



ARTÍCULO ESPECIAL

Definiciones y recomendaciones de consenso sobre la medicina crítica en la altitud del Comité de Expertos de Medicina Crítica en la altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva



Amilcar Tinoco-Solórzano^a, Adrian Avila-Hilari^b,
Manuel Luis Avellanas-Chavala^{c,*}, Felipe de Jesús Montelongo^d,
Jorge Vélez-Páez^e, Víctor Nieto Estrada^f, Antonio Viruez Soto^g,
Daniel Molano Franco^h, Eduardo Castelo Tamayoⁱ, Ignacio Granda Luna^j,
Alfonso Salazar Mendoza^k, Luis Mamani Cruz^l, Jonathan Galindo Ayala^m,
Pablo Vásquez-Hoyosⁿ, Fausto Maldonado Coronel^o, Roger Huanca Payehuanca^p
y Jorge Rosendo Sánchez Medina^q

^a Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana, Centro de Investigación de Medicina de Altitud, Huancayo, Perú

^b Ministerio de Salud, Servicio Departamental de Salud de La Paz, Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Municipal Boliviano Holandés, El Alto, Bolivia

^c Medicina Intensiva, Huesca, España

^d Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina, Residencias de Medicina Crítica, Estado de México, México

^e Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas, Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Pablo Arturo Suárez, Quito, Ecuador

^f Fundación Centro de Tratamiento e Investigación sobre Cáncer Luis Carlos Sarmiento Angulo, Unidad de Cuidados Intensivos, Bogotá, Colombia

^g Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Medicina, Posgrado de Residencia Médica, La Paz, Bolivia

^h Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Unidad de Cuidado Intensivo, Bogotá, Colombia

ⁱ Universidad de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Medicina Humana, Cusco, Perú

^j Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Hospital General San Francisco, Unidad de Cuidados Intensivos, Quito, Ecuador

^k Instituto de Salud del Estado de México, Hospital General Ecatepec Las Américas, Unidad de Cuidados Intensivos, Ciudad de México, México

^l Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Arco Iris, La Paz, Bolivia

^m Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Cátedra de Medicina de Urgencias, Ciudad de México, México

ⁿ Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, Departamento de Pediatría, Bogotá, Colombia

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mlavellanas@gmail.com (M.L. Avellanas-Chavala).

^o Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Facultad de Medicina, Cátedra de Medicina Interna, Riobamba, Ecuador

^p Seguro Social de Salud del Perú, Hospital III Puno, Servicio de Cuidados Intensivos e Intermedios, Puno, Perú

^q Servicio de Terapia Intensiva, Hospital Regional de Pemex; Presidente de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI), Ciudad Madero, México

Recibido el 17 de abril de 2025; aceptado el 29 de mayo de 2025

Disponible en Internet el 28 de junio de 2025

PALABRAS CLAVE

Altitud;
Hipoxia hipobárica;
Enfermo crítico;
Cuidados críticos;
Cuidados intensivos;
Insuficiencia
respiratoria aguda;
Oxigenación

KEYWORDS

Altitude;
Hypobaric hypoxia;
Critically ill patient;
Critical care;
Intensive care;
Acute respiratory
failure;
Oxygen

Resumen El Comité de Expertos en Medicina Crítica en la altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva, detectó una falta de términos que definieran esta medicina crítica, así como una falta de estandarización en el abordaje de estos pacientes. Estas carencias pueden llevar a errores en su manejo como, por ejemplo, en los pacientes críticos en riesgo de muerte que requieren terapia con oxígeno ya sea invasivo como no invasivo.

El objetivo del comité de expertos ha sido desarrollar un consenso internacional que uniformara la terminología, y estableciera las definiciones y recomendaciones claves para la atención del paciente crítico en la altitud. Este documento, recoge 5 definiciones importantes, 4 recomendaciones relacionadas con el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda en la altitud, y una serie de consideraciones sobre futuras investigaciones; y establece unos criterios específicos que lo diferencian del enfoque tradicional utilizado a nivel del mar.

© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

Definitions and consensus recommendations on critical care medicine at altitude from the Expert Committee on Critical Care Medicine at altitude of the Pan-American and Iberian Federation of Critical Care Medicine and Intensive Care

Abstract The Expert Committee on Critical Care Medicine at altitude of the Pan American and Iberian Federation of Critical Care Medicine and Intensive Care detected a lack of terms defining this critical care medicine, as well as a lack of standardization in the approach to these patients. These shortcomings can lead to errors in management, for example, in critically ill patients at risk of death who require oxygen therapy, whether invasive or non-invasively.

The objective of the expert committee was to develop an international consensus that would standardize terminology and establish key definitions and recommendations for the care of critically ill patients at altitude. This document includes five important definitions, four recommendations related to the management of acute respiratory failure at altitude, and a series of considerations for future research. It also establishes specific criteria that differentiate it from the traditional approach used at sea level.

© 2025 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introducción

La altitud debe ser expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). Vivir en la altitud representa un gran reto para sus pobladores y para todas aquellas personas que ascienden a altitudes superiores a los 2.500 msnm. El factor inducible por hipoxia 1 (HIF-1) es un factor de transcripción que regula la respuesta celular a la hipoxia y, en situaciones hipóxicas, juega un papel fundamental en la homeostasis del oxígeno, facilitando que llegue a todos los tejidos del organismo¹. La

activación genética que desencadena, ha facilitado la adaptación a la altitud de todos aquellos pobladores que habitan en ella, facilita la aclimatación en permanencias limitadas, y garantiza la normalidad del funcionamiento metabólico^{2,3} en unas condiciones ambientales responsables de la disminución de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) y de la saturación de oxígeno (SaO₂)⁴.

