Current Opinion Nursing & Research
Official Journal of Nursing Pucarani

Nota de Investigación

ISSN 2707-4676 (print edition)
CONR
ISSN 2707-4684 (online edition)

Saturación de oxígeno en adolescentes residentes de gran altitud, implicancias para la toma de decisiones clínicas

Oxygen saturation in adolescent high-altitude residents, implications for clinical decision-making

Quenta Quispe Loreley Mijaela, Mamani Mamani Yhissel, Quispe Apaza Soledad Etelvina[1]*

Resumen

En ciudades de gran altitud como El Alto (4150 msnm) se siguen aplicando valores de referencia establecidos a nivel del mar, lo que puede inducir diagnósticos erróneos, sobreestimación de patologías respiratorias y decisiones clínicas con repercusiones directas en los cuidados de enfermería. Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal en 94 adolescentes residentes permanentes de El Alto, seleccionados bajo criterios de inclusión y exclusión (ausencia de infección respiratoria aguda, anemia, enfermedad pulmonar, embarazo y consumo de tabaco). La saturación de oxígeno se midió mediante oximetría de pulso digital no invasiva, tras tres minutos de reposo y con tres lecturas consecutivas, registrándose el valor más estable. El 71 % tenían 14 años; 60 % del género masculino, 40 % al femenino. Las saturaciones en reposo fueron; 47 % entre 91-95 %, 42 % entre 86-90 %, 7 % entre 80-85 % y 2 % entre 96-100 %. El promedio fue 88.2 % en adolescentes de 14 años, 91.3 % en los de 15 años y 95 % en los de 16-17 años. La frecuencia cardíaca se ubicó entre 91-100 lpm en el 21 % de los casos, y solo el 2 % refirió antecedentes respiratorios. La mayoría presentó saturaciones entre 88 y 95 %, valores compatibles con una adaptación fisiológica a la hipoxia hipobárica crónica propia de la altitud extrema. Estas evaluaciones evidencian la necesidad de disponer de valores de referencia contextualizados para poblaciones residentes en gran altitud, evitando interpretaciones clínicas inapropiadas y optimizando la toma de decisiones asistenciales.

Palabras clave: Saturación de oxígeno, oximetría de pulso, adolescente, hipoxia ambiental, altitud, valores de referencia.

Current Opinion Nursing & Research. 2026. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

In high-altitude cities such as El Alto (4150 meters above sea level), reference values established at sea level are still applied, which can lead to misdiagnosis, overestimation of respiratory pathologies and clinical decisions with direct repercussions on nursing care. A quantitative, descriptive and cross-sectional study was carried out in 94 adolescents living permanently in El Alto, selected under inclusion and exclusion criteria (absence of acute respiratory infection, anemia, lung disease, pregnancy and tobacco use). Oxygen saturation was measured by non-invasive digital pulse oximetry, after three minutes of rest and with three consecutive readings, registering the most stable value. 71 % were 14 years old; 60 % male, 40 % female. The saturations at rest were; 47 % between 91-95 %, 42 % between 86-90 %, 7% between 80-85 % and 2 % between 96-100 %. The average was 88.2 % in 14-year-olds, 91.3 % in 15-year-olds, and 95% in 16-17-year-olds. The heart rate was between 91-100 bpm in 21 % of cases, and only 2 % reported a respiratory history. Most of them had saturations between 88 and 95 %, values compatible with a physiological adaptation to chronic hypobaric hypoxia typical of extreme altitude. These evaluations show the need to have contextualized reference values for populations living at high altitudes, avoiding inappropriate clinical interpretations and optimizing care decision-making.

Key words: Oxygen saturation, pulse oximetry, adolescent, environmental hypoxia, altitude, reference values.

Current Opinion Nursing & Research. 2026. Bolivia. All rights reserved.

Datos del articulo

[1] Universidad Católica Boliviana San Pablo.
Dirección General de Unidades Académicas Campesinas.
Unidad Académica Campesina de Pucarani.
Enfermería.
Provincia Los Andes – Pucarani.
Av. Avaroa s/n.
La Paz - Estado Plurinacional de Bolivia.

