



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

**EVALUACIÓN DEL ROL DE LA ALTITUD COMO MODIFICADOR DE
EFECTO EN LA ASOCIACIÓN ENTRE EL NIVEL DE ANEMIA Y EL
NIVEL SOCIOECONÓMICO - ANÁLISIS DE LA ENDES 2022**

**EVALUATION OF THE ROLE OF ALTITUDE AS AN EFFECT
MODIFIER IN THE ASSOCIATION BETWEEN THE LEVEL OF
ANEMIA AND SOCIOECONOMIC LEVEL – ANALYSIS OF THE ENDES
2022**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO

CIRUJANO

AUTORES

CESAR AUGUSTO ESPINOZA MESTANZA

MIGUEL ANGEL RAMIREZ AZABACHE

ASESOR

CESAR PAUL EUGENIO CARCAMO CAVAGNARO

LIMA – PERÚ

2024

JURADO

Presidente: DR. JOSE IGNACIO VLADIMIRO CABALLERO
LOPEZ

Vocal: DRA. LARISSA OTERO VEGAS

Secretaria: DRA. CARMEN CAROLINA TOKUMURA
TOKUMURA

Fecha de Sustentación: 27 de marzo de 2024

Calificación: Aprobado

ASESORES DE TESIS

ASESOR

Dr. Cesar Paul Eugenio Carcamo Cavagnaro

Departamento Académico de Medicina

ORCID: 0000-0002-2495-2490

DEDICATORIA

A nuestros familiares por su apoyo incondicional y a nuestro asesor, por su guía y
paciencia.

Sin ellos, este sueño no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Cesar Carcamo por su constante
apoyo, paciencia y motivación.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Estudio autofinanciado.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Los autores declaran que este trabajo de investigación fue aprobado bajo la categoría de exento por el Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI).

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

EVALUACIÓN DEL ROL DE LA ALTITUD COMO MODIFICADOR DE EFECTO EN LA ASOCIACIÓN ENTRE EL NIVEL DE ANEMIA Y EL NIVEL SOCIOECONÓMICO - ANÁLISIS DE LA ENDES 2022.

ORIGINALITY REPORT

14%	13%	4%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.upch.edu.pe Internet Source	2%
2	www.coursehero.com Internet Source	1%
3	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	1%
4	hdl.handle.net Internet Source	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Internet Source	1%
6	www.nutricionhospitalaria.org Internet Source	1%
7	pesquisa.bvsalud.org Internet Source	<1%
8	Submitted to Universidad Ricardo Palma Student Paper	<1%

worldwidescience.org

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
IV. RESULTADOS.....	11
V. DISCUSIÓN	15
VI. CONCLUSIONES	18
VII. RECOMENDACIONES	19
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
VIII. TABLAS Y FIGURAS	25
Anexos	32

RESUMEN

Introducción: Las normativas actuales de diagnóstico de anemia, que incluyen correcciones por altitud, podrían estar sobreestimando su prevalencia. Existe una relación bien establecida entre el nivel socioeconómico y la anemia, que debería mantenerse a diferentes altitudes. **Objetivo:** Evaluar el rol de la altitud como modificador de efecto en la asociación entre el nivel de anemia y el nivel socioeconómico, a través de un análisis de la ENDES 2022. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio transversal analítico con datos de 20294 niños de 6 a 59 meses de la ENDES 2022. La anemia se definió como niveles de hemoglobina ajustada por altitud inferiores a 11 g/dL. Se emplearon modelos de regresión de Poisson para estimar razones de prevalencia (RP) e intervalos de confianza al 95%. **Resultados:** La prevalencia de anemia es mayor a altitudes mayores, en hogares más pobres y en niños varones. Aunque la prevalencia de anemia infantil disminuye con el aumento del nivel de riqueza en altitudes inferiores, por encima de los 3500 msnm, esta disminución no es estadísticamente significativa. **Conclusión:** El estudio demuestra que la altitud sí es modificador de efecto en la relación entre el nivel socioeconómico y la anemia infantil: si bien hasta los 3500 msnm un mejor nivel socioeconómico se asocia a una menor prevalencia de anemia, por encima de esa altitud esta asociación desaparece. Esto indicaría que el ajuste de los niveles de hemoglobina para esa altitud podría no ser el adecuado, generando un sobrediagnóstico. Se recomienda revisar ese ajuste.