Los mecanismos de aclimatación y adaptación pueden modificar de manera significativa la fisiología respiratoria, cardiovascular, hematológica y metabólica⁵, afectando

directamente el diagnóstico y manejo de las enfermedades críticas. En este contexto, surge la necesidad de establecer criterios específicos para el abordaje del paciente crítico en la altitud, diferenciándolo del enfoque tradicional utilizado a nivel del mar. Sin embargo, la literatura médica disponible sobre medicina crítica en la altitud es limitada y, en muchos casos, heterogénea en cuanto al uso de términos, criterios diagnósticos y parámetros fisiológicos de referencia. Esta falta de estandarización puede llevar a errores en la evaluación y en el tratamiento como, por ejemplo, en los pacientes críticos en riesgo de muerte que requieren terapia con oxígeno ya sea invasivo como no invasivo⁶.

La «Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI)», consciente de esta problemática, constituyó el Comité de Expertos en Medicina Crítica en la altitud con el objetivo de desarrollar un consenso que estableciera una serie de definiciones y recomendaciones claves para la atención del paciente crítico en la altitud. Este documento, resultado del primer Consenso Internacional sobre Medicina Crítica en la altitud pretende, mediante una serie de definiciones y recomendaciones, uniformar la terminología y sentar las principales bases para el manejo del enfermo crítico en la altitud. Como muchas de las unidades de cuidados intensivos (UCI) de América Latina tienen unos recursos limitados^{7,8}, las recomendaciones pueden adaptarse a los recursos existentes en cada momento.

Materiales y métodos

El presente consenso fue convocado, una vez constituido, por el Comité de Medicina de altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI), con el objetivo de establecer definiciones, criterios clínicos y recomendaciones específicas para el manejo del paciente crítico en entornos de altitud. Previo al inicio del proceso, se solicitó y obtuvo el aval formal de la Junta Directiva de la FEPIMCTI, con el fin de garantizar el respaldo institucional y académico del desarrollo del consenso.

El desarrollo del consenso se realizó mediante la herramienta Delphi ACCORD, variante de la técnica Delphi enfocada en obtener un consenso, sobre un tema específico, entre expertos a través de múltiples rondas de cuestionarios y retroalimentación. Este proceso iterativo permite la convergencia de diferentes perspectivas

Equipo de trabajo inicial

Se creó un grupo de coordinación formado por 3 médicos intensivistas de la FEPIMCTI con amplia experiencia en medicina crítica en la altitud, quienes lideraron todas las fases metodológicas del proyecto.

Revisión bibliográfica

Previo al consenso, un grupo de médicos intensivistas de medicina crítica de la altitud, buscó información disponible en distintos dominios sobre la medicina intensiva en la altitud y no se planteó una pregunta específica, sino que se exploraron las definiciones y variables utilizadas en las distintas publicaciones de medicina intensiva

en la altitud. Se realizó la búsqueda de información en las bases de datos Pubmed®, Embase®, Scielo®, Bireme®, Latindex® y Google Scholar® y para literatura gris se exploró medrxiv. Las palabras que se utilizaron para construir la estrategia de búsqueda fueron «medicina Intensiva», «altitud», «hipoxia hipobarica», «gasometría arterial» e «insuficiencia respiratoria aguda». La búsqueda en las bases de datos bibliográficas identificó 218 artículos relacionados, en español o inglés, con los términos de interés. Después de un análisis crítico de los 218 artículos identificados, finalmente quedaron 68 artículos que fueron la base para la identificación del problema y construcción del consenso⁶.

Identificación del problema

Se identificó que, en relación al problema planteado, se usaban diferentes términos y estos llevaban a resultados muy variados. Ante ello, se decidió orientar este primer consenso en uniformizar los términos a usar en las publicaciones de la medicina crítica en la altitud y los conceptos de insuficiencia respiratoria aguda (IRA) en la altitud.

Desarrollo del consenso

Una vez identificado el problema, se redactó un cuestionario donde se planteaban 9 preguntas (tabla 1). Posteriormente, se amplió el equipo investigador y quedó formado por 17 expertos de 6 países diferentes, fundamentalmente latinoamericanos. Se consideró experto a todas aquellas personas que tenían conocimiento y experiencia sobre el tema a estudiar. Una vez formado el equipo investigador, el grupo coordinador envió a cada experto, por correo electrónico, el enlace a un formulario con preguntas del consenso que garantizaba el anonimato de las respuestas. Posteriormente, se continuó con las siguientes fases de la herramienta Delphi ACCORD (tabla 2). Se consideró criterio de acuerdo sobre cada una de las preguntas cuando el porcentaje era del 75% o superior.

Las preguntas se dividieron en 4 secciones. La primera sección inicialmente lo formaban las 3 primeras preguntas, pero antes del envío a los expertos, se añadieron 2 más y quedó formada por las 5 primeras preguntas. La tabla 1 muestra las preguntas que han formado cada sección y las rondas de aprobación. La participación en las rondas fue siempre superior al 80%.

Finalizado el trabajo, el grupo coordinador redactó un borrador del texto y fue enviado a cada experto para que pudieran realizar aportaciones o sugerencias durante 20 días. Pasado ese tiempo se llevó a cabo la redacción final para su publicación.

