



Anemia y respuesta al tratamiento en neumonía en altitud: cohorte en Quito

Anemia and response to treatment in high-altitude pneumonia: a cohort in Quito

Lenin Raúl Villacres Herrera¹, Tainá Cristina Ferrari², Walusa Assad Gonçalves-Ferri³

RESUMEN

Introducción: La neumonía adquirida en la comunidad (NAC) es una causa relevante de morbilidad y mortalidad en países en desarrollo. En altitud, la hipoxia ambiental y la anemia podrían reducir la oxigenación tisular y agravar el curso clínico. **Objetivo:** Evaluar el impacto de la anemia en la evolución clínica y la respuesta terapéutica de niños hospitalizados con NAC a 2850 msnm en Quito, Ecuador. **Material y Métodos:** Cohorte prospectiva (diciembre 2022-marzo 2023) en 215 pacientes de 2 meses a 14 años con NAC. Se definió anemia como hemoglobina <11 g/dL ajustada por altitud ($-1,3$ g/dL). Desenlace primario: duración de oxigenoterapia. Secundarios: fracaso terapéutico y estancia hospitalaria. Se aplicaron modelos lineales de efectos mixtos, prueba de Wilcoxon y prueba exacta de Fisher. **Resultados:** La prevalencia de anemia fue 44,7%. Los pacientes con anemia fueron más jóvenes y presentaron menor peso/talla ($p<0,001$) y menor hemoglobina ($9,70\pm1,10$ vs $12,10\pm0,80$ g/dL; $p<0,001$). No se observaron diferencias en presentación clínica inicial ni en hallazgos radiológicos. La duración de oxigenoterapia fue mayor en el grupo con anemia ($78,64\pm53,98$ vs $62,68\pm42,39$ horas; $p=0,040$) y la estancia hospitalaria mostró tendencia a ser más prolongada ($4,11\pm2,31$ vs $3,48\pm1,81$ días; $p=0,060$). No hubo diferencias en fracaso terapéutico. **Conclusiones:** En esta cohorte a gran altitud, la anemia fue frecuente y se asoció con mayor duración de oxigenoterapia y una tendencia a mayor estancia hospitalaria, lo que sugiere que la anemia podría ser un factor clínicamente modificable en niños hospitalizados con NAC.

Palabras clave: Neumonía Adquirida en la Comunidad; Anemia; Altitud; Hipoxia; Oxigenoterapia

1. Hospital General San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Médico Pediatra, Especialista en Pediatría, Doctor en Medicina, Hospital General San Francisco de Quito.
2. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil; Médico Neonatologista, Especialista en Neonatología, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
3. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil; Profesora Asociada de Pediatría, Doctora en Medicina, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Lenin Raúl Villacres Herrera  <https://orcid.org/0000-0001-6110-2295>

Tainá Cristina Ferrari  <https://orcid.org/0009-0006-4962-9784>

Walusa Assad Gonçalves-Ferri  <https://orcid.org/0000-0002-7174-0044>

Correspondencia: leninvillacres@gmail.com

Recibido: 10/feb/2025 - Aceptado: 12/sep/2025 - Publicado: 12/ene/2026

ABSTRACT

Introduction: Community-acquired pneumonia (CAP) remains a relevant cause of morbidity and mortality in developing countries. At high altitude, environmental hypoxia and anemia may reduce tissue oxygenation and worsen the clinical course. Objective: To evaluate the impact of anemia on clinical course and treatment response in children hospitalized with CAP at 2,850 m above sea level in Quito, Ecuador. **Materials and Methods:** Prospective cohort (December 2022–March 2023) including 215 patients aged 2 months to 14 years with CAP. Anemia was defined as hemoglobin <11 g/dL adjusted for altitude (–1.3 g/dL). The primary outcome was duration of oxygen therapy; secondary outcomes were therapeutic failure and length of hospital stay. Mixed-effects linear models, the Wilcoxon test, and Fisher's exact test were used. **Results:** Anemia prevalence was 44.7%. Children with anemia were younger and had lower weight/height ($p<0.001$) and lower hemoglobin levels (9.70 ± 1.10 vs 12.10 ± 0.80 g/dL; $p<0.001$). There were no differences in initial clinical presentation or radiographic findings. Oxygen therapy duration was longer in the anemia group (78.64 ± 53.98 vs 62.68 ± 42.39 hours; $p=0.040$), and hospital stay showed a trend toward being longer (4.11 ± 2.31 vs 3.48 ± 1.81 days; $p=0.060$). No differences were observed in therapeutic failure. **Conclusions:** In this high-altitude cohort, anemia was frequent and was associated with longer oxygen therapy duration and a trend toward longer hospital stay, suggesting that anemia could be a clinically modifiable factor in children hospitalized with CAP.

