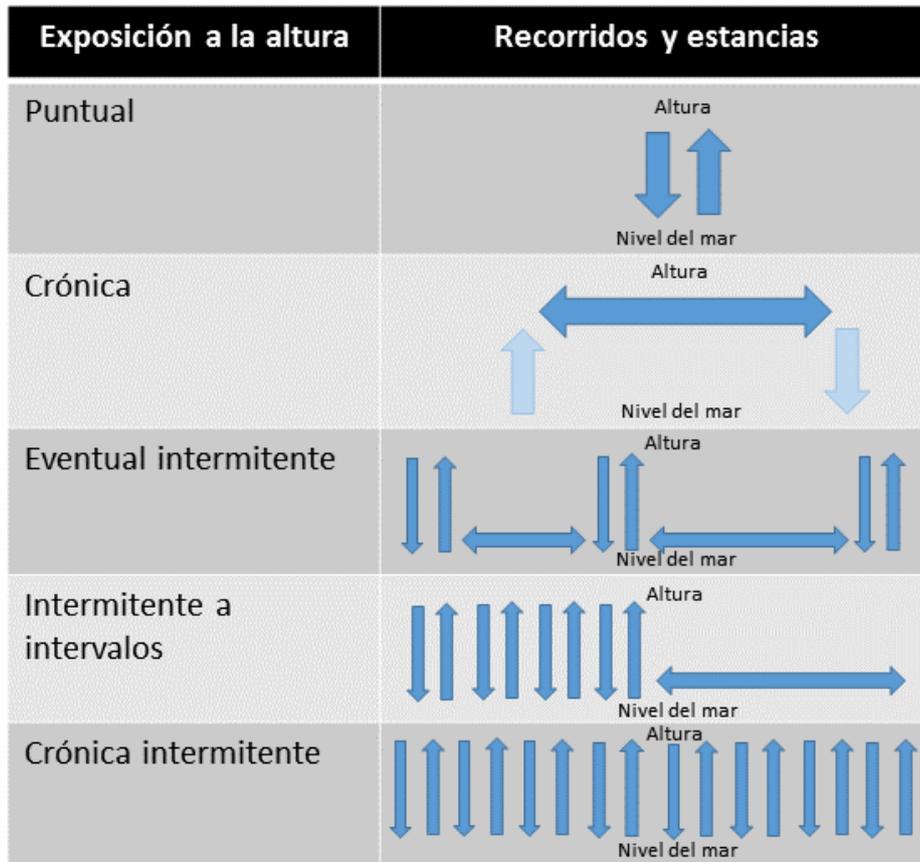


Figura 2. Representación gráfica de las diferencias entre la exposición aguda, crónica e intermitente a la altitud. Fuente: adaptado de (14,15).

Los diferentes tipos de mecanismos que emplea el organismo cuando se enfrenta a una situación de hipoxia incluyen la acomodación, la aclimatación y la adaptación (16). La acomodación es la respuesta inicial a la exposición aguda a la hipoxia de altitud y se caracteriza por el aumento de la ventilación y de la frecuencia cardíaca. La aclimatación se presenta en los individuos que están temporalmente expuestos a la altitud y que, en cierto grado, les permite tolerarla. En esta fase, que se le conoce también como aclimatación adquirida, se produce un incremento de la eritropoyesis, aumentando la concentración de la hemoglobina y mejorando la capacidad de transporte del oxígeno.

La adaptación es el proceso de aclimatación natural donde entran en juego las variaciones genéticas y la aclimatación que les permiten a los individuos nacer, crecer y reproducirse en la altitud de forma natural y normal. Para conseguir la adaptación se requiere el paso de muchas generaciones.

En el caso del ORM tenemos ejemplos de exposición puntual (visitantes eventuales como turistas), exposición eventual intermitente (astrónomos de soporte y operadores de telescopio), exposición intermitente a intervalos (trabajos contratados para

la instalación de infraestructuras) y exposición crónica intermitente (técnicos/ingenieros con estancia media diaria de 7 horas). Como nos restringiremos al personal laboral del ORM, estamos principalmente interesados en la exposición eventual y crónica intermitente.

Una revisión reciente sobre la hipoxia hipobárica intermitente publicada en julio de 2018 por profesores de las Facultades de Biología y Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Barcelona (14) citan explícitamente a los observatorios astronómicos como lugares de exposición a la hipoxia crónica intermitente.

La exposición crónica intermitente difiere mucho de la exposición crónica, en la cual el organismo acaba adaptándose. Entre los efectos de la HHCI la bibliografía destaca (17):

Hematocrito y hemoglobina

Ambos valores se elevan como reacción a la hipoxia, manteniendo valores intermedios, entre el nivel del mar y la exposición crónica.

Presión arterial

Esta no presenta niveles hipertensivos a largo plazo, pero sí que se produce un aumento de la presión arterial el primer día de exposición, por activación del sistema simpático al estrés hipóxico (18) y de los quimiorreceptores periféricos que, usualmente, se normaliza a partir del segundo día.

Perfil lipídico (riesgo cardiovascular)

Se hallan valores de triglicéridos superiores a los de a nivel del mar, pero no siempre son patológicos. Sus valores aumentan en proporción inversa a la saturación de oxígeno debido a la influencia de las hormonas, producto de la hipoxia y tiene un gran valor epidemiológico. El colesterol total se mantiene en rangos normales. El HDL se mantiene o aumenta ligeramente. El LDL desciende ligeramente.

Otros síntomas

Aparato circulatorio: puede producirse trombosis venosa profunda, disminución de la circulación pulmonar y cerebral y malformaciones cardíacas; alteraciones en el sistema nervioso central; trastornos del sueño; migraña y trastornos de la memoria/concentración; problemas de fertilidad; alteraciones en la función renal.

1.2 Antecedentes

La HHCI se ha estudiado de manera exhaustiva tanto teórica como experimentalmente en Chile, donde existe una gran población de mineros, y en menor medida, en trabajadores de observatorios astronómicos, que realizan su trabajo en altitud. Esto ha llevado al Gobierno Chileno a elaborar una normativa oficial que se resume en una Guía Técnica sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud (15,19). Sin embargo, todos estos estudios toman como altitud mínima 3.000 m lo que impide una aplicación inmediata de sus métodos y conclusiones al estudio de los trabajadores del ORM.

En 1998 se publicó un trabajo sobre la posible poliglobulia de los trabajadores no residentes que desarrollan su actividad en la zona del Parque Nacional de las Cañadas del Teide. Para ello, se tomaron muestras del personal de la empresa Teleférico del Pico del Teide, constituido por 25 operarios que trabajan entre 2350 y 3550 m y con una estancia media de 72 h semanales (grupo A). Y personal de la empresa Parador Nacional Las Cañadas del Teide con 30 empleados, situados a una altitud de 2150 m, con una estancia media de 56 h semanales (grupo B). Encuentran cifras de hemoglobina superiores con diferencias estadísticamente significativas en los trabajadores en altitud, y entre los grupos A y B.

La misma empresa del Teleférico Pico del Teide fue objeto de estudio entre 2005 y 2006 (20) con el objetivo de estimar la prevalencia de los factores de riesgo cardiovascular y de síndrome metabólico de los trabajadores. Esta vez se estudiaron 28 individuos, 15 de los cuales ascienden diariamente a 3550 m. Concluyen que factores genéticos, hipoxia, hábitos dietéticos y estilos de vida, pudieron influir en los parámetros medidos y que es necesario profundizar más.

Un estudio realizado con el objeto de identificar los riesgos y efectos fisiológicos negativos para la seguridad y salud de los trabajadores del sector de las estaciones de esquí españolas (21,22) utiliza una muestra de 262 trabajadores de 10 empresas que realizan su actividad en diferentes estaciones. Las estaciones se encuentran a una altitud de 1700-2630 m, excepto Sierra Nevada, que se encuentra a 3300 m. Concluyen que la exposición al frío no es el único factor de riesgo a tener en consideración, sino que otros factores como la altitud, los disbarismos derivados de los continuos cambios en la aclimatación que deben sufrir los trabajadores por la diferencia de altitud entre el domicilio del trabajador y la estación de esquí, son importantes.

El Laboratorio Andaluz de Enfermedades Profesionales estudió en 2015 una muestra de 228 sujetos de la empresa pública CETURSA de Granada que realizan sus

funciones entre 2100 y 3000 m y luego bajan a 700 m (17,23,24). No obtienen resultados claros que permitan asociar la HHCI con la sintomatología observada.

Peralta (25) realiza un estudio para describir el comportamiento de la eritropoyetina, el recuento de reticulocitos y su influencia, en procesos de aclimatación a la altitud. El estudio se realiza a una altitud aproximada de 2500 m. La respuesta eritropoyética no solo depende del incremento de la concentración sérica de EPO, sino del aporte de oligoelementos (vitamina B12, hierro, ácido fólico) y la respuesta individual es un factor que influye directamente en los resultados debido a que no todas las personas, e incluso no todas las poblaciones, responden de igual forma a la exposición a la altitud.