Resultados

El grupo coordinador comenzó su trabajo en septiembre de 2023. En el mes de diciembre quedó constituido todo el grupo de expertos. En el mes de enero de 2024 se envió la primera sección del cuestionario a cada uno de los expertos y tenían 20 días para contestar. Esta forma de trabajo se utilizó para las 3 secciones restantes. Cuando hubo discrepancias, se elaboró un informe resumido con las posibles

Tabla 1 Preguntas formuladas para el consenso del Comité de Medicina de Altitud de la FEPIMCTI, distribución por secciones y número de rondas de aprobación por cada pregunta

Pregunta	Sección	Número de rondas
<i>Sección 1</i>		
1	¿Cuál es el término correcto altura o altitud?	1
2	¿Desde qué nivel se debe considerar que una población se encuentra en la altitud?	2
3	En relación con el paciente crítico, ¿cómo deben clasificarse los niveles de altitud?	2
4	¿Qué es la medicina crítica en la altitud?	
5	¿Cuáles son los tipos de pobladores que habitan en la altitud?	2
<i>Sección 2</i>		
6	¿Los valores normales del análisis de gases arteriales en la altitud son similares a los del nivel del mar?	1
7	¿Qué valores gasométricos se deben usar en la altitud para diagnosticar insuficiencia respiratoria aguda?	1
<i>Sección 3</i>		
8	¿Cómo se debe clasificar la insuficiencia respiratoria aguda en la altitud?	1
<i>Sección 4</i>		
9	¿La oxigenoterapia en la altitud debe manejarse igual que a nivel del mar?	2

FEPIMCTI: Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva.

Tabla 2 Elementos esenciales de la metodología Delphi ACCORD

- Equipo de trabajo inicial
- Identificación del problema
- Elaboración del cuestionario
- Ampliación del equipo investigador
- Administración del cuestionario mediante
- Análisis de las respuestas mediante correo electrónico
- Retroalimentación en base al resumen de las respuestas recibidas
- Ronda adicional
- Análisis final buscando el consenso y consideración de la opinión generalizada.
- Informe de los resultados
- Publicación del informe final

respuestas y se dio 15 días para contestar. A finales del mes de junio se terminaron todas las rondas. En septiembre recibieron el borrador del texto y en octubre de 2024 quedó aprobada la redacción final y, antes de su envío para la publicación, todos los autores aceptaron la autoría y firmaron el documento relacionado con el conflicto de intereses. No fue necesaria ninguna desviación del protocolo de estudio.

Medicina crítica en la altitud: definiciones

Justificación: Existen numerosas publicaciones relacionadas con la medicina de la alta altitud, pero habitualmente están enfocadas a la fisiología y enfermedad de montaña relacionada con la aclimatación y con la adaptación. También existen numerosas publicaciones y revistas especializadas sobre la medicina crítica, pero publicaciones específicas sobre la medicina crítica en la altitud son prácticamente inexistentes. En la bibliografía, es común encontrar el uso indistinto de los términos altura y altitud.

En el mundo hay 385 millones de personas que habitan por encima de los 1.500 msnm, 140 millones por encima de 2.500 msnm. De estos, 80 millones están en Asia y 35 millones en los Andes^{6,9}. En América Latina hay 32 UCI entre los 2.500 y 4.380 msnm⁷. Es necesario definir varios conceptos relacionados con la medicina crítica en la altitud, para garantizar un estándar de atención uniforme¹⁰.

¿Cuál es el término correcto altura o altitud?

Resulta habitual confundir conceptualmente los términos «altura» y «altitud», error comúnmente desestimado, cuya rectificación es imperativa para garantizar la mayor comprensión y precisión posible en la comunicación científica. Altura y altitud son 2 conceptos muy diferentes. La altura es la distancia vertical de un cuerpo hasta la superficie terrestre o suelo (como la estatura de una persona o la altura de un edificio), que se mide en centímetros y/o metros, mientras que la altitud es la elevación vertical sobre el nivel del mar, que se mide en metros sobre el nivel del mar (msnm). Como vemos, son 2 cosas muy distintas.

El término correcto, según la Real Academia de la Lengua Española, es altitud^{6,11}.

¿Desde qué nivel se debe considerar que una población se encuentra en la altitud?

La altitud genera proceso de adaptaciones en los pobladores que residen en esta. Se han planteado muchos niveles de corte para considerar que poblaciones ya presentan estos procesos. Se plantea 2.100 msnm porque a este nivel la saturación de la oxihemoglobina comienza a disminuir en forma drástica¹². 2.500 msnm porque a este nivel aparecen los síntomas durante el ascenso¹³. Sin embargo se ha detectado que a partir de los 1.500 msnm se observan las primeras adaptaciones y efectos sobre el rendimiento físico derivadas del descenso progresivo de la presión barométrica (PB) consecutiva al ascenso a la altitud^{9,14}. Si bien no se evidencian síntomas ya se puede observar cambios en los análisis de gases arteriales^{15,16}, también un tamaño corporal más

pequeño, costillas agrandadas, mejor suministro de oxígeno en condiciones hipóxicas y ajustes en la utilización y el metabolismo del oxígeno. Tanto la hipoxia aguda como la crónica que prevalecen en dichas regiones pueden desencadenar diversas enfermedades al estimular factores inducibles por la hipoxia, aumentar las respuestas inflamatorias y alterar la función mitocondrial¹⁷.

Consideramos que una población es afectada por la altitud cuando esta es igual o superior a los 1.500 msnm. Por lo tanto, la medicina crítica en la altitud se encarga del manejo de los pacientes en estado crítico que residen a una altitud igual o mayor a 1.500 msnm, que a nivel mundial representa el 2% de la población.

En relación con el paciente crítico ¿Cómo se debe clasificar los niveles de altitud?

Existen múltiples formas de clasificar la altitud^{9,18,19}, varias fueron realizadas teniendo en cuenta el ascenso de pobladores no nativos con motivo de realizar actividades deportivas, trabajos intermitentes, etc. Una de ellas es la que clasifica a la altitud en: Baja altitud (< 1.500 msnm), Media altitud (1.500 y 2.500 msnm), Elevada altitud (2.500 a 3.500 msnm), Gran altitud (3.500 a 5.800 msnm), Extrema altitud (> 5.800 msnm) y Zona de muerte (> 8.000 msnm)¹⁸. Otras tienen el problema de su poca fragmentación con límites excesivamente anchos que no permiten evaluar adecuadamente las diferencias adaptativas según sus niveles de altitud¹⁴. Por ello, teniendo en cuenta que los procesos adaptativos se inician a partir de los 1.500 msnm y que las unidades de cuidados intensivos que se encuentran a mayor altitud en el mundo son las ubicadas en Cerro de Pasco-Perú a 4.380 msnm y El Alto-Bolivia a 4.150 msnm^{6,20}, era necesario establecer una escala útil y práctica que facilitara el manejo del paciente crítico en la altitud.