[2] Ministerio de Salud y Deportes.
Servicio Departamental de Salud- La Paz.
Hospital del Niño "Dr. Ovidio aliaga Uría".
Unidad de Cuidados Intensivos en Pediatría.
Pasaje Mayor Zubieta #100.
Zona de Miraflores.
La Paz - Estado Plurinacional de Bolivia

Curr. Opin. Nur. Res. 2026; 8(1):15-21.

Historial del artículo.

Recibido noviembre, 2025.
Devuelto marzo 2026.
Aceptado abril, 2026.
Disponible en línea, junio 2026.

***Dirección de contacto**:

Ministerio de Salud y Deportes.
Servicio Departamental de Salud- La Paz.
Hospital del Niño "Dr. Ovidio aliaga Uría".
Unidad de Cuidados Intensivos en Pediatría.
Pasaje Mayor Zubieta #100.
Zona de Miraflores.
La Paz - Estado Plurinacional de Bolivia.

Quispe Apaza Soledad Etelvina.

Tel: +591 73061021.
Email: soledadquispeap@live.com

Introducción

La saturación periférica de oxígeno (SpO_2), medida mediante oximetría de pulso, constituye un parámetroclínico ampliamente utilizado para evaluar el estado de oxigenación del organismo. Su carácter no invasivo, accesible y de fácil aplicación la ha convertido en parte esencial de la valoración rutinaria en distintos niveles de atención, apoyando la toma de decisiones clínicas relacionadas con el sistema respiratorio y cardiovascular[1-3].

Los valores de referencia de SpO_2 provienen principalmente de poblaciones residentes a nivel del mar, donde se consideran normales cifras entre 95 y 100 %. Sin embargo, en poblaciones que habitan a gran altitud, la reducción de la presión barométrica disminuye de la presión parcial de oxígeno inspirado, generando hipoxia hipobárica crónica. Este fenómeno induce adaptaciones fisiológicas que se traducen en valores basales de saturación inferiores a los observados en poblaciones de baja altitud[4-6].

La SpO_2 fue reconocida como el "quinto signo vital" por su utilidad en la detección precoz de hipoxemia y el seguimiento de pacientes con compromiso respiratorio. En población pediátrica y adolescente, su relevancia es aún mayor debido a la susceptibilidad a la hipoxemia y a la rápida descompensación frente a alteraciones respiratorias[4-6].

La ciudad de El Alto, Bolivia, ubicada a más de 4000 msnm, constituye un escenario idóneo para el estudio de la oxigenación humana, dado que su población está expuesta permanentemente a condiciones de hipoxia ambiental. En este contexto, aplicar valores de referencia de nivel del mar puede conducir a interpretaciones clínicas equívocas y decisiones asistenciales erróneas[7-9].

La evidencia disponible sobre saturación de oxígeno en adolescentes residentes de gran altitud es escasa, pues la mayoría de los estudios se ha centrado en niños pequeños o adultos. Factores como edad, estado nutricional, anemia, enfermedades respirato-rias y condiciones ambientales (contaminación, humo de tabaco) también influyen en los valores de SpO_2[9-12]. Las poblaciones andinas, además, presentan adaptaciones ventilatorias, hematológicas y cardiovasculares que permiten mantener la oxigenación tisular en condiciones de hipoxia crónica[13,11].

Ante la limitada información específica en adolescentes, resulta necesario generar evidencia local que permita contextualizar la interpretación de la oximetría de pulso y fortalecer la práctica clínica basada en parámetros ajustados a la altitud.

En ese contexto, el objetivo fue determinar los rangos de SpO_2 en adolescentes residentes permanentes de la ciudad de El Alto, Bolivia (4150 msnm), y analizar sus implicancias para la interpretación clínica y la toma de decisiones en escenarios de gran altitud.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio cuantitativo, observacional y de corte transversal, con alcance descriptivo, orientado a evaluar la saturación de oxígeno en adolescentes residentes a gran altitud.

El universo estuvo conformado por estudiantes de 14 a 17 años matriculados en la Unidad Educativa Mariscal José Ballivián, ubicada en la Zona Ballivián, Distrito 6 de la ciudad de El Alto (≈4150 msnm.), Departamento de La Paz, Bolivia. El periodo de estudio correspondió, febrero a junio 2025.