Palabras clave: Altitud, anemia, nivel socioeconómico, ENDES.

ABSTRACT

Introduction: Current anemia diagnostic guidelines, which include corrections for altitude, may be overestimating its prevalence. There is a well-established relationship between socioeconomic status and anemia, which should persist at different altitudes. **Objective:** To evaluate the role of altitude as a modifier of effect in the association between anemia level and socioeconomic status through an analysis of the ENDES 2022. **Materials and Methods:** An analytical cross-sectional study was conducted using data from 20294 children aged 6 to 59 months from the ENDES 2022. Anemia was defined as hemoglobin levels adjusted for altitude below 11 g/dL. Poisson regression models were used to estimate prevalence ratios (PR) and 95% confidence intervals. **Results:** The prevalence of anemia is higher at higher altitudes, in poorer households, and in male children. Although the prevalence of childhood anemia decreases with increasing wealth level at lower altitudes, above 3500 meters above sea level, this decrease is not statistically significant. **Conclusion:** The study demonstrates that altitude is indeed a modifier of effect in the relationship between socioeconomic status and childhood anemia: while up to 3500 meters above sea level, a better socioeconomic level is associated with a lower prevalence of anemia, above that altitude, this association disappears. This would indicate that the adjustment of hemoglobin levels for that altitude may not be adequate, leading to overdiagnosis. It is recommended to review this adjustment.

Keywords: Altitude, anemia, socioeconomic level, ENDES.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la anemia ocurre cuando el conteo de glóbulos rojos está por debajo de la norma, o presentan una concentración de hemoglobina insuficiente, lo que limita el transporte de oxígeno desde la sangre hacia los tejidos (1), siendo su forma de presentación con mayor prevalencia la de tipo ferropénica, que se refiere a una anemia con etiología en la deficiencia de hierro. Otras formas de anemia incluyen la anemia por deficiencia de vitamina B12, la anemia por enfermedades crónicas y debido a otras condiciones médicas, como el paludismo. Esta enfermedad puede afectar a personas de todas las edades y regiones, pero es particular el interés en la anemia de ocurrencia durante la infancia.

La carga global de la anemia es significativa, con consecuencias que abarcan desde la salud materna hasta el desarrollo cognitivo infantil. Se ha establecido como un axioma, por ejemplo, que la anemia por deficiencia de hierro en infantes menores a los 24 meses de edad podría generar consecuencias negativas irreversibles en cuanto al desarrollo del cerebro, que se podrían traducir en dificultades en el aprendizaje y bajo rendimiento escolar (2). Sin embargo, estudios recientes ponen en duda si el punto de corte coincide con consecuencias negativas, al observar que un porcentaje relevante de los niños diagnosticados con anemia no presentan sintomatología asociada, o bien la misma se observa recién en los niveles más elevados de anemia. Por ejemplo, en un metaanálisis, se observó que toda la evidencia acumulada indica que no es posible establecer un punto de inflexión a partir del cual la disminución de la hemoglobina empieza a correlacionarse con resultados funcionales negativos, tanto en el desarrollo motor como en el mental

(3). Más adelante, se mencionarán otros indicios de que los ajustes por altitud entre otros indicadores diagnósticos de la anemia podrían no ser apropiados. También se ha reportado algo similar en las consecuencias de bajo peso al nacer en gestantes con anemia, que no se observan en la mayoría de las gestantes diagnosticadas con anemia leve (4).