Desde un punto de vista práctico y adecuando la escala de Barry y Pollard¹⁹ clasificaremos a la altitud en:

- Media altitud: de 1.500 a 2.500 msnm.
- Elevada altitud: de 2.500 a 3.500 msnm.
- Gran altitud: de 3.500 a 5800 msnm.

¿Qué es la medicina crítica en la altitud?

En el apartado «¿Desde qué nivel se debe considerar que una población se encuentra en la altitud?» se ha considerado que la medicina crítica en la altitud se encarga del manejo de los pacientes en estado crítico que residen a una altitud igual o mayor a 1.500 msnm. En la altitud, la hipoxia hipobárica puede favorecer, por mediación del HIF-1, una correcta aclimatación, desencadenar mal agudo de montaña que en etapas avanzadas lleva a la aparición de edema cerebral de la altitud y/o edema pulmonar de la altitud e incluso muerte, favorecer una adaptación crónica a la altitud, mal de montaña subagudo (hipertensión pulmonar de la altitud) y mal crónico de montaña (enfermedad de Monge)^{21,22}.

La medicina crítica en la altitud, es una rama de la medicina intensiva que se encarga del manejo de los pacientes críticos, que se encuentran a partir de los 1.500 msnm y son afectadas por la hipoxia hipobárica de la altitud la cual puede desencadenar^{6,14,21,23}:

- Trastornos propios de la altitud debidos al ascenso como el mal de la altitud agudo grave asociado a edema pulmonar y edema cerebral de la altitud y/o exacerbar comorbilidades crónicas en individuos no aclimatados o insuficientemente aclimatados.
- Complicar trastornos críticos agudos en individuos que habitan en la altitud como la IRA, donde su diagnóstico y manejo es afectado por la adaptación crónica a la altitud.

¿Cuáles son los tipos de pobladores que habitan en la altitud?

En la altitud existe una gran diversidad de tipos de poblaciones las cuales se pueden clasificar en^{6,24-26}:

- Según su origen en:
 - Nativo: persona nacida y gestada en la altitud, que han desarrollado una aclimatación natural a las condiciones hipobáricas. Estos individuos suelen tener adaptaciones fisiológicas que les permiten vivir, reproducirse y funcionar eficientemente en entornos de altitud.
 - No nativo o inmigrante: persona no nacida en la altitud y que asciende.
- Según su tiempo de residencia:
 - Residente: persona que vive, a partir de los 1.500 msnm, un año como mínimo en la altitud. Estas personas pueden experimentar inicialmente algunos de los efectos derivados de la altitud, pero con el tiempo se van aclimatando.
 - Dentro de los residentes tenemos:
 - Residentes permanentes: que viven en la altitud como mínimo un año en forma constante.
 - Residentes transitorios: que vive en la altitud por periodos variables e intermitente, mínimo 2 semanas en un mes durante un año continuo.
 - No residente o visitante:
 - Personas que no viven en la altitud y se desplazan a áreas de elevada altitud por periodos limitados o permanecen menos de un año en la altitud. Pueden entrañar un riesgo más alto de enfermedad de la altitud debido a la falta de aclimatación previa.

Insuficiencia respiratoria aguda en la altitud: recomendaciones

Justificación: En altitudes superiores a los 1.500 msnm, variables como la PB, la presión inspirada de oxígeno (PIO₂), la PaO₂ y consecuentemente la SaO₂ se encuentran disminuidas y, a mayor altitud, mayor será su disminución^{7,8}.

¿Los gases arteriales en la altitud muestran compromiso pulmonar?

En la altitud, en relación a los valores del análisis de gases arteriales en el nivel del mar existe:

- Descenso del PaO₂ el cual es inversamente proporcional al incremento de la altitud y directamente proporcional al descenso de la PB
- Descenso drástico desde los 1.500 msnm de la PaCO₂ a valores promedios de 30 mmHg.
- Descenso del bicarbonato (HCO₃) y de la SaO₂.

No existe ningún compromiso pulmonar porque:

- En relación al pH este se encuentra dentro de valores normales ya que el poblador de la altitud con los cambios anteriormente mencionados ha logrado restablecer un medio interno adecuado, para mantener un funcionamiento celular optimo.
- El lactato mantiene valores normales (<2 mmol/l). A pesar del descenso del PaO₂ se mantiene una perfusión tisular adecuada.
- El gradiente alvéolo arterial está por debajo de 20 mmHg, lo que indica alta eficiencia del intercambio gaseoso^{6,8,15,16,27-31}.

¿Qué valores gasométricos se deben usar en la altitud para realizar el diagnostico de insuficiencia respiratoria aguda?

La IRA es la incapacidad de un adecuado intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire ambiental y la sangre circulante, para cubrir necesidades metabólicas del organismo. Se puede desencadenar, en un pulmón previamente sano, en minutos, horas o días. Aunque precisar unos valores absolutos para diferentes situaciones clínicas no es posible, de manera convencional, respirando aire ambiente y en vigilia, una PaO₂ inferior a 60 mmHg o una SaO₂ inferior al 90% y/o una PaCO₂ superior a 45-50 mmHg, son los límites considerados para definir la IRA³². En la altitud, hacer el diagnóstico de IRA con los criterios del nivel del mar es incorrecto^{6-8,30,32}. Pese a ello, los reportes de valores gasométricos que deben ser considerados normales en esas altitudes son muy escasos y muestran, a partir de los 3.000 msnm, unas PaO₂ próximas o inferiores a 60 mmHg^{6,8,29,33}.