Keywords: Community-acquired pneumonia; Anemia; Altitude; Hypoxia; Oxygen therapy

Introducción

La neumonía adquirida en la comunidad (NAC) es una causa importante de morbi-mortalidad infantil, especialmente en países en desarrollo^{1,2}. En Ecuador, la morbilidad por NAC fue de 210 casos por 100 000 habitantes en 2011, y la mortalidad relacionada representó el 9,7 % de la mortalidad general³.

La anemia también es frecuente en Ecuador: afecta al 38,2% de niños de 6 meses a 5 años⁵ y en regiones andinas se han reportado prevalencias >45%, con picos >60% en Imbabura y Carchi⁷. La anemia severa puede constituir un factor independiente de mortalidad hospitalaria.

En poblaciones que habitan a gran altitud (por encima de los 2 500 metros sobre el nivel del mar), como ocurre en Quito, la hipoxia ambiental condiciona una reducción significativa de la saturación de oxígeno. Por ello, los niños con neumonía en estos contextos suelen requerir oxigenoterapia adicional a los antibióticos⁹. Aunque los mecanismos de adaptación fisiológica a la altitud —incluyendo el aumento de la concentración de hemoglobina— pueden desarrollarse a lo largo de meses o años⁹⁻¹¹.

Si bien la transfusión sanguínea suele reservarse para casos de anemia severa (habitualmente definida como hemoglobina <

7 g/dl), persiste la incertidumbre sobre el umbral óptimo de hemoglobina y el impacto específico de la anemia en la evolución de niños con enfermedades respiratorias. Aunque existe una vasta literatura sobre los factores de riesgo y el pronóstico de la neumonía infantil a nivel global, la evidencia disponible es limitada acerca de cómo la presencia de anemia, especialmente ajustada para las condiciones fisiológicas de altitud, podría modificar la respuesta clínica o los desenlaces terapéuticos en pacientes pediátricos con neumonía en regiones de gran altitud. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo determinar si la anemia influye en la respuesta al tratamiento y la evolución clínica de los niños hospitalizados con neumonía en altitud en la ciudad de Quito.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo en el Departamento de Pediatría del Hospital General San Francisco de Quito, Ecuador (2.850 metros sobre el nivel del mar), entre diciembre del 2022 a marzo del 2023.

Se incluyeron consecutivamente todos los niños de 2 meses a 14 años 11 meses hospitalizados con diagnóstico de neumonía adquirida en la comunidad (NAC), cuyos

padres o tutores proporcionaron consentimiento informado escrito. Los criterios de exclusión fueron: neumonías recurrentes (≥ 2 episodios en 12 meses), bronquiolitis, malformaciones cardiopulmonares congénitas, síndromes genéticos, transferencia a otra institución y pérdida de seguimiento.

Se utilizaron los criterios OMS para definición de NAC: presencia de dificultad respiratoria más uno de los siguientes: [1] cianosis central o $\text{SpO}_2 < 90\%$ respirando aire ambiente; [2] insuficiencia respiratoria grave; [3] signos de neumonía con criterios de gravedad. Los signos de neumonía incluyeron taquipnea ajustada por edad (≥ 50 rpm en 2-11 meses; ≥ 40 rpm en 1-5 años; > 20 rpm en > 5 años) y retracciones torácicas. Además uno de los criterios anteriores y alteración inicial de la Radiografía de tórax, lo que garantiza la confirmación etiológica de la neumonía.

La dificultad respiratoria fue definida por la presencia de retracciones subcostales o intercostales. La insuficiencia respiratoria grave se definió como la necesidad de soporte ventilatorio. Los criterios de neumonía grave se basaron en las directrices de la OMS para casos de hipoxemia severa, dificultad respiratoria marcada, o incapacidad para alimentarse."