La población total incluyó 101 estudiantes del tercer curso de secundaria. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron únicamente adolescentes aparentemente sanos, residentes permanentes y sin antecedentes de enfermedad respiratoria, anemia, embarazo ni consumo de tabaco. La muestra final quedó conformada por 94 participantes.

La recolección de datos se efectuó mediante una ficha clínica estructurada, previamente validada por expertos. La medición de la SpO_2 se realizó en reposo, utilizando un oxímetro de pulso digital no invasivo portátil (marca Edan®, modelo H100B, procedencia China). Antes del inicio del trabajo de campo, se verificó el funcionamiento del equipo mediante mediciones repetidas en el investigador principal y en dos docentes del área de Biología de la unidad educativa, quienes conocían sus valores habituales de saturación de oxígeno como residentes permanentes de gran altitud. Las lecturas obtenidas estuvieron en concordancia con los rangos esperados para residentes sanos de la ciudad de El Alto, evidenciando estabilidad y consistencia en el desempeño del dispositivo.

Previo a la medición, los estudiantes recibieron información sobre los objetivos y procedimientos del estudio y completaron la ficha de recolección de datos. Posteriormente permanecieron en condiciones habituales de reposo dentro del aula durante aproximadamente 30 min, evitando actividad física intensa. Las mediciones se realizaron en un ambiente cerrado con condiciones ambientales estables. Cada registro se obtuvo tras 3 min de reposo y mediante tres lecturas consecutivas, seleccionándose el valor más estable.

Consideraciones éticas. El estudio contó con la aprobación de la autoridad educativa correspondiente. Se obtuvo consentimiento informado de padres o tutores y asentimiento de los estudiantes. La confidencialidad se garantizó mediante códigos anónimos. En casos de SpO_2 persistentemente <88-90 % o presencia de síntomas compatibles, se coordinó la derivación inmediata al centro de salud con el docente responsable.

Productos y transferencia. Se elaboró un informe dirigido a la dirección de la unidad educativa, con recomendaciones aplicables en el ámbito escolar; mejora de ventilación y aforos, implementación de pausas activas y establecimiento de tamizaje anual mediante pulsioximetría.

Resultados

Tabla 1 Niveles de saturación de oxígeno según edad y sexo, ciudad de El Alto, 2025

Edad (años)	Sexo	N° Estudiantes	%	Nivel de saturación (%)	Saturación media (%)
14	Masculino	44	46	80 – 94	88.2
14	Femenino	23	24	84 – 97	
15	Masculino	11	11	85 – 97	91.3
15	Femenino	13	13	87 – 98	
16	Masculino	1	1	98	95
16	Femenino	1	1	94	
17	Femenino	1	1	97	95
Total		**94**	**100**		

Discusión

Los resultados de esta investigación amplían la comprensión sobre los niveles de SpO_2 en adolescentes de la Unidad Educativa Mariscal José Ballivián, en El Alto (más de 4000 msnm). La mayoría presentó valores compatibles con los descritos en poblaciones sanas residentes de gran altitud, señalando que la disminución relativa de la saturación refleja una adaptación fisiológica a la hipoxia hipobárica crónica y no necesariamente una condición patológica[7,14]. El promedio de 88.2 % coincide con la evidencia nacional e internacional, que reporta valores entre 88 y 92 % como expresión de la reducción de la presión barométrica y de la presión parcial de oxígeno, generando mecanismos

compensatorios destinados a mantener la oxigenación tisular.