Los valores normales gasométricos en la altitud no son similares a los del nivel mar porque están condicionados por los cambios de la PB y su influencia en el descenso progresivo de la presión de oxígeno atmosférico, de la PIO₂, de la presión alveolar de oxígeno y de PaO₂ (tabla 3)^{15,16,28-30,34-37,39}. En la altitud el diagnóstico gasométrico va depender de los valores normales determinados por el nivel de altitud. Es necesario conocer los rangos de referencia gasométricos considerados normales en las diferentes altitudes.

¿En la altitud como deberíamos clasificar la insuficiencia respiratoria aguda?

A nivel del mar el valor normal de PaO₂ es de 80 a 97 mmHg. A nivel del mar la hipoxemia se determina con un PaO₂ < 80 mmHg, siendo clasificado como a) Leve: 71-80 mmHg, Moderado: 61-70 mmHg, Grave: 45-60 mmHg y Crítica: < 45 mmHg⁶. Según los valores del nivel del mar los pobladores de la media altitud tendrían hipoxemia leve, de la elevada altitud hipoxemia moderada y de la gran altitud hipoxemia grave (insuficiencia respiratoria), lo cual es incorrecto^{6,8,38}.

Se debería clasificar la IRA en relación a la asociación entre los valores de PaO₂ normales según la altitud, el cuadro clínico de insuficiencia respiratoria, los niveles de lactato y la funcionalidad cardio-respiratoria ya que muchos pacientes siguen siendo «funcionales con valores gasométricos más bajos en relación a los cortes recomendando».

¿La oxigenoterapia es igual en la altitud que a nivel del mar?

En la altitud, los criterios para iniciar la oxigenoterapia son diferentes. Las metas de oxigenación son diferentes. Los niveles de hipoxemia e hipocapnia dependen del nivel de altitud y los niveles de hiperoxia e hipercapnia dependen del nivel de altitud^{6-8,28,39-41}. La experiencia adquirida en la oxigenación y ventilación durante la pandemia por COVID-19 ha permitido elaborar una serie de sugerencias y metas de oxigenación que intentan suplir la falta de recomendaciones y evidencias^{7,40,41}.

Se sugiere iniciar oxigenoterapia en la altitud cuando:

- En la media altitud (1.500 a 2.500 msnm): Si SaO₂ < 90%.
- En la elevada altitud (2.500 a 3.500 msnm): Si SaO₂ < 88%.
- En la gran altitud (3.500 a 4.380 msnm): Si SaO₂ < 86%.

Tener como metas oxigenación en la altitud:

- En la media altitud (1.500 a 2.500 msnm): SaO₂ del 92% y PaO₂ 75 mmHg.
- En la elevada altitud (2.500 a 3.500 msnm): SaO₂ del 90% y PaO₂ 70 mmHg.
- En la gran altitud (3.500 a 4.380 msnm): SaO₂ del 88% y PaO₂ 60 mmHg.

Se debe evitar la hiperoxia. Se sugiere evitar los siguientes niveles de SaO₂:

- Media altitud: SaO₂ > 96%.
- Elevada altitud: SaO₂ > 94%.
- Gran altitud: SaO₂ > 92%.

Se debe evitar la hipercapnia:

- Manteniendo un PaCO₂ de acuerdo con su valor gasométrico normal en relación al nivel de altitud. En la altitud el valor del PaCO₂ está en promedio de: 30 mmHg.

Discusión

La medicina crítica en la altitud, se define como la una rama de la medicina intensiva que se encarga del manejo de los pacientes críticos que residen a partir de los 1.500 msnm. Todos ellos están afectados por la hipoxia hipobárica consecutiva a la altitud, sean nativos o residentes no nativos y representa uno de los mayores retos dentro de la medicina intensiva, afectando aproximadamente a un 2% de la población mundial⁹. Enfrentarse a la hipoxia profunda, los cambios fisiológicos y las enfermedades derivadas de las grandes altitudes, requiere un conocimiento exhaustivo de los mecanismos biológicos y las respuestas adaptativas del cuerpo humano, además de una gran experiencia clínica y un trabajo en equipo, en unas condiciones donde la muchas veces los recursos son limitados^{7,8}.

Este consenso ha establecido una serie de sugerencias que deberán ser validadas mediante nuevos estudios analíticos y experimentales, pero también ha abierto caminos hacia futuras investigaciones.

Publicaciones recientes han encontrado diferencias en la PaO₂ y en el hematocrito cuando se comparan estos valo-

Tabla 3 Valores gasométricos de residentes sanos reportados en ciudades sudamericanas de la altitud