Variables: La exposición principal fue anemia, definida por hemoglobina ajustada por altitud ($-1,3$ g/dL) y punto de corte OMS < 11 g/dL. Se clasificó como leve ($10,0$ - $10,9$ g/dL), moderada ($7,0$ - $9,9$ g/dL) y severa ($< 7,0$ g/dL). El desenlace primario fue la duración de oxigenoterapia (horas), definida como el tiempo desde el ingreso hasta mantener $\text{SpO}_2 \geq 90\%$ en aire ambiente durante ≥ 24 horas. Los desenlaces secundarios incluyeron fracaso terapéutico (a las 48 horas o a los 5 días, definido por persistencia/desarrollo de ≥ 2 signos clínicos de gravedad, fiebre > 72 h, ausencia de mejoría en el puntaje Wood-Downes-Ferrés, y/o aparición de complicaciones (p. ej., empiema, shock séptico, insuficiencia renal aguda), estancia hospitalaria (días), cambio de antibiótico y mortalidad intrahospitalaria. Las covariables registradas al ingreso o en las primeras 24

horas fueron: edad, sexo, estado nutricional (z-score peso/talla en < 2 años e IMC en ≥ 2 años, WHO Anthro), comorbilidades, severidad al ingreso (Wood-Downes-Ferrés), hallazgos radiográficos, proteína C reactiva y recuento leucocitario.

Las muestras sanguíneas se obtuvieron dentro de las primeras 24 horas y el hemograma se procesó en un analizador automatizado con verificación manual para valores extremos. Las radiografías de tórax se interpretaron con criterios OMS de consolidación.

El seguimiento clínico se realizó cada 12 horas durante la hospitalización, registrando signos vitales, SpO_2 , requerimientos de oxígeno, puntaje de dificultad respiratoria y eventos adversos. El tratamiento siguió la Guía Nacional 2017³.

El seguimiento clínico fueron evaluaciones cada 12 horas durante la hospitalización, registrando: signos vitales, SpO_2 (oxímetro Mindray VS2000E calibrado mensualmente), requerimientos de O_2 , score de dificultad respiratoria y eventos adversos. Estas evaluaciones fueron realizadas por el equipo de investigación, añadiéndose a las observaciones rutinarias del personal asistencial, para garantizar la estandarización en la recolección de datos. El tratamiento siguió la Guía Nacional 2017³. Para minimizar sesgos se incluyeron consecutivamente todos los casos elegibles y se estandarizaron las mediciones; los evaluadores clínicos estuvieron ciegos al estado de anemia para los desenlaces.

Para el cálculo de la muestra, se partió de la media de pacientes hospitalizados anualmente por neumonía en el centro. Se utilizó una fórmula para estudios de cohortes con un desenlace de tiempo a evento. Asumiendo una incidencia de NAC de 250 casos/año y una prevalencia esperada de anemia del 40% en esta población, se estimó la necesidad de aproximadamente 100 casos anémicos para alcanzar un 80% de poder estadístico (con un nivel de significancia alfa de 0.05) para detectar una diferencia mínima clínicamente relevante de 24 horas en la mediana de la duración de

oxigenoterapia entre los grupos.

El análisis estadístico se realizó en SPSS. Para el desenlace primario se aplicaron modelos lineales de efectos mixtos; para comparaciones entre grupos se usaron Wilcoxon (variables continuas) y Fisher (variables categóricas). Se consideró $p < 0,05$.

Aspectos Éticos:

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Central del Ecuador (No. 416-CEISH-UCE-2022, Código del estudio 008-FCM-D-2022), con fecha de evaluación el 13 de noviembre de 2022. La autorización abarcó todo el periodo de recolección de datos y análisis del estudio.

Resultados

Durante el periodo de estudio, de diciembre de 2022 a marzo de 2023, se evaluaron inicialmente 236 pacientes pediátricos con diagnóstico de neumonía. De estos, 21 pacientes fueron excluidos por no cumplir los criterios de inclusión establecidos, principalmente debido a presencia de malformaciones cardiopulmonares congénitas ($n=8$), transferencia a otra institución antes de completar el seguimiento ($n=7$) y datos incompletos críticos que impedían el análisis ($n=6$). Finalmente, 215 pacientes cumplieron los criterios de elegibilidad y fueron incluidos en el análisis final.

Los pacientes con anemia fueron significativamente más jóvenes que aquellos sin anemia, como se observa en la Tabla 1. Esta diferencia etaria se reflejó consistentemente en los parámetros antropométricos, donde los niños con anemia presentaron menor peso y menor talla. Sin embargo, es importante destacar que el estado nutricional, evaluado mediante el puntaje Z del IMC, fue similar entre ambos grupos.

En cuanto a las manifestaciones clínicas respiratorias, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. La proporción de pacientes con insuficiencia respiratoria grave fue comparable, y los signos de peligro según criterios AIEPI fueron in-

frecuentes en ambos grupos.