En el caso de Götschke (26) se estudia una muestra con muchas similitudes con los trabajadores del ORM ya que suben y bajan diariamente en días laborales desde hace años desde Munich (530 m) a Zugspitze (2650 m). Se estudia el efecto diario de la HHCI sobre la fisiología cardiopulmonar a través de medidas cardiorespiratorias, incluyendo ecocardiografía en reposo y en ejercicio. Concluyen que los sujetos expuestos a HHCI presentan valores de hemoglobina mayores, no hay signos de remodelación vascular pulmonar y que en ejercicio la SpO₂ es mayor que en los grupos de control.

Más recientemente, Pedreros (27) diseña un estudio para medir indicadores antropométricos de trabajadores mineros de la Región de Coquimbo, expuestos a un ambiente hipóxico hipobárico de manera crónica intermitente a una altitud moderada entre 0 y 2500 m. La muestra consiste en 221 trabajadores evaluados a 0 m, 1600 m y 2500 m trabajando en turnos de 7 días trabajados, 7 días de descanso. La mayoría de estos indicadores antropométricos empeoran conforme aumenta la altitud, por lo que la exposición a un ambiente hipóxico-hipobárico de manera crónica e intermitente a una altitud moderada, podría influir en un deterioro en el estado nutricional, composición corporal e indicadores antropométricos relacionados con riesgo cardiovascular. Reconocen que es necesario futuros trabajos con un mayor tamaño muestral para clarificar estos hallazgos.

A la vista de los estudios aquí resumidos podemos concluir que los estudios llevados a cabo en trabajadores expuestos a la altitud moderada y su intermitencia (HHCI) son escasos en los últimos 20 años, aunque se puede apreciar que recientemente hay mayor interés por el estudio de la HHCI a estas altitudes. Además, los pocos trabajos existentes hacen hincapié en la necesidad de ampliar los estudios ya que son poco concluyentes.

1.3 Pregunta de investigación

¿Hay afectación de la salud de los trabajadores del ORM como consecuencia de la exposición a la altitud?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la repercusión en la salud de la exposición intermitente a la altitud de los trabajadores del ORM.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar la existencia de alteraciones fisiológicas y hematológicas en los trabajadores del ORM expuestos a la altitud y a la HHCI.

Identificar la presencia de sintomatología del mal de altura en los trabajadores expuestos al trabajo en altitud.

Estimar la influencia del trabajo en altitud a la tolerancia a la actividad física de los trabajadores del ORM.

Determinar las variaciones en la calidad del sueño de los trabajadores que pernoctan en el ORM.

1.5 Justificación

Los trabajadores del ORM perciben la altitud como causa de una serie de síntomas. Sin embargo, no existen trabajos previos sobre la exposición y riesgos asociados al trabajo en altitud relacionados con dicho observatorio.

En general, son escasos los estudios que han abordado el caso de un grupo de trabajadores que trabajan en altitudes moderadas con diferentes hábitos, y concretamente, aquéllos que se desplazan casi a diario desde el nivel del mar hasta la cota de trabajo durante varios años. En su mayoría concluyen que se necesitarían más datos para corroborar las posibles afecciones de la salud como consecuencia de la exposición intermitente a altitudes moderadas.

Existe consenso en la literatura de que se puede considerar que estos trabajadores que se desplazan a diario entre dos cotas, de baja y media altitud, están expuestos a HHCI (14).

La población de trabajadores del ORM que se propone para el estudio, presenta una interesante antigüedad laboral que garantiza el aspecto crónico de la exposición a la HHCI.

2 METODOLOGÍA

Este trabajo se basa en establecer una serie de pruebas que nos permitan confirmar la existencia de alteraciones fisiológicas en los individuos de la muestra como consecuencia de su actividad laboral a una altitud moderada y a su exposición en el tiempo

Cuando los seres humanos se exponen a cierta altitud, comienzan a darse una serie de cambios fisiológicos. Estos se producen sobre todo a nivel respiratorio (es el que con mayor rapidez se instaura), y posteriormente se van produciendo cambios a nivel hematológico, con incremento de glóbulos rojos (poliglobulia), y en la concentración de hemoglobina, ayudando así a mejorar el transporte de oxígeno en sangre. También se producen variaciones en la calidad del sueño. Por todo esto, necesitaremos estudiar una serie de variables que nos permitan confirmar que nuestro grupo de estudio está sometido a estos cambios fisiológicos debido a la altitud a la que se encuentra el ORM.

2.1 Búsqueda bibliográfica

Para la realización del presente trabajo hemos realizado una búsqueda bibliográfica con el objeto de identificar en la literatura trabajos recientes teóricos y experimentales que aborden la problemática de las posibles afecciones a la salud como consecuencia de la exposición a una altitud moderada y sus efectos en el tiempo en sujetos que se desplazan habitualmente entre el nivel del mar y esa altitud moderada.

Para ello, comenzamos realizando una búsqueda de palabras claves en la base de datos de descriptores de ciencias de la Salud DeCS. Encontramos los términos: altitud, altitude, hipoxia, hypoxia.

Se obtienen 112 términos asociados, de los cuales sólo 22 son relevantes para el presente trabajo, es decir, que se refieren a la hipoxia consecuencia de la altitud. Identificamos los correspondientes identificadores en la base de datos Medical Subject Headings (MeSH) los cuales serán utilizados para la búsqueda en las bases de datos PubMed, MEDLINE, Scopus y SciELO.

Para acotar la búsqueda, decidimos restringirnos a artículos que contengan las palabras “hipoxia hipobárica crónica intermitente” dado el interés particular del presente trabajo, y cuyo contenido completo esté disponible. Finalmente, decidimos incluir sólo los artículos publicados en revistas de referencia, que traten de estudios sobre humanos, escritos en inglés o español y que estudien los efectos a la altitud de interés (entre 2000 y 2500 m). Una búsqueda retrospectiva a los últimos 10 años nos da pocos artículos (11) así que decidimos ampliar el período de búsqueda a los últimos 20 años y obtenemos un total de 20 artículos.

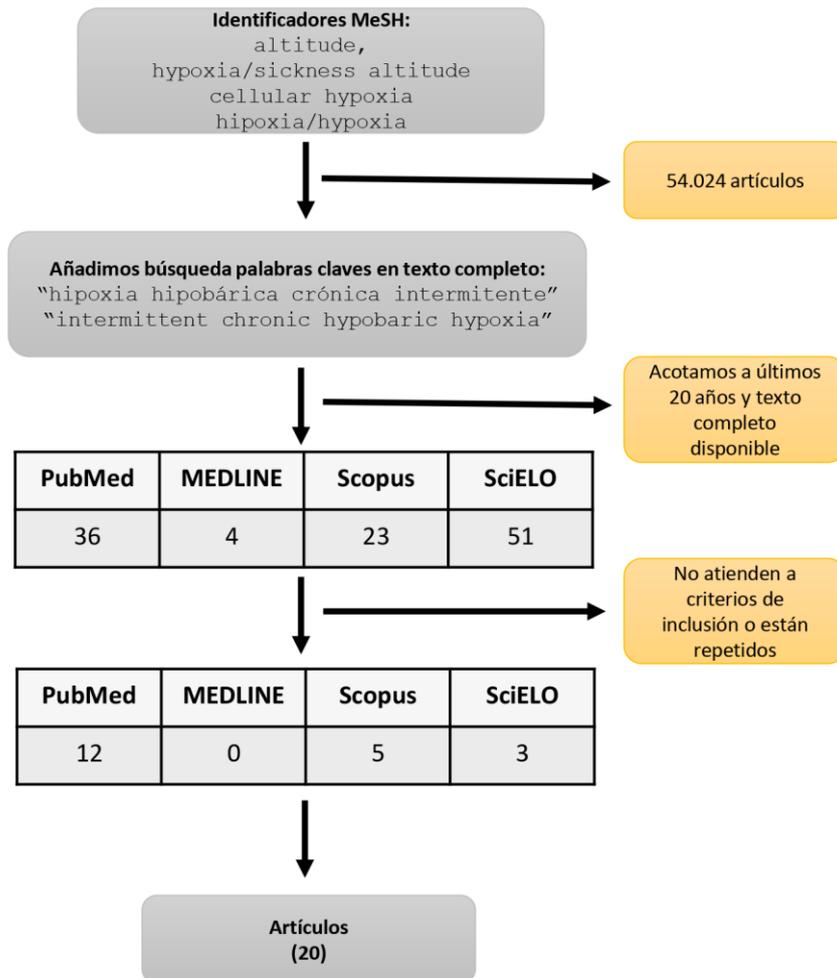


Figura 3. Diagrama de flujo de la selección de artículos.