msnm		msnm	pH	PaO ₂	PaCO ₂	HCO ₃	SaO ₂	Lactato	P(A-a) O ₂	PaO ₂ /FiO ₂
Media altitud 1.500 a 2.500	Ortega H et al. ³⁴	Medellin-Colombia 1.538	7,42	80,82	31,68	20,37	94,8		6,45	
	Cárdenas et al. ¹⁶	Armenia-Colombia 1.605	7,44	87,53	33,26	23,54	97,25			416,81
	Tinoco et al. ¹⁵	Huánuco-Perú 1.818	7,42	78,19	34,63	22,56	96,24	1,14		372,32
	Cid-Juarez et al. ²⁸	Ciudad de México 2.240	7,43	71	30,2	20	94	1,2	7,5	
Elevada altitud 2.500 a 3.500	Restrepo et al. ³⁵	Bogotá-Colombia 2.640	7,44	68,60	31,27	21,50	93,65		3,14	326,67
	Villacorta et al. ³⁰	Quito-Ecuador 2.850	7,42	78,96	31,65	20,29	95,28			376
	Vélez Páez et al. ³³	Quito-Ecuador 2.850	7,43	75	30,6	20,2	95	1	—	357
	Calderón et al. ³⁶	Huancayo-Perú 3.250	7,45	66,22	29,16	20,53	93,90		3,89	315,33
	Pereira et al. ³⁹	Cusco Perú 3.350	7,40	61,10	30,60	19,70	91,10		2,80	290,8
	Vera et al. ³⁷	La Paz-Bolivia 3.600	7,36	55,90	28,40	16,30	86,00		8,20	266,19
Gran altitud 3.500 a 5.800	Viruez et al. ²⁹	El Alto-Bolivia 4.150	7,43	58,69	26,14	20,14	91,70		1,82	179,48
	Tinoco et al. ¹⁵	Cerro de Pasco Perú 4.380	7,43	54,18	27,69	18,37	87,04		1,47	258,13

FiO₂: fracción inspirada de oxígeno; HCO₃: bicarbonato; msnm: metros sobre el nivel del mar; P(A-a) O₂: gradiente alvéolo-arterial de oxígeno; PaCO₂: presión arterial de dióxido de carbono; PaO₂: presión arterial de oxígeno; pH: potencial hidrógeno; SaO₂: saturación arterial de oxígeno.

res en las gasometrías arteriales estudiadas entre mujeres premenopáusicas y menopáusicas. En el primer grupo la PaO₂ está más alta con respecto al segundo y la hemoglobina más baja. Con la menopausia estos valores se igualan entre los 2 grupos y son similares al de los varones. Estos cambios que están reflejados en muy pocas publicaciones, parecen estar relacionados con la testosterona y las hormonas ováricas^{31,33,38} y, aunque deben tomarse con precaución, abren una nueva vía de investigación.

El síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) es uno de los grandes desafíos que la mayoría de los intensivistas deben afrontar prácticamente todos los días. Su definición clínica ha ido evolucionando a lo largo del tiempo hasta llegar a la reciente «definición global del SDRA»⁴². Esta nueva definición continúa incluyendo la fórmula correctora para la altitud del Consenso de Berlín⁴³ y, aunque en la nueva definición puede utilizar para su cálculo tanto la SpO₂ como la FiO₂, en estos entornos esta ecuación continúa siendo inexacta, especialmente en la estratificación de la gravedad^{6,8}. Recientemente se ha publicado una investigación multicéntrica realizada en América Latina donde han encontrado que la gravedad de la inflamación, más que la insuficiencia respiratoria, está fuertemente asociada con la mortalidad de los pacientes con SDRA en las UCI de gran altitud⁴⁴. Estos hallazgos resaltan la importancia de centrarse en los parámetros inflamatorios al evaluar el pronóstico en el SDRA, en particular en entornos de gran altitud. Este estudio es significativo ya que representa una iniciativa pionera entre los médicos de gran altitud para identificar parámetros clínicos

críticos que predicen la mortalidad o la supervivencia en los pacientes con SDRA en entornos de la UCI de gran altitud. Investigaciones como esta, que ha abierto una nueva vía de conocimiento, pueden ser útiles para la próxima actualización de los criterios diagnósticos y tratamiento del SDRA.

Recientemente también se está publicando artículos e investigaciones sobre la potencia estática elástica y su correlación con la gravedad del SDRA en los pacientes con ventilación mecánica invasiva. Pero, aunque la potencia elástica estática emerge como un posible marcador relacionado con la gravedad del SDRA, se necesitan estudios prospectivos que validen estos hallazgos^{45,46}.

La mayor limitación del consenso reside en las escasas y limitadas referencias disponibles en la literatura médica sobre medicina crítica en altitud que, además, son heterogéneas en cuanto al uso de términos y parámetros fisiológicos de referencia. Pero estas limitaciones, se convierten en fortalezas porque este consenso internacional, aunque fundamentalmente orientado a las poblaciones andinas, marca un paso fundamental en la estandarización del tratamiento del paciente crítico en un entorno tan especial como es la altitud y abre camino a nuevas y futuras investigaciones que enriquecerán la práctica asistencial en nuestras unidades.

Conclusiones

Este primer consenso del Comité de Medicina en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crí-

tica y Terapia Intensiva representa un avance fundamental en la estandarización de conceptos clave para el abordaje del paciente crítico en contextos de altitud, y busca ser un marco referencial para la práctica clínica, la docencia y la investigación en estos contextos. Tener claramente definidos los términos de la medicina crítica en la altitud permitirá unificar los parámetros a usar en las investigaciones y publicaciones futuras que estudien a los pacientes críticos que habitan por encima de los 1.500 msnm. Sugerir metas para el paciente crítico de la altitud que requiere terapia con oxígeno ya sea invasivo o no invasivo permitirá limitar la posibilidad de la hiperoxia y evitar las lesiones propias de la toxicidad por oxígeno. Hipócrates, haciendo referencia a la cicatrización, comentaba en el siglo V antes de Cristo que no hay que hacer mucho caso a las bonitas teorías sino a la experiencia combinada con la razón⁴⁷. Ante la ausencia de recomendaciones y evidencias sobre el manejo de los pacientes críticos en la altitud, este principio hipocrático ha servido de guía para la elaboración del consenso, especialmente en lo relacionado con la IRA.

Contribución de los autores

Todos los autores forman parte del proyecto y han trabajado en la redacción del texto y han aprobado la versión definitiva.