El análisis de los hallazgos radiológicos como se muestra en la Tabla 2, no reveló diferencias significativas en la distribución de los patrones radiológicos entre los pacientes con y sin anemia. El infiltrado intersticial difuso fue el patrón más frecuente en ambos grupos, seguido del infiltrado alveolar localizado.

En relación con los parámetros hematológicos mostrado en la Tabla 2, se confirmaron las diferencias esperadas entre ambos grupos. Los pacientes con anemia presentaron valores significativamente menores de hemoglobina, hematocrito y volumen corpuscular medio.

No se observaron diferencias significativas en la proporción de pacientes con leucocitosis, ni neutrofilia entre ambos grupos. De manera similar, los niveles de proteína C reactiva, aunque numéricamente más elevados en el grupo con anemia, no mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque la alta variabilidad observada (reflejada en las desviaciones estándar) sugiere una heterogeneidad considerable en la respuesta inflamatoria de ambos grupos.

El análisis del manejo terapéutico reveló diferencias significativas entre ambos grupos. Los pacientes sin anemia requirieron cambios de antibiótico con mayor frecuencia, siendo el desescalamiento antibiótico significativamente más común en este grupo.

Respecto a la evolución clínica (Tabla 3), los pacientes con anemia presentaron una duración significativamente mayor de oxigenoterapia, lo que sugiere una recuperación más lenta de la función respiratoria. Aunque la diferencia en los días de hospitalización no alcanzó significancia estadística, se observó una tendencia hacia estancias más prolongadas en el grupo con anemia.

No se observaron diferencias en la respuesta favorable al tratamiento ni en la tasa de fracaso terapéutico a las 48 horas entre ambos grupos (Tabla 3).

Discusión

La anemia constituye un problema de salud pública significativo en poblaciones pediátricas de altitud, y su impacto en el curso clínico de la neumonía adquirida en la comunidad representa un área de creciente interés científico. En el presente estudio, encontramos una prevalencia de anemia de 44,7%, consistente con reportes andinos (37,5–60%) y comparable a datos poblacionales en Ecuador^{5,7,15}. Esta elevada prevalencia refleja la compleja interacción entre la hipoxia hipobárica crónica y los mecanismos adaptativos eritropoyéticos en poblaciones de gran altitud^{10,11,24}. Sin embargo, es importante destacar que la prevalencia de anemia en estas poblaciones no es exclusivamente atribuible a la adaptación fisiológica a la altitud, sino también a factores nutricionales y socioeconómicos prevalentes en la región.

Los hallazgos del presente estudio revelaron que los niños con anemia presentaron una estancia hospitalaria más prolongada, aunque no alcanzó significancia estadística en la Tabla 3, concordante con lo reportado por Chang et al.¹⁴ y Chisti et al.⁵, quienes documentaron asociaciones similares entre anemia y duración de la hospitalización.

Adicionalmente, la anemia ferropénica, presente en una proporción significativa de casos pediátricos, compromete la función inmunológica a través de alteraciones en la proliferación linfocitaria, la función fagocítica y la producción de citocinas. A esto se suma la anemia de la inflamación, común en procesos infecciosos agudos como la neumonía, donde citocinas como la interleucina-6 (IL-6) que regula negativamente la absorción de hierro y su liberación de los macrófagos, limitando su disponibilidad para la eritropoyesis y contribuyendo a la persistencia de la anemia^{17,18,19}.

No obstante, una limitación relevante es la falta de información sobre el tipo específico de anemia (ferropénica, megaloblástica, o de enfermedad crónica) y los marcadores de inflamación (e.g., ferritina, IL-6). Esta omisión impide discernir si la asociación observada entre anemia y duración de la

oxigenoterapia se debe a una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno per se, a un compromiso inmunitario subyacente, o a una combinación de factores influenciados por el proceso inflamatorio, lo cual afectaría la interpretación de la hipótesis fisiopatológica central.

Contrario a lo esperado, no se observaron diferencias significativas en la frecuencia de hipoxemia entre niños con y sin anemia (69,0% vs. 62,1%, $p=0,477$). Este hallazgo difiere de lo reportado por Nemani y Awasthi¹, quienes encontraron una asociación significativa entre anemia e hipoxemia en niños con neumonía. Esta discrepancia podría explicarse por los mecanismos adaptativos únicos de las poblaciones de altitud, incluyendo el aumento de la densidad capilar pulmonar, la optimización de la curva de disociación de la hemoglobina y las adaptaciones genéticas que mejoran la eficiencia del transporte de oxígeno^{10,11}. Estos mecanismos compensatorios podrían atenuar parcialmente el impacto de la anemia sobre la oxigenación en residentes crónicos de altitud.