Apenas hemos encontrado artículos que traten la HHCI en humanos, y concretamente a la altitud de 2350 m (Roque de Los Muchachos) o como consecuencia del cambio frecuente de altitud entre 2350 m y el nivel del mar. En cualquier caso, existe un creciente interés en el estudio de este tema debido a la cada vez mayor demanda en el turismo de altitud.

Una gran proporción de los artículos trata sobre la HHCI en los Andes chilenos debido a la alta población de mineros que realizan su trabajo sobre los 3.000 m, ver por ejemplo (28–30).

El único artículo encontrado que trata sobre los trabajadores en un observatorio astronómico, está realizado en el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), que se encuentra a 5.050 m (31,32). No se ha encontrado ningún estudio sobre un observatorio astronómico de las mismas características que las del ORM (a la misma altitud y que requiere el traslado diario de trabajadores desde el nivel del mar). Los pocos artículos encontrados que estudian muestras de trabajadores en condiciones de altitud

similares a los del ORM se refieren principalmente a estaciones de esquí (26) o teleféricos.

Como consecuencia del resultado obtenido, Decidimos consultar más fuentes con la intención de incrementar la muestra de artículos, utilizando Google Scholar y las cadenas de búsqueda que utilizamos con las bases de datos. Encontramos varios trabajos, algunos de los cuales son publicaciones científicas (6,7,12,17,30).

Se reunió a un grupo de sanitarios expertos en problemas de salud del ORM, los cuales nos facilitaron algunas referencias interesantes, como por ejemplo (4,5,21,22) donde se aporta otro estudio sobre estaciones de esquí y el teleférico del Teide, y en general, información laboral sobre el trabajo en altitud.

Como conclusión de lo anterior, observamos que tanto la exposición aguda como la crónica a la altitud han sido ampliamente estudiadas, en cambio la exposición intermitente crónica parece ser un objeto de estudio relativamente nuevo, y no suficientemente explorada en el conocimiento científico, más aun cuando hablamos de altitudes moderadas, o por debajo de los 2500 m como es el caso del ORM.

2.2 Diseño de la investigación

Nuestro estudio será de tipo observacional, descriptivo y transversal. Es observacional porque nos limitaremos a tomar datos de los sujetos sin manipular las variables independientes; es descriptivo porque no entraremos a establecer relaciones causa-efecto sino describir la presencia de una sintomatología específica y medidas de variables; es transversal porque tomaremos los datos de los trabajadores del ORM en un momento dado.

2.3 Ámbito y sujetos de estudio

En el presente trabajo proponemos el estudio de la población de trabajadores del ORM basado en la medición de una serie de variables que muestren si hay presencia o no de alguna sintomatología asociada a la altitud y cómo puede afectar a su salud.

2.3.1 Clasificación de los grupos

Pueden identificarse los siguientes grupos teniendo en cuenta la exposición a las condiciones de la altitud:

Grupo A: técnicos e ingenieros de los telescopios. Suben y bajan de lunes a viernes para trabajo diurno de unas 6 horas de duración. También puede incluirse el personal de la residencia, aunque sus estancias en el ORM son algo mayores. Generalmente la jornada laboral comienza entre las 08:00 y las 10:00 y termina entre las 16:00 y las 18:00 horas.

Grupo B: astrónomos de soporte. Realizan ascensos y descensos sin regularidad, para trabajo nocturno de una o dos noches. Pasan varios días sin volver a subir entre los turnos. Generalmente empiezan su turno por la tarde a las 14:00, el cual prolongan hasta la mitad de la noche o el amanecer. Duermen de día.

Grupo C: operadores del telescopio. Suben a trabajar por la noche. Su jornada comienza antes del atardecer, entre las 18:00 y 19:00 horas, y se prolonga hasta el amanecer aproximadamente entre las 07:00 y 08:00 horas, en turnos de unas 5 noches. Duermen de día, trabajan ya desde el primer día que suben y bajan el último día del turno tras dormir en el ORM.

Grupo D: personal administrativo. Trabajan de lunes a viernes a nivel del mar. Comienzan la jornada laboral a las 08:30 y terminan a las 17:00.

Criterios de inclusión:

- Todos los trabajadores del ORM, con edades comprendidas entre 20 y 65 años, y que den su consentimiento para formar parte del estudio.
- Tener una antigüedad laboral superior a 1 año.
- Estar expuestos a la altitud durante la jornada laboral.

Criterios de exclusión:

- No desear participar en el estudio.
- Personal que se encuentre de baja médica en el momento del estudio.
- Personas que presenten patología de base que puede sesgar los resultados del estudio.
- El Grupo D, por realizar su jornada laboral a nivel del mar.

2.3.2 Población y muestra

La población de trabajadores del ORM está dividida principalmente en 9 organizaciones diferentes. Trabajan en la residencia o en los diferentes telescopios. Presentan un amplio abanico de antigüedad y hábitos laborales, así como diferentes rangos de edades (Tabla 2).

Institución	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Trabajadores
GTC	45	17	8	10	80
ING	23	14	4	4	45
TNG	18	8	5	3	34
NOT	7	8	0	3	18
MT	0	3	0	0	3
MAGIC	2	3	9	1	15
Residencia	17	0	0	3	20
SST	2	0	0	1	3
CTA	10	0	0	2	12
Otros	5	0	0	0	5
Total:	129	53	26	27	235

Tabla 2. Instituciones y personal aproximado del ORM. GTC: Gran Telescopio Canarias; ING: Grupo de Telescopios Isaac Newton; TNG: Telescopio Nazionale Galileo; NOT: Nordic Optical Telescope; MT: Mercator Telescope; MAGIC: Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescopes; SST: Swedish Solar Telescope; CTA: Cherenkov Telescope Array. Actualizado: Mayo 2019. Fuente: datos proporcionados por el ORM.

Para la estimación del tamaño mínimo muestral utilizaremos la fórmula para una población finita y el cálculo de una frecuencia (33):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot i^2 + Z^2 \cdot p(1 - p)}$$

Donde:

n : número de individuos de la muestra.

Z : valor que va en función del nivel de confianza que deseamos obtener. Para el 95% vale 1.96.

p : frecuencia del valor del parámetro que queremos medir, expresado en términos de probabilidad, es decir, tanto por uno. Si a priori lo desconocemos podemos tomar $p=0.5$ (50%).

i : precisión que deseamos para el valor de la frecuencia, en tanto por 1.

Para un 95% de nivel de confianza, una frecuencia medida de un parámetro que fuera el 50% y una precisión del 5% obtendríamos que necesitaríamos del Grupo A, 96; Grupo B: 47, y Grupo C: 24 individuos. Esto sujetos serían seleccionados con un muestreo aleatorio simple dentro de cada grupo.

2.4 Descripción de variables

Por cada sujeto se recogerán directamente una serie de variables generales y específicas, las cuales obtendremos de encuestas, de revisiones médicas de años anteriores y de datos actuales recogidos tanto a nivel del mar como en altitud.

2.5 Instrumentos de medida

2.5.1 Variables generales

Nos permitirá obtener una descripción pormenorizado de los perfiles individuales de la muestra atendiendo a características demográficas, laborales, hábitos y posibles patologías.

Teniendo en cuenta la heterogénea distribución geográfica de los grupos de la muestra y sus hábitos laborales, el cuestionario de salud (Anexo 1) podrá estar online y se les pedirá que lo rellenen una sola vez. Con el objeto de identificar lo antes posible posibles casos de interés o de exclusión, preferiblemente solicitaremos que los trabajadores lo rellenen al comienzo del proceso de la toma de datos.

Se recogerán datos de las siguientes variables:

Demográficas

- Edad (años)
- Sexo
 - Hombre
 - Mujer
- Talla (m)
- Peso (Kg)
- Índice de Masa Corporal (IMC)

Laborales

- Años de exposición a la altitud
- Tiempo de exposición por turno (en horas o días)
- Ocupación (ingeniero, técnico, astrónomo, operador de telescopio, administración)
- A qué grupo de exposición pertenece: A, B o C

Hábitos de vida

- Actividad física (escala RAPA)
- Fumador actual
 - Diariamente
 - Algunos días
 - No fuma

- No sabe
- Fumador pasado
 - Diariamente
 - Algunos días
 - No ha fumado
 - No sabe

Patología previa

- Patologías previas (cardiovasculares, respiratorias, diabetes, etc.)

La escala RAPA consiste en contabilizar las respuestas positivas a 7 preguntas. Si el número obtenido es menor a 6, quiere decir que el nivel de actividad física es inferior al recomendado (34). Para conocer los hábitos tabáquicos de los sujetos, se han seleccionado las preguntas y respuestas validadas por el Center for Disease Control and Prevention (CDC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (35).