De hecho, por este motivo, la OMS inició en 2017 un proyecto para revisar sus directrices a nivel mundial en lo referido a los puntos de corte de la hemoglobina usados para el diagnóstico individual y poblacional de la anemia, bajo la premisa de que los baremos actuales tienen más de 5 décadas de haber sido propuestos, y en su día se desarrollaron a partir de poblaciones muy sesgadas y limitadas, en términos de edades, altitudes, etnias, entre otros(5), lo que ha llevado a múltiples estudiosos a considerar que no son representativos de la mayoría de poblaciones en las que se utiliza. Al respecto, Bartolo-Marchena et al. (6) advierten que el diagnóstico de la anemia en altura en el Perú se realiza utilizando el factor de corrección desarrollado por el Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (7), mismo que tomó en cuenta poblaciones con altitud máxima de 3000 msnm y niños entre 24 y 60 meses, solo en los Estados Unidos. Por esta razón, llevaron a cabo un estudio para diseñar una propuesta alternativa de factor de corrección exclusivo con población peruana de todos los pisos altitudinales y con niños entre los 6 y los 59 meses. El resultado mostró una reducción promedio de la prevalencia de 2,5% con el uso del factor de corrección propuesto, pero con diferencias de 13,9% en la prevalencia de la anemia en poblaciones por encima de los 4000 msnm. La Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES (8) incluye mediciones de niveles de hemoglobina en niños de 6 a 59 meses a nivel nacional, las que se usan

para determinar la prevalencia de anemia en las diferentes regiones del país. Para ello, se utiliza la corrección por altitud en la concentración de hemoglobina. Si es que esta corrección es excesiva, como se menciona más arriba, estaríamos inflando la prevalencia de anemia a gran altura, lo que podría explicar el fracaso que las intervenciones para el control de esta condición han tenido hasta ahora. Al respecto, explica Gonzales et al. (9), que con estos datos del INEI se avala el uso de suplementación con hierro en niños menores a 59 meses, lo que, dado el gran porcentaje de falsos positivos para anemia, podría exponer a esta población a una sobrecarga de hierro, que también genera efectos negativos en la salud. Casos similares, donde la suplementación no ha producido una reducción significativa en la prevalencia de anemia se han reportado en otros países de bajo ingreso, como la India o Bolivia, según el reporte de Gonzales (4), quien observa que un factor en común que tienen estos dos países y el Perú es que un porcentaje importante de su población vive en gran altura.

Si solo se toma en cuenta el factor común de que son países de bajos ingresos, alienta planteamientos como el de la Sociedad Americana de Hematología que indican que más de 1200 millones de personas sufren de anemia ferropénica a nivel mundial, siendo que la diferencia entre países de ingresos bajos y altos es muy significativa (10). Entre esos países de ingresos bajos con altos índices de anemia estarían, por ejemplo, Perú, Etiopía y China, que representan a tres continentes y una diversidad étnica muy grande, pero todos con población de gran altura, que diagnostican la anemia por medio de los marcadores establecidos en países de altos ingresos y altitudes menores. Sin embargo, estudios recientes en la rama de la

genética, han observado que la población de altura de estos tres países difiere en múltiples aspectos genotípicos (11–14).

Por ejemplo, se ha observado que hay una mayor concentración de hemoglobina y un mayor porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en la población altoandina, en contraste con la tibetana de altitud similar; o bien se ha observado que las etnias que viven en gran altitud en Etiopía no difieren de la población etíope a nivel del mar en estos mismos rasgos. Sin embargo, no se observó heredabilidad de la concentración de hemoglobina en Perú, pero sí en China (11). Esta evidencia apunta a que los pobladores de la misma altitud de Perú, Etiopía y China requieren ser evaluados por baremos de ajuste totalmente diferentes y personalizados si se desea obtener una comprensión más plena de la prevalencia de la anemia en estos lugares. Esto se hace más evidente cuando se analizan otros biomarcadores relevantes, como en el estudio de Gonzales et al. (15), que observó que en la población de altura peruana el diagnóstico de anemia en niños no se correlacionaba con los niveles de hierro, siendo normales en un gran porcentaje de los casos. Un estudio similar se hizo en Etiopía (16), donde se encontró una prevalencia de 28,3% de anemia en hombres adultos, y 48,5% en mujeres adultas, pobladores de altura de dos etnias diferentes, pero al evaluar los niveles de hierro, ninguno calificaba para el diagnóstico de anemia. Esto muestra una sobreestimación del 100% de la muestra calificada como anémica.