La ausencia de diferencias significativas en las características clínicas al ingreso, incluyendo frecuencia respiratoria, temperatura y signos de dificultad respiratoria, sugiere que la anemia no modifica sustancialmente la presentación clínica inicial de la neumonía en esta población. Sin embargo, es notable que los niños con anemia mostraron una tendencia hacia mayor frecuencia de tiraje subcostal (47,6% vs. 36,2%, $p=0,263$), hallazgo que, aunque no alcanzó significancia estadística, podría reflejar un mayor trabajo respiratorio compensatorio. Estos resultados son consistentes con lo observado por Hussain¹⁶, quien reportó que la anemia constituye un factor de riesgo independiente para infecciones respiratorias bajas, pero no necesariamente altera su presentación clínica inicial.

El análisis nutricional reveló que el 23,8% de los niños con anemia presentaban desnutrición aguda, comparado con el 17,2% en el grupo sin anemia ($p=0,426$). Con referencia al estado nutricional no hubo diferencia es-

tadística significativa entre los dos grupos (-0.03 vs -0.07 en el puntaje Z del IMC, lo que fue presentado en la Tabla 1). Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, la tendencia observada es concordante con la literatura que documenta la frecuente coexistencia de anemia y malnutrición en poblaciones pediátricas vulnerables^{1,20}. La interacción entre anemia, desnutrición y neumonía representa un círculo vicioso donde cada condición potencia los efectos adversos de las otras, comprometiéndola respuesta inmune y prolongando la recuperación²¹.

Lo que presentamos en la Tabla 3 es que el porcentaje de requerimiento de oxígeno fue similar en los dos grupos. Sin embargo, la duración de la oxigenoterapia sí fue clínicamente significativamente mayor en el grupo con anemia. Aunque la proporción inicial de requerimiento de oxígeno fue similar, la prolongación en su uso en el grupo anémico sugiere que la anemia podría influir en los requerimientos de soporte respiratorio durante el curso de la enfermedad. Este hallazgo es consistente con el concepto de que la reducción en la capacidad de transporte de oxígeno asociada a la anemia se vuelve clínicamente más evidente durante estados de mayor demanda metabólica, como ocurre en las infecciones respiratorias agudas^{4,8}.

La mediana de hemoglobina ajustada por altitud es de 9,68 g/dL (+/-1,11) en el grupo con anemia refleja un grado moderado de anemia según los criterios de la OMS [13]. Es importante destacar que el ajuste por altitud es crucial en esta población, ya que los valores de hemoglobina normales en residentes de altitud son significativamente mayores que los del nivel del mar debido a la eritropoyesis compensatoria^{6,13}. La aplicación de factores de corrección apropiados permite una evaluación más precisa del estado hematológico real y evita la subestimación de la prevalencia de anemia en estas poblaciones.

Las implicaciones clínicas de estos hallazgos son múltiples. Primero, la alta prevalencia de anemia en niños hospitalizados

con neumonía, la cual es comparable a la prevalencia en la población general pediátrica de altitud, sugiere la necesidad de implementar protocolos de tamizaje rutinario de hemoglobina al ingreso, tal como recomiendan las guías nacionales e internacionales^{3,12}. Segundo, la identificación temprana de anemia podría permitir intervenciones dirigidas, incluyendo suplementación con hierro cuando esté indicada, que podrían potencialmente reducir la duración de la hospitalización y mejorar los desenlaces clínicos^{6,20}. Tercero, el manejo integral debe considerar no solo el tratamiento de la neumonía sino también la corrección de las deficiencias nutricionales subyacentes.

Es importante reconocer las limitaciones del presente estudio. La exclusión de pacientes transferidos, aquellos con complicaciones severas, podría haber subestimado el verdadero impacto de la anemia en los casos más graves de neumonía. La falta de información sobre el tipo específico de anemia (ferropénica, megaloblástica) y los marcadores de inflamación limita la comprensión de los mecanismos fisiopatológicos involucrados. Finalmente, la naturaleza unicéntrica del estudio podría limitar la generalización de los resultados a otras poblaciones de altitud. Aunque se utilizó confirmación radiológica, la interpretación de las radiografías no siempre fue realizada por un radiólogo ciego al estado clínico del paciente, lo que podría introducir un sesgo en la clasificación diagnóstica de la neumonía.