2.5.2 Variables cardiovasculares

Cuando los seres humanos se exponen a cierta altitud, el organismo se enfrenta a unas determinadas variaciones ya que se produce una relación inversa entre la altitud, la presión atmosférica y la presión arterial de oxígeno (PaO_2). Al ascender los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo detectan una disminución de la PaO_2 por lo que el organismo comienza una serie de reacciones a nivel cardiocirculatorio (aumento de la frecuencia cardíaca (FC) y frecuencia respiratoria (FR)) para intentar compensar dichos cambios.

Presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD)

La medición de esta variable se realizará mediante la técnica de Korotkoff, se hará en el brazo izquierdo después de que los sujetos hayan descansado 10 min y que hayan pasado más de dos horas tras la última comida.

Frecuencia cardíaca y SpO_2

Se procederá a medir la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno utilizando un pulsiosímetro (marca Onyx Vantage, modelo 9590). Para la medición de la saturación, el dedo que se vaya a utilizar debe mantener una temperatura óptima (no debe estar frío) y la uña debe estar libre de lacas o barnices.

La primera medición se realizará a nivel del mar a los grupos A, B y C; luego en altitud se procederá a tomar una nueva medición tras haber transcurrido 2 horas de la llegada; y una última medición 2 horas después de llegar al nivel del mar (Anexo 3).

2.5.3 Variables hematológicas

La eritrocitosis refleja un aumento característico del hematocrito y la hemoglobina por encima de los valores normales, esto sucede cuando fallan los mecanismos de acomodación del organismo que no consiguen compensar el ascenso a la altitud. El incremento en la cantidad de eritrocitos se puede dar en las 48 horas siguientes a la exposición a la altitud, al igual que el aumento de la hemoglobina. Por el contrario, la saturación de oxígeno se encontrará disminuida (36). La eritrocitosis sería un buen mecanismo de aclimatación, más no de acomodación a la altitud (37).

Obtendremos los siguientes valores de la próxima analítica sanguínea realizada por la mutua de los trabajadores del ORM como parte de su evaluación anual de salud:

Hematíes o glóbulos rojos

Los glóbulos rojos (GR) contienen hemoglobina, que transporta oxígeno. La cantidad de oxígeno que los tejidos corporales reciben depende de la cantidad de glóbulos rojos que haya en la sangre y de su correcto funcionamiento. Los rangos normales de GR son (38):

Hombres: de 4.7 a 6.1 millones de células por microlitro.

Mujeres: de 4.2 a 5.4 millones de células por microlitro.

Hemoglobina

Es una proteína en los glóbulos rojos que transporta oxígeno. La prueba de hemoglobina mide la cantidad de hemoglobina en sangre. Los valores altos de hemoglobina se asocian con el desarrollo del Mal de Montaña Crónico (16). Los resultados normales de la hemoglobina para los adultos varían, pero en general son (39):

Hombres: de 13.8 a 17.2 gramos por decilitro.

Mujeres: de 12.1 a 15.1 gramos por decilitro.

Hematocrito

Mide la cantidad de glóbulos rojos en sangre. Llamado también “volumen corpuscular medio”. Los rangos normales de hematocrito pueden variar un poco, pero en general son (40):

Hombres: de 40.7% a 50.3%.

Mujeres: de 36.1% a 44.3%.

2.5.4 Estudio de la sintomatología del mal de altura

Roach et al. y The Lake Louise AMS Score Consensus Committee (41) proporcionan un formulario normalizado y reciente (la publicación es de 2018) para el estudio del mal de altura que nos podría ser útil.

El cuestionario del Lake Louise consta de 5 ítems: cefalea, náuseas y vómitos, fatiga/cansancio, mareo/aturdimiento y trastornos del sueño, que una vez contestados por los sujetos del estudio, nos permitirá comprobar si estos manifiestan la sintomatología típica del MAM (42), el cual está provocado por una ascensión rápida desde baja altitud sin una adecuada aclimatación. Los principales desencadenantes de este son: la velocidad de ascenso, la altitud alcanzada, la susceptibilidad individual, la intensidad del ejercicio físico, y el grado previo de aclimatación (43).

El test tiene una puntuación total de 15 puntos, y es de gran utilidad a la hora de confirmar y controlar la existencia de síntomas del MAM en los sujetos de nuestro estudio.

Una puntuación total de 3 a 5 indicaría la presencia de MAM con sintomatología leve. Generalmente el primer síntoma que aparece es el dolor de cabeza, acompañado de algún otro síntoma. Si es mayor de 6 puntos, nos indicaría que el individuo sufre mal de altura grave (42).

El cuestionario del Anexo 4 será llevado a cabo con los grupos A, B y C durante su estancia en el ORM. De esta manera intentaremos que refleje la aparición de sintomatología asociada con la altitud.

Recogeremos las puntuaciones de los cuestionarios prestando especial atención a los síntomas indicados, su intensidad y en qué momento del turno aparecen. Cada individuo podría desarrollar una sensibilidad diferente a la altitud que podría estar relacionada con la frecuencia de sus desplazamientos y estancia en el ORM.

2.5.5 Prueba de la caminata de 6 minutos

La prueba de la caminata de 6 minutos (PC6M) (44) nos permitirá cuantificar la capacidad de tolerancia a la actividad física de los trabajadores. Se analiza mediante la distancia máxima que un individuo puede recorrer durante un período de seis minutos caminando tan rápido como le sea posible.

Su base fisiológica es que la distancia conseguida en un recorrido llano durante el tiempo definido (6 minutos) es una expresión de la capacidad del individuo submáximo, lo que permite una evaluación de esta capacidad en posibles deficiencias respiratorias, como la provocada por la disminución de la saturación de oxígeno (puede causar un aumento de la disnea durante el ejercicio físico). Realizaremos dicha prueba tanto a nivel del mar, que tomaremos como valor de referencia, como en el ORM.

No se necesitan equipos costosos para la PC6M, el espacio físico que se necesita es fácil de adecuar, el personal que la lleva a cabo precisa entrenamiento básico, y su interpretación es sencilla, obteniéndose resultados fiables. Todo lo anterior,

sumado a que puede repetirse con facilidad, la convierte en una prueba altamente recomendable para evaluar a los sujetos. Tendremos en cuenta la distancia recorrida y la variación de parámetros cardiovasculares y respiratorios (presión arterial, saturación arterial, frecuencia cardíaca y respiratoria) antes y después de la realización de la prueba en los sujetos de estudio.

Se necesita el siguiente equipo y material (45):

- Hoja de recolección de datos, con escala de Borg.
- Cronómetro, fonendoscopio, y contador de vueltas.
- Sillas para que los participantes puedan descansar.
- Conos de color para marcar los extremos del pasillo.
- Esfigmomanómetro.
- Oxímetro de pulso.

Y se obtienen valores para las siguientes variables:

- Tensión arterial sistólica y diastólica.
- Frecuencia cardíaca.
- Saturación de oxígeno en aire ambiente.
- Grado de disnea y fatiga según la puntuación obtenida en la escala de Borg.

La escala de Borg es un método subjetivo de medición donde el sujeto identifica su percepción de esfuerzo o fatiga sobre una escala numérica que va de 0 (nada) a 10 (máximo).

Para la realización de la PC6M (45) se prepara un pasillo con una anchura suficiente que permita deambular con libertad y seguridad al sujeto, libre de obstáculos y de uso exclusivo para la realización de la prueba. La longitud estándar debe de ser de 30 metros (puede realizarse en pasillos con menor longitud). Hay que señalar el inicio y el final de dicha distancia, estas señales deben resultar bien visibles para todos los implicados en el desarrollo de la prueba. Colocar marcas cada 3 metros, para que la distancia recorrida por el individuo sea lo más exacta posible. Se colocarán dos conos de señalización, el primero a una distancia de 0.5 m de la línea de inicio y el segundo a 29.5 m de la línea de finalización (ver Figura 4).

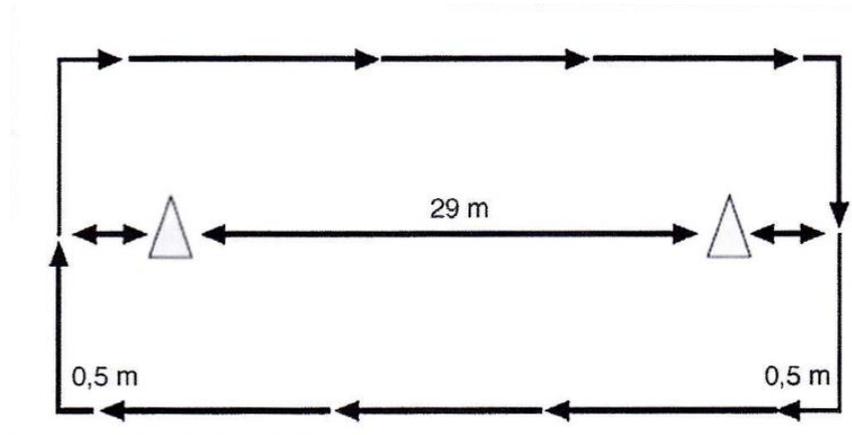


Figura 4. Esquema que ilustra las distancias utilizadas para la PC6M. Fuente: extraído de (46).