Uso de la IA

No se ha usado algún tipo de IA para la elaboración del manuscrito

Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Zhou Z, Sun F, Jiang B. Research Progress in the Role of Hypoxia-Inducible Factor 1 in Altitude Sickness and the Mechanisms Involved. *J Sichuan Univ*. 2024;55:1424–35.
2. Murray A, Horscroft J. Mitochondrial function at extreme high altitude. *J Physiol*. 2016;594:1137–49 <https://doi.org/10.1113/JP270079>
3. Luo Y, Yang X, Gao Y. Mitochondrial DNA response to high altitude: A new perspective on high-altitude adaptation. *Mitochondrial DNA*. 2013;24:313–9 <https://doi.org/10.3109/19401736.2012.760558>
4. Forrer A, Gaisl T, Sevik A, Meyer M, Senteler L, Lichtblau M, et al. Partial Pressure of Arterial Oxygen in Healthy Adults at High Altitudes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open*. 2023;6:2–15 <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.18036>
5. Avellanas Chavala ML. Un viaje entre la hipoxia de la gran altitud y la hipoxia del enfermo crítico: ¿qué puede enseñarnos en la comprensión y el manejo de las enfermedades críticas? *Med Intensiva*. 2018;42:380–90 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.08.006>
6. Tinoco-Solórzano A, Nieto-Estrada V, Vélez-Páez J, Molano Franco D, Viruez Soto A, Villacorta Córdova F, et al. Medicina intensiva en la altitud. Revisión de alcance. *Rev Med Intensiva Cuid Crit*. 2021;13:218–25.
7. Avila-Hilari A, Tinoco-Solórzano A, Vélez-Páez J, Avellanas-Chavala ML. Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI). Embarazo crítico en la altitud: una mirada en América Latina. *Med Intensiva*. 2024;48:411–20 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2024.03.019>
8. Avila-Hilari A, Tinoco-Solórzano A, Vélez-Páez J, Molano D, Montelongo FJ, Avellanas-Chavala ML. Síndrome de distrés respiratorio agudo en la altitud: consideraciones sobre el diagnóstico y tratamiento. *Med Intensiva*. 2024;48:546–54 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2024.04.006>
9. Mallet RT, Bartscher J, Richalet JP, Millet GP, Bartscher M. Impact of High Cardiovascular Health: Current Perspectives. *Vasc Health Risk Manag*. 2021;17:317–35 <https://doi.org/10.2147/VHRM.S294121>
10. Blanch L, Annane D, Antonelli M, Chiche J, Cuñat J, Girard T, et al. The future of intensive care medicine. *Med Intensiva*. 2013;37:91–8 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2012.12.004>
11. Real Academia de la Lengua (RAE). Diccionario de la lengua española. Actualización 2025 [consultado 30 Mar 2025] Disponible en: <https://dle.rae.es/diccionario>
12. Young AJ, Reeves JT. Human Adaptation to High Terrestrial Altitude. En: Pandolf KB, Burr RE, editors. *Medical Aspects of Harsh Environments*. Volumen 2. Washington, DC, USA: Walter Reed Army Medical Center Borden Institute; 2002. p. 644–88.
13. Basnyat B, Murdoch D. High-altitude illness. *Lancet*. 2003;361:1967–74.
14. Bartsch P, Saltin B. General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:1–10 <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00827.x>
15. Tinoco-Solórzano A, Román A, Charri-Victorio J. Gasometría arterial en diferentes niveles de altitud en residentes adultos sanos en el Perú. *Horiz Méd*. 2017;17:6–10.
16. Cárdenas-Santamaria F, Ardüa-Flórez M, Jaramillo-Mejía J, Echeverry-Restrepo V, García-Gutiérrez L, Londoño-Franco A. Arterial blood gas in young adults at an average altitude of 1605-m above sea level: Armenia, Colombia 2016. *Colomb J Anesthesiol*. 2018;46:222–7.
17. Guo L, Sun J, He Z, Shi Q, Ma S. Understanding Acute Respiratory Distress Syndrome in High-Altitude Environments: A Comprehensive Review of Diagnosis and Treatment. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 2023;29:1–10 <https://doi.org/10.12659/MSM.939935>
18. Imray C, Booth A, Wright A, Bradwell A. Acute altitude illnesses. *BMJ*. 2011;343:d4943 <https://doi.org/10.1136/bmj.d4943>
19. Barry P, Pollard A. Altitude illness. *BMJ*. 2003;326:915–9 <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7395.915.16>
20. Viruez Soto A, Tinoco-Solórzano A, Jiris-Quinteros J, Antezana-Aramayo J, Cáceres-Flores F. Depuración del lactato y mortalidad en residentes de la gran altitud con trauma grave. *Rev Cuerpo Med HNAAA*. 2021;14:291–6.
21. Garrido E, Botella de Maglia J, Castillo O. Acute, subacute and chronic mountain sickness. *Rev Clin Esp (Barc)*. 2021;221:481–90 <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2019.12.009>
22. Ravenhill TH. Some experiences of mountain sickness in the Andes. *J Trop Med Hyg*. 1913;16:313–20.
23. Luks AM, Hackett PH. Medical Conditions and High-Altitude Travel. *N Engl J Med*. 2022;386:364–73 <https://doi.org/10.1056/NEJMra2104829>