También el tamaño de nuestra muestra, aunque suficiente para el desenlace primario, podría no haber tenido el poder estadístico necesario para incriminar otras variables con efectos más modestos o para descartar con certeza la ausencia de asociaciones en desenlaces secundarios y la ausencia de covariables que pudieran ser factores de riesgo importantes (según la literatura o el raciocinio clínico), como por ejemplo el tiempo de enfermedad antes de la admisión, o la estratificación específica de los extremos anormales del IMC.

Finalmente, la elección de las técnicas de análisis, aunque adecuadas para el obje-

tivo primario, puede presentar limitaciones. La posibilidad de error tipo I debido a las múltiples pruebas estadísticas realizadas para los desenlaces secundarios no fue corregida sistemáticamente, lo que podría generar falsos positivos.

Las fortalezas del estudio incluyen el tamaño muestral adecuado, estudio prospectivo, la aplicación rigurosa de criterios de ajuste por altitud para la definición de anemia, y la evaluación sistemática de múltiples variables clínicas y demográficas. La población estudiada es representativa de los niños hospitalizados con neumonía no complicada en un centro de referencia de altitud, lo que aumenta la validez externa de los hallazgos para contextos similares.

Además, se requieren estudios multicéntricos que incluyan la tipificación de la anemia, marcadores inflamatorios y pacientes con neumonía complicada, a fin de comprender mejor las interacciones entre anemia y severidad de la enfermedad²³.

Conclusiones

En conclusión, la anemia es altamente prevalente en niños hospitalizados con neumonía leve en Quito y se asocia con estancias hospitalarias más prolongadas. Aunque no se observaron diferencias significativas en la presentación clínica inicial o en la frecuencia de hipoxemia, la tendencia hacia mayores días de requerimientos de oxigenoterapia en niños anémicos sugiere un impacto clínico relevante. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la anemia como un factor modificable que podría influir en la evolución y pronóstico de la neumonía infantil en poblaciones de altitud. Estudios prospectivos futuros, incluyendo pacientes con complicaciones severas, son necesarios para clarificar completamente la compleja relación entre anemia y neumonía en poblaciones pediátricas de gran altitud.

Bibliografía

1. Nemani T, Awasthi S. Malnutrition and anaemia associated with hypoxia among hospitalized children with community-acquired pneumonia in North India. *Clin Epidemiol Glob Health*. 2016;4:S17-21.
2. Mourad S, Rajab M, Alameddine A, Fares M, Ziade F, Merhi BA. Hemoglobin level as a risk factor for lower respiratory tract infections in Lebanese children. *North Am J Med Sci*. 2010;2(10):461-6.
3. Ministerio de Salud Pública de Ecuador. Guía de Práctica Clínica: Neumonía adquirida en la comunidad [Internet]. Quito: Ministerio de Salud Pública de Ecuador; 2017. [citado 2020 Feb 14]. Disponible en: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/GPC_neumoni%C8%81a-adquirida_2017.pdf.
4. Moschovis PP, Banqeh S, MacLeod WB, Saha S, Hayden D, Christiani DC, et al. Childhood anemia at high altitude: risk factors for poor outcomes in severe pneumonia. *Pediatrics*. 2013;132(5):e1156-e1162.
5. Chisti MJ, Kawser CA, Rahman ASMMH, Shahid ASMSB, Afroze F, Shahunja KM, et al. Prevalence and outcome of anemia among children hospitalized for pneumonia and their risk of mortality in a developing country. *Sci Rep*. 2022;121:10741.
6. World Health Organization. Guideline daily iron supplementation in infants and children. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2016.
7. Garrido-Salazar DI, Garrido-Salazar SM, Vivas-Armas G. Anemia frequency in children living at Andean high altitude in Ecuador, Peru, and Bolivia. *Acta Pediátrica México*. 2019;406:305-17.
8. Odeyeme AO, Odeyeme AO, Musa TL. Determinants of Outcome among Under-Five Children Hospitalized with Pneumonia at a Tertiary Health Facility in South-West Nigeria. *West Afr J Med* [Internet]. 2021 [citado 19 de octubre de 2022];382. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33641144/>
9. Reuland DS, Steinhoff MC, Gilman RH, Bara M, Olivares EG, Jabra A, et al. Prevalence and prediction of hypoxemia in children with respiratory infections in the Peruvian Andes. *J Pediatr*. 1991;1196:900-6.
10. Simonson TS. Altitude Adaptation: A Glimpse Through Various Lenses. *High Alt Med Biol*. 2015;162:125.
11. Azad P, Stobdan T, Zhou D, Hartley I, Akbari A, Bafna V, et al. High-altitude adaptation in humans: from genomics to integrative physiology. *J Mol Med Berl Ger*. 2017;9512:1269-82.