Hecho esto, procederemos a explicar al paciente la escala de Borg, insistiendo en la importancia de dar un valor numérico lo más exacto posible para “Disnea” y otro para “Fatiga”: debe indicarnos el valor en que se encuentra en ese momento. A continuación procederemos a tomar las constantes vitales en reposo (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión arterial). Antes de iniciar la prueba, le recordaremos cual es el objetivo de la misma, “recorrer la mayor distancia posible en 6 minutos”, caminando rápido, sin correr ni trotar.

Registraremos los datos utilizando el formulario del Anexo 5, que incluye unas “instrucciones para la caminata de 6 minutos”.

Analizaremos los resultados de la prueba atendiendo a lo siguiente:

- Las distancias recorridas por cada individuo. Una predicción de la misma la proporciona la ecuación de Gibbons et al. (45,47) por ser de aplicación a individuos de 20 a 80 años:

$$Distancia [m] = 686.8 - 2.29 \times edad [años] - 74.7 \times sexo$$

[hombres: 0, mujeres: 1]

En general, las personas sanas pueden caminar entre 400 y 700 metros en 6 minutos, dependiendo de la edad, estatura y sexo (48).

- Si el sujeto alcanzó la frecuencia cardíaca máxima.
- La presencia o ausencia de disnea o fatiga de miembros inferiores, SpO₂, FC, presión arterial, tiempo de las paradas y motivo de las mismas.

2.5.6 Estudio de la calidad del sueño

Los cambios fisiológicos que se producen por el cambio brusco en altitud provocan una hipoxia hipobárica que se relaciona con dificultad para obtener un sueño reparador, microdespertares, privación de sueño, sensación de falta de aire y dificultad

para dormirse, y a esto se le suma que el descanso se lleva a cabo en horario diurno. Todo esto puede influir de manera negativa en la calidad del sueño (49).

Para dicho estudio se utilizará el cuestionario del sueño del Hospital de St. Mary (50), que es un cuestionario estandarizado que permite mediante una serie de ítems medir la calidad del sueño de los sujetos tras una noche (puede medir tanto la calidad del sueño nocturno como del diurno). No es un cuestionario de escala o índice sino que se analizan las respuestas a cada pregunta.

Hemos escogido este cuestionario utilizando la revisión de escalas y cuestionarios de Lomeli et al. (51) porque evalúa la calidad del sueño, la latencia, continuidad y satisfacción de una sola noche y pensamos que puede reflejar bien los desórdenes producidos por dormir a altitud moderada en comparación con dormir al nivel del mar. Es un cuestionario sencillo basado en la autoevaluación.

Se entregará el cuestionario a cada uno de los individuos de los grupos A, B y C. Dicho cuestionario se rellenará en un período de descanso al nivel del mar y justo después de finalizar su estancia en altitud (Anexo 6).

Se analizarán estadísticamente las respuestas al test por cada individuo, comparando los resultados al nivel del mar con la altitud. Luego compararemos los resultados con los otros individuos del grupo para comprobar si hay patrones que se repiten.

2.6 Limitaciones y consideraciones éticas

Este estudio es una aproximación para conocer el estado de la situación actual, pero su diseño limita la posibilidad de establecer una relación inferencial entre la sintomatología y la exposición a la altitud. En el futuro sería necesario un análisis con un estudio de cohortes que permita establecer la correspondiente relación causa efecto.

En el presente trabajo se aplica la “ley de protección de datos” y para ello codificaremos la identidad de los sujetos. Los formularios serán destruidos una vez que hayan servido para su cometido.

Se respeta el derecho a la privacidad y a la negación de participar en el estudio.

Antes de la realización de la prueba de la caminata de los 6 minutos, los participantes en el estudio firmarán un documento en el cual confirmarán no padecer ninguna enfermedad que les incapacite o contraindique para la realización de la misma.

En el presente estudio se respetarán y garantizarán los aspectos éticos de la atención al participante, respetando sus principios de autonomía, justicia, no maleficencia y beneficencia. Los datos recogidos en el estudio no incluirán en ningún caso datos de filiación ni de los participantes ni de los profesionales implicados en dicho estudio.

Se recopilará al comienzo del estudio un documento con el consentimiento informado de los participantes (Anexo 2). Asimismo se solicitará autorización a la Gerencia del centro, a la dirección de enfermería y a la comisión de investigación del Área de Salud de La Palma.

2.7 Pruebas estadísticas y programas utilizados

Las variables obtenidas serán analizadas estadísticamente (medias, desviación estándar y rangos) con el paquete SPSS. Las estudiaremos por grupos objetivo, atendiendo al lugar donde se han tomado (al nivel del mar o en el ORM) y cadencia de las mismas.

Estudio	Grupos objetivo	Cadencia de la toma de datos por sujeto	Evaluador	Material
VARIABLES GENERALES	A,B,C	Una sola vez, al comienzo del estudio	Sujeto	Anexo 1
VARIABLES HEMATOLOGICAS	A,B,C	Una sola vez durante el estudio	Sujeto	Anexo 1
VARIABLES CARDIOVASCULARES	A,B,C	Antes del ascenso, a las 2 horas de llegar y 2 horas tras el descenso	Investigador	Anexo 3
SÍNTOMATOLOGÍA ASOCIADA A LA ALTITUD	A, B,C	Una sola vez en el ORM	Sujeto	Anexo 4
CAPACIDAD AL ESFUERZO	A,B,C	Antes de subir al ORM y en el ORM	Investigador	Anexo 5
Calidad del sueño	A,B,C	Antes de subir al ORM y tras finalizar un turno	Sujeto	Anexo 6

Tabla 3. Cuadro resumen de las medidas a realizar.

Variable	Tipo
General	
Edad (años)	Numérica
Sexo	Dicotómica
Talla (m)	Numérica
Peso (kg)	Numérica
Exposición a la altitud (años)	Numérica
Exposición por turno (horas)	Numérica
Ocupación	Proporción
Grupo (A,B,C)	Proporción
Índice de masa corporal (IMC)	Numérica
Actividad física (escala RAPA)	Numérica
Fumador actual	Proporción
Fumador pasado	Proporción
Hematológicas	
Hematocrito (%)	Numérica
Hemoglobina (mg/dl)	Numérica
Hematíes (células/mcl)	Numérica
Cardiovasculares	

Saturación de oxígeno (%)	Numérica
Presión arterial sistólica (mmHg)	Numérica
Presión arterial diastólica (mmHg)	Numérica
Frecuencia cardíaca (lpm)	Numérica
Síntomatología asociada a la altitud	
Puntuación cuestionario Lake Louise	Numérica
C1. Cefalea	Proporción
C2. Síntomas gastrointestinales	Proporción
C3. Fatigas o debilidad	Proporción
C4. Vértigos o mareo	Proporción
C5. Alteraciones del sueño	Proporción
Capacidad al esfuerzo	
Distancia recorrida (m)	Numérica
Saturación de oxígeno (%)	Numérica
Presión arterial sistólica (mmHg)	Numérica
Presión arterial diastólica (mmHg)	Numérica
Frecuencia cardíaca (lpm)	Numérica
Índice Borg disnea	Proporción
Índice Borg fatiga	Proporción
Calidad del sueño	
C5. Cómo ha sido el sueño	Proporción
C6. Veces que se ha despertado	Proporción
C7. Duración del sueño (h)	Numérica
C9. Cómo de bien durmió	Proporción
C10. Cómo despejado se levantó	Proporción
C11. Satisfacción del sueño	Proporción
C12. Capacidad para seguir durmiendo	Dicotómica
C13. Dificultad en irse a la cama	Proporción

Tabla 4. Listado de las variables que obtendremos y su tipo.

3 PLAN DE TRABAJO

3.1 Recursos

Humanos: El investigador principal y un ayudante.

Materiales: Material de papelería como folios, bolígrafos. Ordenador, impresora y tinta para ésta. Fonendoscopio, pulsiosímetro, esfigmomanómetro. Para la prueba de la caminata de los 6 minutos, además: contador de vueltas, cronómetro, conos y marcas de suelo.

Técnicos: Pasillo para la prueba de la caminata de los 6 minutos. Desplazamiento al ORM cuando se deba tomar datos en altitud.

Financieros: Los gastos correrán a cargo del investigador principal.

3.2 Cronograma

A continuación se propone un plan para la realización del presente proyecto.