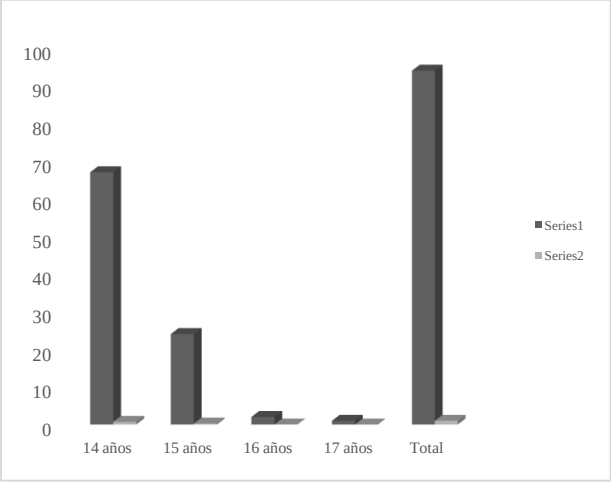


Figura 1 Edad de los Estudiantes, ciudad de El Alto, 2025

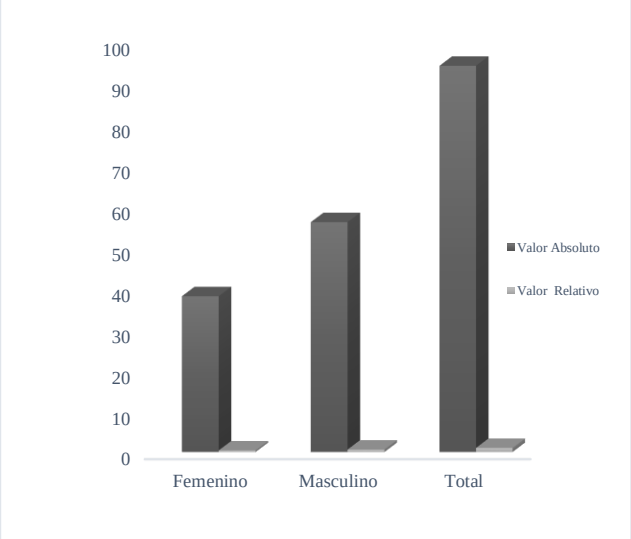


Figura 2 Género de los estudiantes, ciudad de El Alto, 2025

Estos hallazgos son consistentes con estudios en poblaciones andinas, que describen valores promedio de 89-92 % en ausencia de hipoxemia clínica, inferiores a los observados al nivel del mar[14,15]. Por ello, la interpretación clínica de la oximetría de pulso en altura debe considerar el contexto geográfico y fisiológico, evitando la aplicación indiscriminada de parámetros diseñados para poblaciones de baja altitud[7].

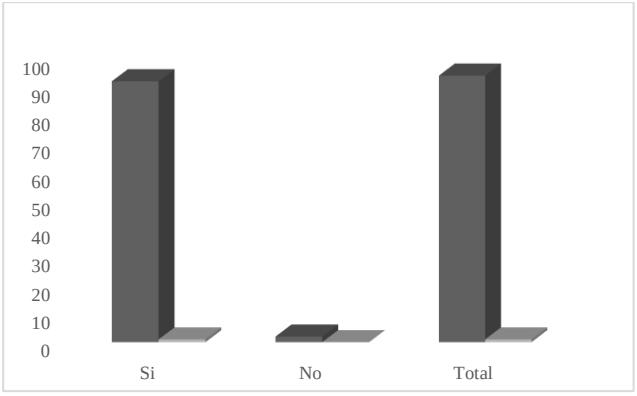


Figura 3 Condición para la medición de la saturación periférica: estado de reposo, ciudad de El Alto, 2025

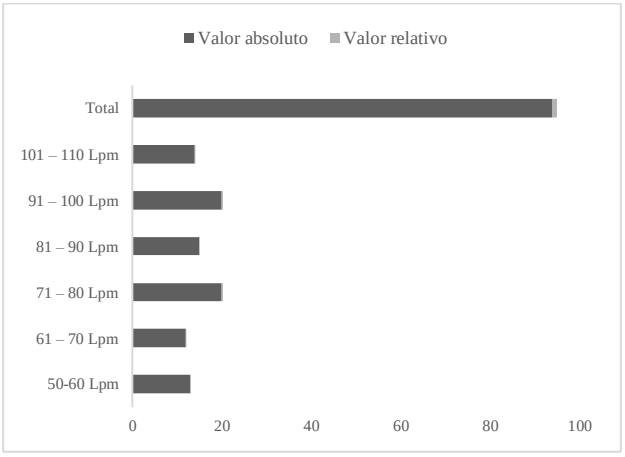


Figura 4 Niveles de frecuencia cardiaca de los estudiantes, ciudad de El Alto, 2025