24. León-Velarde F, Richalet J. Respiratory control in residents at high altitude: Physiology and pathophysiology. *High Alt Med Biol.* 2006;7:125–37 <https://doi.org/10.1089/ham.2006.7.125>
25. Stream J, Luks A, Grissom C. Lung disease at high altitude. *Expert Rev Respir Med.* 2009;3:635–50 <https://doi.org/10.1586/ers.09.51>
26. Amaru R, Quispe T, Mamani LF, Mancilla S, Valencia JC, Patón D, et al. Adaptación hematológica del habitante andino a la altura. *Hematol Méx.* 2023;24:52–6 <https://doi.org/10.24245/rev.hematol.v24i2.4833>
27. Reyes P, Vásquez P, Ardila M, Díaz B. Gasimetría arterial y alveolar en adultos sanos a nivel de Bogotá. *Acta Méd Colomb.* 1982;7:461–6.
28. Cid-Juárez S, Téllez-Navarrete NA, Bautista-Bernal A, León-Gómez P, Salas-Escamilla I, Gochicoa-Rangel L, et al. Arterial Blood Gases in Normal Subjects at 2240 Meters Above Sea Level: Impact of Age, Gender, and Body Mass Index. *Rev Invest Clin.* 2023;75:29–36 <https://doi.org/10.24875/RIC.22000281>
29. Viruez-Soto J, Jiménez-Torres F, Sirpa-Choquehuanca V, Casas-Mamani R, Medina-Vera M, Vera-Carrasco O. Gasometría arterial en residentes a gran altura, el Alto - Bolivia 2020. *Cuad Hosp Clínicas.* 2020;61:60–72.
30. Villacorta-Cordova F, Carrillo-Coba E, Zubia-Olaskoaga F, Tinoco-Solórzano A. Comparación de los valores normales de gases arteriales entre la altitud y el nivel del mar del Ecuador. *Revista de Medicina Intensiva y Cuidados Crítico.* 2020;13:88–91.
31. Gonzalez-García M, Maldonado D, Barrero M, Casas A, Perez-Padilla R, Torres-Duque C. Arterial blood gases and ventilation at rest by age and sex in an adult Andean population resident at high altitude. *Eur J Appl Physiol.* 2020;120:2729–36 <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04498-z>
32. López Díaz J, Cambronero Galache JA. Valoración de la insuficiencia respiratoria aguda. En: Montejo JC, García de Lorenz A, Marco P, Ortiz C, editores. *Manual de Medicina Intensiva.* 5.^a edición Barcelona: ELSEVIER; 2017. p. 161–3.
33. Vélez-Páez J, Castro-Bustamante C, Avellanas-Chavala M. Gasometría y altitud: investigación de los rangos de normalidad en Quito, Ecuador (2.850m sobre el nivel del mar). *Med Intensiva.* 2025;49, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2025.502140>.
34. Ortega H, Millán A, Mesa GE. Gasimetría arterial en población adulta sana de la ciudad de Medellín. *Acta Med Colomb.* 2002;27:98–102.
35. Restrepo Molina J, Reyes P, Vasquez M, Ardila M, Diaz-Granados B. Gasimetría arterial y alveolar en adultos sanos a nivel de Bogotá. *Acta Med Colomb.* 1982;7:461–6.
36. Calderón Gerstein W, López Martínez O. Valores gasométricos en población adulta y adulta mayor residente de gran altitud. *Anales de la Facultad de Medicina.* 2020;81:154–60 <https://doi.org/10.15381/anales.v81i2.18032>
37. Vera Carrasco O. Valores normales de gases sanguíneos arteriales y del equilibrio ácido base en la ciudad de La Paz- Bolivia. *Cuad Hosp Clín.* 1991;37:18–27.
38. Moina Veloz AP, Mariño Chacha NS, Velasco Muso M, Villavicencio Barrezueta CP. Obtaining arterial blood gas reference values in an adult population residing at high altitude using CLSIEP28. *Universidad Médica Pinareña.* 2023;19:e970.
39. Pereira-Victorio C, Huamanquispe-Quintana J, Castelo-Tamayo L. Gasometría arterial en adultos clínicamente sanos a 3350 metros de altitud. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2014;31:473–9.
40. Avila Hilari A, Quispe Cornejo AA. Guía de diagnóstico y tratamiento de covid-19 en unidades de terapia intensiva. Sociedad Boliviana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva [consultado 30 Mar 2025] Disponible en: <https://www.asuss.gob.bo/wp-content/uploads/2021/11/12.-Guia-de-diagnostico-y-tratamiento-de-COVID-19-en-UTI-V1-08.06.pdf>.
41. Viruez-Soto A, Arias S, Casas-Mamani R, Rada-Barrera G, Merino-Luna A, Molano-Franco D, et al. Oxygen therapy limiting peripheral oxygen saturation to 89-93% is associated with a better survival prognosis for critically ill COVID-19 patients at high altitudes. *Respir Physiol Neurobiol.* 2022;299:103868 <https://doi.org/10.1016/j.resp.2022.103868>
42. Matthay MA, Arabi Y, Arroliga AC, Bernard G, Bersten AD, Brochard LJ, et al. A new global definition of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2024;209:37–47 <https://doi.org/10.1164/rccm.202303-0558WS>
43. Definition Task Force ARDS, Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA.* 2012;307:2526–33 <https://doi.org/10.1001/jama.2012.5669>
44. Molano-Franco D, Masclans Enviz JR, Viruez-Soto A, Gomez M, Rojas H, Beltran E, et al. Inflammation severity, rather than respiratory failure, is strongly associated with mortality of ARDS patients in high-altitude ICUs. *Front Physiol.* 2025;15:1520650 <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1520650>
45. Fajardo-Campoverdi A, González-Castro A, Modesto I, Alapont V, Ibarra-Estrada M, Chica-Meza C, et al. Elastic static power, its correlation with acute respiratory distress syndrome severity: A Bayesian post-hoc analysis of the Mechanical Power Day cross-sectional trial. *Med Intensiva.* 2024;502128 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2024.502128>
46. Manrique S, Gordo F. El rol de la potencia elástica estática en la gravedad y en el pronóstico del síndrome de distrés respiratorio agudo. *Med Intensiva.* 2025;502160 <https://doi.org/10.1016/j.medin.2025.502160>
47. Garrison FH. *Historia de la medicina.* Madrid: Editora importécnica, S.A; 1996.