12. World Health Organization. Pocket Book of Hospital Care for Children: Guidelines for the Management of Common Illnesses With Limited Resources. 2nd ed. Geneva, Switzerland: WHO Press; 2013.
13. Organización Mundial de la Salud. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. (WHO/NMH/NHD/MNM/111) [Internet]. 2011. [citado 2023 Out 26]. Disponible en: http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf.
14. Chang I, Shih W, Liu Y, Ho T, Yen T, Chang H, et al. The association of anemia with the clinical outcomes of community-acquired pneumonia in children. *Pediatr Pulmonol*. 2022;576:1416-24.
15. Garrido-Salazar DI, Fuseau M, Garrido SM, Vivas G, Gutiérrez M. Prevalence of Anaemia in Children Diagnosed with Pneumonia in a Tertiary Hospital in Quito, Ecuador. *J Nepal Paediatr Soc*. 2019;382:102-9.
16. Hussain SQ. Low Hemoglobin Level a Risk Factor for Acute Lower Respiratory Tract Infections (ALRTI) in Children. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2014 [citado 13 de noviembre de 2022]; Disponible en: http://www.jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2014&volume=8&issue=4&page=PC01&issn=0973-709x&id=4268
17. Cronin SJF, Woolf CJ, Weiss G, Penninger JM. The Role of Iron Regulation in Immunometabolism and Immune-Related Disease. *Front Mol Biosci*. 2019;6:116.
18. Aly SS, Fayed HM, Ismail AM, Abdel Hakeem GL. Assessment of peripheral blood lymphocyte subsets in children with iron deficiency anemia. *BMC Pediatr*. 2018;181:49.
19. Cherayil BJ. Iron and Immunity: Immunological Consequences of Iron Deficiency and Overload. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. 2010;586:407-15.
20. Sejas E, Kolsteren P, Hoeree T, Roberfroid D. Iron Supplementation in Previously Anemic Bolivian Children Normalized Hematologic Parameters, But Not Immunologic Parameters. *J Trop Pediatr*. 2007;543:164-8.
21. Enarson PM, Gie RP, Mwansambo CC, Chalira AE, Lufesi NN, Maganga ER, et al. Potentially Modifiable Factors Associated with Death of Infants and Children with Severe Pneumonia Routinely Managed in District Hospitals in Malawi. *PLOS ONE*. 2015;108:e0133365.
22. Khan A. High incidence of childhood pneumonia at high altitudes in Pakistan: a longitudinal cohort study. *Bull World Health Organ*. 2009;873:193-9.
23. Harris AM, Sempértegui F, Estrella B, Narváez X, Egas J, Woodin M, et al. Air pollution and anemia as risk factors for pneumonia in Ecuadorian children: a retrospective cohort analysis. *Environ Health Glob Access Sci Source*. 2011;10:93.
24. Trompetero-González AC, Cristancho-Mejía E, Benavides-Pinzón WF, Mancera-Soto EM, Ramos-Caballero DM. Efectos de la exposición a la altura sobre los indicadores de la eritropoyesis y el metabolismo del hierro. *Rev Fac Med*. 2015;634:717-25.

Tabla 1. Características clínicas y antropométricas de niños con neumonía adquirida en la comunidad hospitalizados en altitud, estratificados por presencia de anemia ajustada.

Variables	Con anemia (n = 96)	Sin anemia (n = 119)	Valor p
Características Demográficas			
Sexo masculino, n (%)	52 54,17	68 57,14	0,680
Edad (meses), media (DE)	22,80 15,60	45,60 25,20	<0,001*
Parámetros Antropométricos			
Peso (kg), media (DE)	11,10 4,20	15,10 6,40	<0,001*
Talla (cm), media (DE)	81,30 16,70	95,90 17,10	<0,001*
Puntaje Z del IMC, media (DE)	-0,03 1,32	-0,07 1,16	0,390
Manifestaciones clínicas			
Taquipnea [†] , n (%)	37 38,54	47 39,50	1,000
Cianosis o desaturación [‡] , n (%)	87 90,62	108 90,75	0,970
Insuficiencia respiratoria grave [§] , n (%)	7 7,30	10 8,40	0,760
Signos de peligro [¶] , n (%)	2 2,08	1 0,84	0,460

Abreviaturas: DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal. Notas: *p < 0,05 (estadísticamente significativo), [†]Taquipnea definida según criterios OMS por edad, [‡]Desaturación definida como SpO₂ <90% a nivel del mar o <87% en altitud, [§]Insuficiencia respiratoria grave definida como necesidad de soporte ventilatorio, [¶]Signos de peligro según criterios AIEPI (Atención Integrada a las Enfermedades Prevalentes de la Infancia), Anemia definida como hemoglobina <11 g/dL tras ajuste por altitud (-1,3 g/dL). Pruebas estadísticas: prueba de Wilcoxon para variables continuas, prueba exacta de Fisher para variables categóricas.