	Jul 2019	Ago-Sep 2019	Oct 2019	Nov-Dic 2019	Ene 2020
Solicitud de permisos y coordinación con las diferentes instituciones del ORM	X				
Recogida de datos (verano)		X			
Trascripción de datos			X		
Análisis e interpretación de resultados				X	
Redacción de los resultados y las conclusiones del estudio					X

Tabla 5. Cronograma para la realización del presente proyecto.

3.3 Presupuesto

	Cantidad	Total €
Investigadores	2	0,00
Papelería y gastos informáticos	Varios	50,00
Fonendoscopio	1	60,00
Pulsiosímetro	1	300,00
Esfigmomanómetro	1	50,00
Contador de vueltas	1	10,00
Cronómetro	1	15,00
Total		885,00

Tabla 6. Estimación del presupuesto. Los gastos correrán a cargo de la investigadora principal.

4 RESULTADOS

Esperamos obtener resultados que describan la situación de salud de los individuos en los diferentes niveles de exposición así como encontrar alguna diferencia entre los grupos estudiados que nos puedan dar alguna clave para entender cómo puede estar repercutiendo en los trabajadores del ORM las diferentes exposiciones intermitentes a la hipoxia hipobárica.

5 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Como ya se ha visto, hay pocos estudios realizados entre el nivel del mar y los 2350 m del ORM que evalúen una población expuesta a la altitud y a la intermitencia crónica, con tiempos de ascenso y descenso de tan solo una hora.

Las pruebas propuestas esperamos nos confirmen la presencia de sintomatología leve del mal de altura, debido a la exposición intermitente a la altitud, pero también que nos permitan mejorar o diseñar nuevas pruebas que se puedan utilizar como prolongación del presente proyecto o para otros estudios similares en otros lugares.

Una vez evidenciado si existe sintomatología asociada a la altitud, y como extensión del presente proyecto, se propondrán una serie de posibles acciones, algunas de las cuales mostramos a continuación:

La elaboración de una lista de recomendaciones para que los trabajadores sepan reconocer los síntomas, sus posibles consecuencias, saber cómo actuar en cada caso y cómo puede repercutir en personas que padecen alguna patología crónica (ver, por ejemplo, la hoja informativa facilitada por el Gobierno Chileno para la HHCI (52)).

Un programa de vigilancia de la salud específico, que conlleve evaluaciones periódicas de parámetros de cara a detectar de forma precoz posibles efectos negativos para la salud y poder actuar en consecuencia.

La implementación de un programa basado en la prevención cuyo objetivo sea la promoción de la salud y la calidad de vida.

Proponer medidas para un buen descanso nocturno/diurno así como considerar el autocuidado y las conductas saludables de los trabajadores como un elemento importante.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor José Antonio Clemente Concepción por su inestimable ayuda y paciencia.

Al doctor Amador Javier Camacho Cáceres, médico que realizó las evaluaciones médicas anuales durante años a los trabajadores del ING y que nos aportado interesantes comentarios y referencias.

A Pedro Alexis Brito Acosta, técnico de Prevención de Riesgos Laborales (PREVIMAC), actual mutua del ING.

BIBLIOGRAFÍA

1. W. L. Kenney, J. Wilmore DC. *Physiology of Sport and Exercise*. 5th ed. Human Kinetics; 2014.
2. González C, Rocher A ZP. Arterial chemoreceptors: cellular and molecular mechanisms in the adaptative and homeostatic function of the carotid body. *Revista de Neurología* [Internet]. 2003;36(3):239–54. [consultado 2018 Dic 12]. Disponible en: <https://www.neurologia.com/articulo/2003025>
3. Sinclair J. Hipobaría: Causas, Síntomas y Tratamiento [Internet]. [consultado 2019 May 1]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/hipobaría/>
4. Bernaola Alonso M, Ponce Molet JA. Los riesgos de la altitud y su prevención. *Seguridad y salud en el trabajo* [Internet]. 2012 Jul; [consultado 2018 Dic 20]. Disponible en: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1071414
5. Burillo Putze G. Poliglobulia en las cañadas del Teide?, resultados preliminares de un estudio. *Med Clin (Barc)*. 1998;110(15):597.
6. Medex Members. *Viajar en Altura*. 2008.
7. Puig M. Así funciona la hipoxia y el entrenamiento en altura [Internet]. *Planeta Triatlón*. 2018 [consultado 2018 Dic 20]. Disponible en: <http://www.planetatriatlon.com/asi-funciona-hipoxia/>
8. Bärtsch P, Saltin B. General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2008 Jul 8;18(1):1–10. [consultado 2019 Ene 10]. Disponible en: <https://onlinelibrary-wiley-com.accedys2.btbk.ull.es/doi/epdf/10.1111/j.1600-0838.2008.00827.x>
9. Meneses Chunchir LI. Prevalencia de Poliglobulia mediante determinación de biometría hemática en el Cantón Nueva Loja, Provincia de Sucumbíos 2016. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador; 2017.
10. Luks AM, Swenson ER, Bärtsch P. Acute high-altitude sickness. *Eur Respir Rev* [Internet]. 2017 Mar 31;26(143):160096. [consultado 2019 Feb 25]. Disponible en: <http://err.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/16000617.0096-2016>
11. Garrido Marín, E. y Botella de Maglia J. El mal de montaña. *Medicina Clínica* [Internet]. 1998 Apr;110(12):462–8. [consultado 2019 Mar 5]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9611717>
12. Paula Lubin PR. El Mal de Altura. *Psicothema* [Internet]. 1991;3:407. [consultado 2018 Dic 20]. Disponible en: <http://www.psicothema.com/pdf/2029.pdf>
13. Richalet JP, Donoso MV, Jiménez D, Antezana AM, Hudson C, Cortès G, Osorio J LA. Chilean miners commuting from sea level to 4500 m: a prospective study. *High Alt Med Biol* [Internet]. 2002;3(2):159–66. [consultado 2018 Dic 23]. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/15270290260131894>

14. Viscor G, Torrella JR, Corral L, Ricart A, Javierre C, Pages T, et al. Physiological and Biological Responses to Short-Term Intermittent Hypobaric Hypoxia Exposure: From Sports and Mountain Medicine to New Biomedical Applications. *Front Physiol.* 2018;9:1–20.
15. ACHS. Presentación Protocolo H.I.C. [Internet]. 1999. [consultado 2019 Ene 8]. Disponible en: <https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/12-Hipobaria/1-Presentación/Presentación Protocolo H.I.C.pdf>
16. Gonzales GF. Hemoglobina y testosterona: importancia en la aclimatación y adaptación a la altura. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2011;28(1):92–100.
17. Cabanillas Moruno JL, Ruiz Frutos C, Veiras Lorenzo C. Modificaciones Fisiológicas en Trabajadores Sometidos a Hipoxia Hipobárica Intermitente Crónica [Internet]. 2015. [consultado 2019 Feb 2]. Disponible en: https://sierranevada.es/media/3301/sierra_nevada_estudio_salud.pdf
18. Calbet J. Chronic hypoxia increases blood pressure and noradrenaline spillover in healthy humans. *J Physiol* [Internet]. 2003;551(1):379–86. [consultado 2019 Mar 22]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.accedys2.bbtk.ull.es/pmc/articles/PMC2343162/pdf/tjp0551-0379.pdf>
19. GobChile. Guía Técnica sobre Exposición Ocupacional a Hipobaria Intermitente Crónica por Gran Altitud [Internet]. 1999. [consultado 2019 Abr 7]. Disponible en: https://www.minsal.cl/sites/default/files/guia_hipobaria_altitud.pdf
20. García Mora S, Miranda Morales R, Quintero Sánchez L. Síndrome Metabólico y Factores de Riesgo Cardiovascular Asociados a la Altitud. *Enfermería Cardiol.* 2007;42–43(3):15–8.
21. Rodríguez-Caro de la Rosa, Mercedes; Sánchez Serrano, Silvia; Soriano Tarín G. Análisis de la situación en prevención de riesgos laborales de las estaciones de esquí españolas y estudio de la seguridad y salud de sus profesionales. Propuestas de mejoras. In: comunicación presentada en el VI Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales [Internet]. 2008. [consultado 2019 Abr 15]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2008/analisis-situacion-en-prevencion-riesgos-laborales-estaciones-esqui>.
22. Allende M. 33 trabajadores de Sierra Nevada han muerto en 10 años por infarto o ictus. *Ideal.es, Granada.* 2009 Ene 18;
23. EFE. Un estudio hecho en Sierra Nevada indica que trabajar a más de 2.600 metros reduce el riesgo de hipertensión. *Agencia EFE* [Internet]. 2015 Feb 20; [consultado 2019 Mar 1]. Disponible en: <https://www.ideal.es/sierranevada/201502/20/estudio-hecho-sierra-nevada-20150220190557.html>
24. EFE. CCOO rechaza informe sobre mal de altura, al que atribuye una muerte al año. *La Vanguardia Andalucía* [Internet]. 2015 Feb 21; [consultado 2019 Mar 1]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/local/sevilla/20150221/54427487504/ccoo-rechaza-informe-sobre-mal-de-altura-al-que-atribuye-una-muerte-al-ano.html>