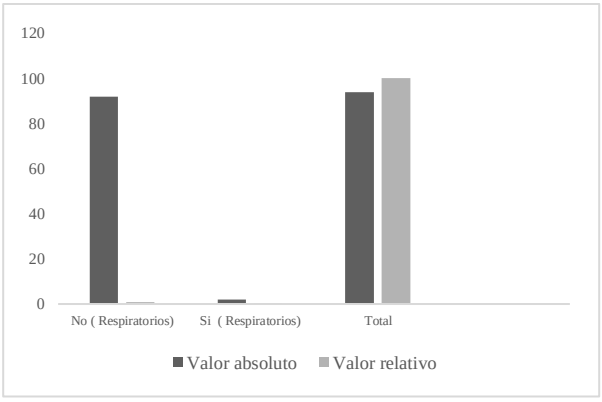


Figura 5 Antecedentes respiratorios de los estudiantes, ciudad de El Alto, 2025

Un hallazgo relevante fue la tendencia ascendente de la saturación según la edad; 88.2 % en adolescentes de 14 años, 91.3 % en los de 15 y valores cercanos a 95 % en los de 16-17 años. Este comportamiento po-

dría relacionarse con la maduración pulmonar, cardiovascular y hematológica propia de la adolescencia. La identificación de valores inferiores requiere una valoración clínica integral, considerando síntomas respiratorios y el grado de adaptación. Respecto a la frecuencia cardíaca, predominó el rango de 91-100 lpm en el 21 % de los participantes, lo que puede interpretarse como un mecanismo compensatorio para optimizar el transporte de oxígeno, tal como lo describió Mortola[15].

Aunque solo el 2 % refirió antecedentes respiratorios, la literatura señala que niños y adolescentes en altura pueden presentar variaciones fisiológicas y episodios de desaturación, especialmente durante el sueño[16-18]. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de contextualizar la interpretación clínica de la SpO_2 y disponer de valores de referencia ajustados a la altitud.

El principal aporte de este estudio radica en generar evidencia específica para adolescentes, grupo poco representado en la literatura internacional. La información disponible se ha concentrado en niños pequeños, adultos o poblaciones de altitud moderada[15,17,18]. Entre las limitaciones se incluyen la procedencia de una única unidad educativa y él diceño transversal, que impide evaluar cambios longitudnales. No obstante, los resultados constituyen una aproximación inicial y relevante para futuras investígaciones.

La hipoxia crónica de gran altitud genera adaptaciones fisiológicas complejas que condicionan los valores de SpO_2 en adolescentes. La generación de parámetros locales basados en evidencia constituye una necesidad para fortalecer la práctica clínica y de enfermería en regiones altiplánicas. Este estudio representa un aporte inicial y subraya la importancia de ampliar la investigación a diferentes grupos etarios y muestras más representativas, con el fin de consolidar rangos de referencia aplicables a la realidad de la altura y mejorar la seguridad en la toma de decisiones asistenciales.

Se recomienda ampliar la investigación a diferentes grupos etarios y poblaciones más numerosas, incorporando mediciones complementarias de hemoglobina, función pulmonar y gasometría arterial. La consolidación de valores de referencia ajustados a la altitud permitirá construir guías clínicas basadas en evidencia, adaptadas a la realidad altiplánica, y contribuirá a una atención segura, precisa y culturalmente pertinente.

Fuente de financiamiento

Recursos propios de los autores.

Conflictos de intereses

La presente investigación no genera conflictos de interés.

Agradecimientos

A la unidad Académica Campesina Pucarani de la Universidad Católica Boliviana San Pablo y a todos los gestores que hicieron posible la publicación.

Consideraciones éticas

La aprobación de la investigación por el Comité de Ética, del Departamento de Investigación y Proyectos de la Unidad Académica Campesina de Pucarani (DIP-UACP). La presente, además ha sido guiada respetando a los autores como fuente de información científica. Se solicitaron los permisos correspondientes a la Unidad Educativa, al director y al Profesor de Biología se pudo recaudar los consentimientos de los padres de familia.

Aporte de los autores

Quenta Quispe Loreley Mijaela, Mamani Mamani Yhissel, estuvieron a cargo de la recolección y el

análisis de los datos, además de la revisión bibliográfica para la elaboración del artículo**.** *Quispe Apaza Soledad Etelvina* fue responsable de coordinar las actividades, para la obtención de la información, así como de supervisar la revisión y corrección de la redacción del artículo científico.

Limitaciones en la investigación

Escasa literatura a nivel local lo cual no permitió comparación contextualizada.