Así mismo, dos poblaciones de altura similar, pero etnias distintas muestra ajustes diferentes a la altitud (16), lo que demuestra que incluso dentro de un mismo país no se puede esperar resultados consistentes en todas las edades, sexos, etnias y altitudes, pues toda la evidencia apunta a que no hay un estándar de oro para

diagnosticar la anemia (15,17). Algo similar podría ocurrir con dos poblaciones del mismo nivel socioeconómico, pero diferentes altitudes, con lo cual la altitud pasaría a ser un modificador de efecto de la relación conocida entre la anemia y el nivel socioeconómico.

La altitud es, entonces, un factor geográfico que modifica la presión atmosférica y, por ende, la disponibilidad de oxígeno, siendo cada vez menor mientras más se asciende; presentando de esta manera un escenario peculiar para el ser humano. En poblaciones que residen a altitudes elevadas, la respuesta fisiológica a la hipoxia (falta de oxígeno) conduce a una mayor producción de hemoglobina para facilitar el transporte de oxígeno (18). También se sabe que la altura, o en todo caso la anoxemia asociada a esta, se relaciona con una mayor actividad hematopoyética (19), de la misma forma que se ha encontrado evidencia de que la altitud está asociada también a aumentos significativos de los valores de ferritina en sangre (20), y que la hepcidina sérica no tiene variaciones con respecto al nivel del mar (21), todo lo cual podría explicar por qué los pobladores de altura diagnosticados con anemia debido a los factores de corrección en realidad no muestran sintomatología asociada.

Desde hace décadas, se ha establecido que existe una relación inversamente proporcional entre la prevalencia de la anemia y el nivel socioeconómico de las poblaciones, lo que quiere decir que a menores ingresos promedio de una población, mayores índices de anemia en los habitantes de esta, y viceversa. Este fenómeno ha sido objeto de atención en la literatura científica (22–27). La conexión entre factores socioeconómicos y la presencia de esta condición puede atribuirse a múltiples variables, incluyendo la falta de acceso a una dieta nutritiva, la inseguridad

alimentaria, las parasitosis intestinales, la falta de acceso al sistema de salud y las condiciones de vida precarias que a menudo acompañan a niveles más bajos de ingresos.

Se esperaría que la gradiente de anemia y nivel socioeconómico se mantenga a diferentes altitudes. Una desaparición de esta gradiente a mayores alturas podría significar por un lado que un mejor nivel socioeconómico no garantiza un mejor acceso a la alimentación y servicios de salud adecuados en la altura, pero, por otro lado, y con mayor plausibilidad, podría deberse a un sobrediagnóstico de anemia en la altura. La estrategia que usaremos para evaluar si la gradiente cambia significativamente con la altura es evaluando el rol de la altura como modificador de efecto para la relación entre nivel socioeconómico y altura.

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el rol de la altitud como modificador de efecto en la asociación entre el nivel de anemia y el nivel socioeconómico, a través de un análisis de la encuesta ENDES 2022.

Objetivos específicos:

1. Determinar la prevalencia de los niveles de anemia en la muestra de estudio de la ENDES 2022.
2. Determinar la prevalencia de los niveles de anemia según altitud en el Perú en la muestra de estudio de la ENDES 2022.
3. Determinar la prevalencia de los niveles de anemia según el nivel socioeconómico en la muestra de estudio de la ENDES 2022.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

El presente estudio fue transversal analítico.

Población

La población que se tomó en cuenta fue el total de 20780 niños entre 6 y 59 meses que participaron en la ENDES 2022.

Criterios de inclusión:

- Incluye a todos los encuestados por la ENDES entre 6 a 59 meses que tengan resultados de Hemoglobina, nivel socioeconómico y altitud de conglomerado.

Criterios de Exclusión

- Ninguno.