Tabla 2. Características radiológicas y parámetros de laboratorio en niños hospitalizados con neumonía adquirida en la comunidad según presencia de anemia ajustada por altitud.

Variables	Con anemia (n = 96)	Sin anemia (n = 119)	Valor p
Hallazgos Radiológicos			
Infiltrado intersticial difuso, n (%)	43 44,79	51 42,86	0,780
Infiltrado alveolar localizado, n (%)	30 31,25	42 35,29	0,530
Infiltrado alveolar multifocal, n (%)	15 15,63	17 14,29	0,790
Consolidación aislada, n (%)	8 8,33	6 5,04	0,340
Consolidación con derrame pleural, n (%)	0 0,00	3 2,52	0,080 [†]
Parámetros Hematológicos			
Leucocitosis [‡] , n (%)	49 51,04	58 48,74	0,780
Neutrofilia [§] , n (%)	58 60,42	78 65,55	0,480
Hemoglobina (g/dL), media (DE)	9,70 1,10	12,10 0,80	<0,001*
Hematocrito (%), media (DE)	33,00 3,00	39,30 2,40	<0,001*
VCM (fL), media (DE)	73,90 7,30	77,90 6,20	<0,001*
Marcador Inflamatorio			
PCR (mg/L), media (DE)	73,30 97,00	47,20 47,30	0,480

Abreviaturas: DE: desviación estándar; VCM: volumen corpuscular medio; PCR: proteína C reactiva; fL: femtolitros. Notas: [†]Prueba exacta de Fisher, [‡]Leucocitosis definida como leucocitos >15.000/mm³ (2-5 años) o >13.000/mm³ (>5 años), [§]Neutrofilia definida como neutrófilos >70% del total de leucocitos, *p < 0,05 (estadísticamente significativo), Anemia definida como hemoglobina <11 g/dL tras ajuste por altitud (-1,3 g/dL). Pruebas estadísticas: prueba de Wilcoxon para variables continuas, prueba exacta de Fisher para variables categóricas.

Tabla 3. Comparación de características clínicas, radiológicas y de laboratorio entre pacientes con neumonía según presencia de anemia tras corrección.

Variables	Con anemia (n = 96)	Sin anemia (n = 119)	Valor p
Tratamiento con Antibiótico, n (%)	85 88,54	102 85,71	0,680
Tiempo de antibiótico ≤3 días, n (%)	38 44,71	50 49,02	0,720
Tiempo de antibiótico 5-7 días, n (%)	34 40,00	45 44,12	0,720
Tiempo de antibiótico ≥8 días, n (%)	13 15,29	7 6,86	0,060
Cambio de antibiótico, n (%)	18 21,18	40 39,22	0,010*
- Por empeoramiento, n (%)	13 72,20	22 55,00	0,320
- Por resultado de cultivo, n (%)	0 0,00	2 5,00	0,150**
- Por desescalamiento, n (%)	5 27,80	16 40,00	0,030*
Oxígeno, n (%)	91 94,79	113 94,96	1,000
Litros de oxígeno/min al ingreso, media (DE)	0,80 0,50	1,00 0,50	0,060
Tiempo de uso de oxígeno (horas), media (DE) total	78,64 53,98	62,68 42,39	0,040*
Días de hospitalización, media (DE)	4,11 2,31	3,48 1,81	0,060***
Respuesta al tratamiento, n (%)	87 90,63	113 94,96	0,280
Fracaso al tratamiento a las 48 h, n (%)	66 68,75	79 66,39	0,780
Recaída o nueva hospitalización, n (%)	6 6,30	2 1,70	0,100**

Para referenciar aplique esta cita:

Raúl Villacres Herrera L, Ferrari TC, Assad Gonçalves-Ferri W. Anemia y respuesta al tratamiento en neumonía en altitud: cohorte en Quito. REV-SEP [Internet]. 12 de enero de 2026; 27(1):14-23. Disponible en: <https://rev-sep.ec/index.php/johs/article/view/357>