25. Peralta González MA, Zanguña Fonseca LF, Cruz Rubio SG. Niveles de eritropoyetina y reticulocitos en residentes de bajas alturas migrantes a medianas altura. *Rev la Univ Ind Santander Salud*. 2018;49(4):535–9.
26. Götschke J, Mertsch P, Kneidinger N, Kauffmann-Guerrero D, Behr J, Huber RM, et al. Daily Chronic Intermittent Hypobaric Hypoxia Does Not Induce Chronic Increase in Pulmonary Arterial Pressure Assessed by Echocardiography. *Can Respir J [Internet]*. 2018;2018:1–8. [consultado 2019 Mar 24]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/crj/2018/9649716/>
27. Pedreros L A, Calderón J R, Moraga C F. Estado nutricional, composición corporal e indicadores antropométricos de trabajadores mineros expuestos a hipoxia hipobárica crónica e intermitente a una altitud moderada (0-2500 msnm). *Rev Chil Nutr [Internet]*. 2018 Sep;45(3):199–204. [consultado 2019 Mar 23]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400199&lng=en&nrm=iso&tlng=en
28. Farias JG, Jimenez D, Osorio J, Zepeda AB, Figueroa CA, Pulgar VM. Acclimatization to chronic intermittent hypoxia in mine workers: a challenge to mountain medicine in Chile. *Biol Res [Internet]*. 2013;46(1):59–67. [consultado 2019 Mar 21]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602013000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=en
29. Brito J, Siques P, López R, Romero R, León-Velarde F, Flores K, et al. Long-Term Intermittent Work at High Altitude: Right Heart Functional and Morphological Status and Associated Cardiometabolic Factors. *Front Physiol [Internet]*. 2018 Mar 22;9. [consultado 2018 Dic 21]. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00248/full>
30. Brito Richards J. Hipoxia Hipobárica Intermitente Crónica en Gran Altura: Construcción de la Historia de una Nueva Situación Epidemiológica y Biológica. Universidad Autónoma de Madrid; 2007.
31. Moraga FA, López I, Morales A, Soza D, Noack J. The Effect of Oxygen Enrichment on Cardiorespiratory and Neuropsychological Responses in Workers With Chronic Intermittent Exposure to High Altitude (ALMA, 5,050 m). *Front Physiol [Internet]*. 2018 Mar 23;9. [consultado 2019 Ene 20]. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00187/full>
32. ALMA consortium. ALMA, a natural laboratory for high-altitude medicine. *Announcements [Internet]*. 2014 [consultado 2018 Dic 30]; Disponible en: <https://www.almaobservatory.org/en/announcement/alma-a-natural-laboratory-for-high-altitude-medicine/>
33. Fernandez P. Determinación del tamaño muestral. *Cad Aten Primaria [Internet]*. 1996;3(138):14. [consultado 2019 May 5]. Disponible en: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>

34. University of Washington S of PH. Rapid Assessment of Physical Activity (RAPA) [Internet]. [consultado 2019 May 7]. Disponible en:
<https://depts.washington.edu/hprc/resources/products-tools/rapa/>
35. Global Tobacco Surveillance System. Preguntas sobre el tabaco destinadas a encuestas: Serie de preguntas básicas de la Encuesta Mundial sobre Tabaquismo en Adultos (GATS) [Internet]. Atlanta: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América; 2011. [consultado 2019 May 10]. Disponible en:
<http://www.who.int/tobacco/publications/surveillance/gatstlas/en/>
36. Uscamayta Quispe Nano F. Eritrocitosis de altura patológico. *Scientifica (Cairo)*. 2007;5(5):50.
37. Gonzales, Gustavo F., Tapia V. Hemoglobina, hematocrito and adaptation to the and hemoglobina, hematocrito y adaptación a la altura: su relación con los cambios hormonales y el periodo de residencia multigeneracional. 2007;15(1):80–93. [consultado 2019 May 12]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91015110>
38. MedlinePlus. Conteo de glóbulos rojos [Internet]. [consultado 2019 Ene 10]. Disponible en:
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003644.htm>
39. MedlinePlus. Hemoglobina [Internet]. [consultado 2019 Ene 10]. Disponible en:
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003645.htm>
40. MedlinePlus. Hematocrito: MedlinePlus enciclopedia médica [Internet]. [consultado 2019 Ene 10]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003646.htm>
41. Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Bärtsch P, Luks AM, MacInnis MJ, et al. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol* [Internet]. 2018 Mar;19(1):4–6. [consultado 2019 Mar 30]. Disponible en:
<http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ham.2017.0164>
42. Carod-Artal FJ, Ezpeleta Echávarri D, Guerrero Peral AL. Propiedades métricas de la versión española del Cuestionario de Mal de Altura del Lago Louise. *Neurología*. 2011;26(6):337–42.
43. Garofoli A, Montoya P, Elias C, Benzo R. Exercise and the detection of severe acute mountain sickness | Ejercicio y la detección del mal agudo de montaña grave. *Medicina (B Aires)* [Internet]. 2010;70(1):3–7. [consultado 2019 Feb 13]. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3402082/pdf/nihms375761.pdf>
44. Tirado K, Villena M. Determinación De Distancia Recorrida Y Variación De Parámetros Respiratorios Y Cardiovasculares, Antes Y Después De La Prueba De Caminata De 6 Minutos, En Nativos Y Residentes Permanentes De Altura Clínicamente Sanos. *Rev Médica La Paz* [Internet]. 2014;20(1):5–11. [consultado 2019 Abr 20]. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582014000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
45. Gochicoa-Rangel L, Mora-Romero U, Guerrero-Zúñiga S, Silva-Cerón M, Cid-Juárez S, Velázquez-uncal M, et al. Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. 2015;74(2):127–36.

46. Barón Ó, Díaz G. Caminata de seis minutos: propuesta de estandarización del protocolo y aplicación práctica para la evaluación de la hipertensión pulmonar con especial referencia a la de los niños. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2014;23(1):59–67. [consultado 2019 Abr 20]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rccar.2015.05.011>
47. Gibbons W, Fruchter N, Sloan S, Levy R. Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil*. 2001;21(2):87–93.
48. Mangado NG, Jesús M, Nieto R. Prueba de la marcha de los 6 minutos. 2016;9(1):15–22. [consultado 2019 Abr 20]. Disponible en: <http://www.neumologiaysalud.es/descargas/R9/Vol9-n1.pdf#page=15>
49. Calderón R, Quiroz A, Rosales E, Rey de Castro J. Calidad de sueño en pobladores de una comunidad andina a 3200 msnm en Perú. *Rev Medica Hered*. 2016;21(2):65–9.
50. Ellis BW, Johns MW, Lancaster R, Raptopoulos P, Angelopoulos N, Priest RG. The St. Mary's Hospital sleep questionnaire: A study of reliability. *Sleep*. 1981;4(1):93–7.
51. Lomelí, Pérez-Olmos, Talero-Gutiérrez, Moreno G-R. Escalas y cuestionarios para evaluar el sueño: una revisión. *Actas Esp Psiquiatr*. 2008;36(1):50–9.
52. ACHS. Prevenir la hipobaría intermitente crónica (HIC) [Internet]. Asociación Chilena de Seguridad; 2012. [consultado 2018 Dic 22]. Disponible en: [https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/12-Hipobaría/4-Herramientas/Ficha técnica Hipobaría.pdf](https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/12-Hipobaría/4-Herramientas/Ficha_técnica_Hipobaría.pdf)

**ANEXO 1.
VARIABLES GENERALES Y HEMATOLÓGICAS**

Código: _____ (sólo evaluador) Fecha: _____ (dd-mm-yyyy)

Edad: ____ años Sexo: _____ (H/M) Talla: _____ m Peso: _____ Kg

Tiempo trabajado en el ORM: _____ años

Tiempo de exposición a la altitud por turno: ____ horas

Ocupación: _____ (Técnico, ingeniero, astrónomo, administrativo)

Grupo: _____ (A,B,C)

Grupo A: estancias diarias en el ORM de una jornada laboral sin pernocta.

Grupo B: estancia larga en el ORM de varios días con pernocta.

Grupo C: estancia corta en el ORM incluyendo pernocta (1 ó 2 días).

¿Fuma usted tabaco diariamente?: _____ 1: Diariamente; 2: Algunos días; 3. No fuma; 4. No sabe

¿Ha fumado tabaco en el pasado?: _____ 1: Diariamente; 2: Algunos días; 3. No ha fumado; 4. No sabe

Actividad física: _____ Escala RAPA.