Literatura citada

1. Guyton AC, Hall JE. Transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales. En: Tratado de Fisiología Médica. 13.ª ed. Madrid: Elsevier; 2017. p. 503-20.
2. Hall JE. Regulación de la respiración y transporte de oxígeno. En: Guyton y Hall. Fisiología Médica. 14.ª ed. Barcelona: Elsevier; 2021. p. 529-45.
3. Wukitsch MW, Petterson MT, Tobler DR, Pologe JA. Pulse oximetry: analysis of theory, technology, and practice. J Clin Monit 1988;4(4):290-301. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01617328
4. Severinghaus JW, Naifeh KH. Accuracy of response of six pulse oximeters to profound hypoxia. Anesthesiology 1987;67(4):551-8. DOI: https://doi.org/10.1097/00000542-198710000-00017
5. Ralston AC, Webb RK, Runciman WB. Potential errors in pulse oximetry. I. Pulse oximeter evaluation. Anaesthesia 1991;46(3):202-6. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1991.tb09410.x
6. Jubran A. Pulse oximetry. Intensive Care Med 2004;30:2017-20. DOI: https://doi.org/10.1007/s00134-004-2399-x
7. Subhi R, Smith K, Duke T. When should oxygen be given to children at high altitude? A systematic review to define altitude-specific hypoxaemia. Arch Dis Child 2009;94(1):6-10. DOI: https://doi.org/10.1136/adc.2008.138362
8. West JB. Oxygen transport at high altitude. In: High Altitude Medicine and Physiology. 5th ed. Boca Raton: CRC Press; 2013. p. 25-52.
9. Gamponia MJ, Babaali H, Yugar F, Gilman RH. Reference values for pulse oximetry at high altitude. Arch Dis Child 1998;78(5):461-5. DOI: https://doi.org/10.1136/adc.78.5.461
10. McCollum ED, King C, Deula R, Zadutsa B, Mankhambo L, Nambiar B, et al. Pulse oximetry for children with pneumonia treated as outpatients in rural Malawi. Bull World Health Organ 2016;94(12):893-902. DOI: https://doi.org/10.2471/BLT.16.173401. Erratum in: Bull World Health Organ. 2017;95(1):81. DOI: https://doi.org/10.2471/BLT.17.100117
11. Vargas E, Spielvogel H. Chronic mountain sickness, optimal hemoglobin, and heart disease. High Alt Med Biol. 2006;7(2):138-49. DOI: https://doi.org/10.1089/ham.2006.7.138
12. Grimm M, Seglias A, Ziegler L, Mademilov M, Isaeva E, Tynybekov K, et al. Sleep apnea in school-age children living at high altitude. Pulmonology 2023;29(5):385-91. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2023.02.008
13. Beall CM. Adaptation to high altitude: Phenotypes and genotypes. Annu Rev Anthropol 2014;43:251-72. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-102313-030000
14. Arias-Stella J, Recavarren S. The pulmonary circulation at high altitudes. Circulation. 1962;26:915-22. DOI: https://doi.org/10.1161/01.CIR.26.6.915
15. Mortola JP. Children's breathing at high altitude. Respir Physiol Neurobiol. 2007;158(2-3):123-30. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resp.2007.04.009
16. Andrade V, Andrade F, Riofrio P, Nedel FB, Martin M, Romero-Sandoval N. Pulse oximetry curves in healthy children living at moderate altitude: a cross-sectional study from the Ecuado-

rian Andes. BMC Pediatr 2020;20(1):440. DOI: https://doi.org/10.1186/s12887-020-02334-z

17. Ucrós S, Granados CM, Castro-Rodríguez JA, Hill CM. Oxygen saturation in childhood at high altitude: a systematic review. High Alt Med Biol 2020;21(2):114-25. DOI: https://doi.org/10.1089/ham.2019.0077

18. Tüshaus L, Moreo M, Zhang J, Hartinger SM, Mäusezahl D, Karlen W. Physiologically driven, altitude-adaptive model for the interpretation of pediatric oxygen saturation at altitudes above 2,000 m a.s.l. J Appl Physiol 2019;127(3):847-57. DOI: https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00478.2018

Nota del Editor:
***Current Opinion Nursing & Research (CONR)* se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.**