Patologías previas y actuales: _____

Fecha	Hematíes ($10^6/\mu\text{l}$)	Hematocrito (%)	Hemoglobina (g/dl)

Comentarios: _____

ANEXO 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Consentimiento Informado para participantes de investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por Ana Isabel Baqueiro Guimerans, estudiante de Enfermería de la Universidad de La Laguna. La meta de este trabajo es la realización de un estudio de cómo la exposición a la altitud en el Observatorio del Roque de Los Muchachos puede afectar a la calidad de la salud de sus trabajadores.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá completar una serie de encuestas. Esto tomará aproximadamente unos 5 minutos por cuestionario. La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas a los cuestionarios serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas. Una vez transcritas, los originales se destruirán.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por _____.

He sido informado/a de que la meta de este estudio es _____

_____. Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente _____ minutos.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a _____ al teléfono _____.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a la persona anteriormente mencionada.

Nombre del Participante
(en letras de imprenta)

Firma del Participante

Fecha

**ANEXO 3.
VARIABLES CARDIOVASCULARES**

Código: _____

Evalrador: _____

Material utilizado:

Fecha dd-mm-yyyy	Hora hh:mm	Altitud (m)	Pulso (lpm)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	SpO₂ (%)

ANEXO 4. CUESTIONARIO LAKE LOUISE

1. Identidad.
2. Síntomas e intensidades.

Código: _____ (sólo evaluador).

C1. Cefalea:

- Ausente = 0
- Leve = 1
- Moderada = 2
- Severa = 3

C2. Síntomas gastrointestinales:

- Buen apetito = 0
- Poco apetito o náuseas = 1
- Náuseas moderadas o vómitos = 2
- Náuseas o vómitos severos o incapacitantes = 3

C3. Fatiga o debilidad:

- Ausencia de cansancio = 0
- Fatiga o debilidad leve = 1
- Fatiga o debilidad moderada = 2
- Fatiga o debilidad severa o incapacitante = 3

C4. Vértigos o mareos:

- Ausentes = 0
- Vértigo leve = 1
- Vértigo moderado = 2
- Vértigo severo incapacitante = 3

C5. Alteraciones del sueño:

- Duerme como habitualmente = 0
- No duerme como habitualmente = 1
- Se despierta muchas veces, sueño nocturno escaso = 2
- No puede dormir = 3

3. Registro de síntomas e intensidades.

Fecha dd-mm-yyyy	Hora hh:mm	Lugar (ORM/NM)	C1	C2	C3	C4	C5	Suma total

4. Otros síntomas.

Indique cualquier otro síntoma habitual y su intensidad mientras se encuentra en el ORM:

ANEXO 5.
PRUEBA DE LA CAMINATA DE 6 MINUTOS

Código: _____ FC máx: _____ 220-edad Humedad: _____% Temperatura: _____°C

Fecha: _____ dd-mm-año Lugar: _____ Evaluador: _____

Material utilizado: _____

	FC (lpm)	SpO₂ (%)	BORG Disnea	BORG Fatiga	TA (mmHg)
Reposo					
Vuelta 1					
Vuelta 2					
Vuelta 3					
Vuelta 4					
Vuelta 5					
Vuelta 6					
Vuelta 7					
Vuelta 8					
Vuelta 9					
Vuelta 10					
Vuelta 11					
Vuelta 12					
Tras la prueba	FC (lpm)	SpO₂ (%)	BORG Disnea	BORG Fatiga	TA (mmHg)
Minuto 0					
Minuto 1					
Minuto 3					
Minuto 5					

Distancia:		metros
Se detuvo?		Sí/No
Motivo:	Mareo, disnea, dolor, otros.	

Comentarios: _____

Escala de Borg									
Intensidad	Nada	Muy Ligero	Ligero	Moderado	Algo intensa	Intensa	Muy intensa	Muy, muy intensa	Máxima
Puntos	0	1	2	3	4	5	6-7	8-9	10

Instrucciones para la Caminata de 6 Minutos

Preparación del sujeto: vestimenta y calzado cómodos, que permitan la realización de la actividad física; comida ligera, no es recomendable el ayuno antes de la prueba; no haber realizado ejercicio intenso en las 2 horas previas a la prueba de la marcha.

Registre en el documento los medicamentos (en caso de que haya ingerido alguno) utilizados el día de la prueba, la Frecuencia Cardíaca (FC), la Saturación de Oxígeno (SpO₂), la Presión Arterial (PA), y la Disnea y Fatiga por la escala de Borg.

Lea textualmente al paciente:

“El objetivo de esta prueba es caminar tanto como sea posible durante 6 minutos. Usted va a caminar de ida y de regreso en este pasillo tantas veces como le sea posible en 6 minutos. Yo le avisaré en el minuto en el que se encuentra, y después al minuto 6 le pediré que se detenga donde se encuentre. 6 minutos es un tiempo largo para caminar, así que usted estará esforzándose. Le está permitido caminar más lento, detenerse y descansar si es necesario, pero por favor, vuelva a caminar tan pronto como le sea posible. Usted va a caminar de un cono al otro sin detenerse, debe dar la vuelta rápidamente para continuar con su caminata. Yo le voy a mostrar como lo debe hacer, por favor, observe cómo doy la vuelta sin detenerme y sin dudar”.

Haga una demostración dando la vuelta usted mismo empezando en la línea de inicio.

Continúe leyendo:

“Recuerde que el objetivo es caminar TANTO COMO LE SEA POSIBLE durante 6 minutos, pero no corra o trote. Cuando el tiempo haya transcurrido, le pediré que se detenga. Quiero que se detenga justo donde se encuentre y yo iré por usted. ¿Tiene alguna duda?”.

Coloque al sujeto en la línea de inicio e indique “comience”.

Tan pronto como el sujeto comience a caminar inicie el cronómetro.

Observe al sujeto y no se distraiga.

No camine con el sujeto.

Registre en la hoja de recogida de datos SpO₂ y FC.

Use un tono de voz uniforme cuando utilice las siguientes frases de estimulación:

1 minuto “va muy bien, le quedan 5 minutos”.

2 minuto “va muy bien, le quedan 4 minutos”.

3 minuto “va muy bien, le quedan 3 minutos”.

4 minuto “va muy bien, le quedan 2 minutos”.

5 minuto “va muy bien, le queda 1 minutos”.

6 minuto “Deténgase”.

Si el sujeto se detiene durante la prueba, estimular cada 30 segundos “por favor inicie su caminata en cuanto le sea posible”. Registre el tiempo en el que se detiene y en el que reinicia su caminata.

Registre la SpO₂, FC, Presión Arterial, Disnea y Fatiga al momento de detenerse y al minuto 1, 3 y 5 de la recuperación, así como la distancia total recorrida.

ANEXO 6.
CUESTIONARIO DEL SUEÑO DE ST. MARY'S HOSPITAL

Código: _____ (evaluador sólo). Fecha: _____ (dd-mm-yyy) Lugar: _____ (ORM/NM)

La noche pasada, ¿a qué hora

1. se fue a dormir? ____ : ____

2. cayó dormido? ____ : ____

3. se despertó? ____ : ____

4. se levantó? ____ : ____

5. Su sueño fue: _____

1. Muy ligero

2. Ligero

3. Bastante ligero

4. Medianamente ligero

5. Medianamente profundo

6. Bastante profundo

7. Profundo

8. Muy profundo

6. ¿Cuántas veces se despertó? _____

1. Ninguna

2. Una vez

3. Dos veces

4. Tres veces

5. Cuatro veces

6. Cinco veces

7. Seis veces

8. Más de seis veces

7. ¿Cuánto durmió la noche pasada? ____ : ____

8. ¿Cuánto durmió la noche previa? ____ : ____

9. ¿Cómo durmió la noche pasada? _____

1. Muy mal

2. Mal

3. Bastante mal

4. Bastante bien

5. Bien

6. Muy bien

Si durmió mal, ¿cuál fue la causa? (por ejemplo, no haber descansado)

10. ¿Cómo se levantó? _____

1. Muy soñoliento

2. Moderadamente soñoliento

3. Ligeramente soñoliento

4. Bastante despejado

5. Despejado

6. Muy despejado

11. ¿Su sueño fue satisfactorio la noche pasada? _____

1. Muy insatisfecho

2. Moderadamente insatisfecho

3. Ligeramente insatisfecho

4. Bastante insatisfecho

5. Completamente insatisfecho

12. ¿Se despertó temprano y no puedo volver a dormir? _____

1. No 2. Sí

13. ¿Cuánta dificultad tuvo en irse a dormir la noche pasada? _____

1. Ninguna o muy poca 3. Mucha

2. Alguna 4. Muchísima

14. ¿Cuánto le llevó dormirse la noche pasada? ____ : ____