Muestra

La muestra estuvo conformada por 20294 niños de 6 a 59 meses de edad, que cumplieron con los criterios de inclusión, según la ENDES 2022 por el INEI.

Definición operacional de variables

Las variables se dividieron en las siguientes categorías: edad, sexo, anemia, severidad de anemia, quintil de riqueza y altitud. Cada una de ellas, se encuentra detallada en el Anexo 1.

Procedimientos y técnicas

Para ejecutar el presente estudio, se utilizó la técnica de recolección de datos del análisis documental y el instrumento de recolección de datos de la ficha de registro documental, en donde se indican los ítems que se tomaron en cuenta de la ENDES 2022. Por ser un instrumento del tipo ficha de registro documental, es decir, que cuenta con información previamente recolectada por terceros, no se toman en cuenta los indicadores de confiabilidad y validez.

Plan de análisis

Los datos se analizaron utilizando el programa Stata v.17. Según los objetivos del estudio, se construirá tablas de frecuencias y porcentajes con sus respectivos intervalos al 95% de confianza.

Para evaluar la significancia estadística de la gradiente de anemia en los diferentes niveles socioeconómicos se utilizó la regresión de Poisson. Para evaluar la modificación de este efecto como consecuencia de las variaciones altitudinales, se construyó un término de interacción entre altitud y nivel socioeconómico. La significancia de este término será un indicador de modificación de efecto.

Consideraciones éticas

Este estudio se basó en un análisis secundario de datos de acceso público recopilados en la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar - ENDES 2022. El estudio primario cumplió con las consideraciones éticas, al obtener un consentimiento previo a realizar el cuestionario y al mantener el anonimato de los participantes. Además, los investigadores principales de este estudio no establecieron contacto directo con los encuestados.

Asimismo, cabe resaltar que este estudio respeta los principios bioéticos de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. No representa ningún riesgo para la seguridad de los participantes al haberse utilizado encuestas anónimas.

Este estudio fue registrado en SIDISI y sometido a revisión y aprobación por las instancias adecuadas de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y el Comité Institucional de Ética e Investigación (CIEI). Una vez obtenido la aprobación bajo la categoría de exento, se hizo el análisis de los datos.

IV. RESULTADOS

El Cuestionario de Salud de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) del año 2022 contó con la participación de 20780 individuos entre 6-59 meses, de las cuales solo se incluyeron 20294, luego de aplicar los criterios de inclusión.

La Tabla 1 muestran que el 52.52% de los niños evaluados en la encuesta ENDES residen en hogares ubicados entre 0 y 500 msnm. A esta cifra le siguen un 20.36 % que vive en áreas entre 2301 y 3500 msnm, un 16.42 % que vive entre los 501 y 2300 msnm y un 10.7 %, habita en altitudes superiores a los 3500 msnm. Respecto al nivel socioeconómico, casi un tercio (31.57%) de los niños son del quintil 1 y 26.69% son del quintil 2. Además, solo el 13.50% y el 8.76%, respectivamente, se encontraron en los quintiles 4 y 5. En relación con el sexo, la distribución es relativamente equitativa, con un 51.70% de varones

Según la Tabla 1, del total de niños evaluados en la encuesta ENDES 2022, el 36.12% presentaron anemia. Dentro del grupo de aquellos que sí presentaron anemia, la mayoría fueron casos leves (25.21%), seguidos por casos de anemia moderada (10.77%), mientras que los casos graves representaron una proporción muy baja (0.14%).

De acuerdo con los datos de la Tabla 2, en altitudes inferiores a 500 msnm, la mayoría de los niños (65.31%) no presenta anemia. Para aquellos que sí la tienen, en su mayoría es de forma leve (24.96%). Conforme incrementa la altitud, disminuye el porcentaje de niños sin anemia, siendo de 74.07% entre 500-2300 msnm; 62.38% entre 2300-3500 msnm y solo 44.11% a más de 3500 msnm.

Simultáneamente, se observa un incremento del porcentaje de niños con anemia leve y moderada a mayores alturas. Por ejemplo, la anemia moderada llega a 22.24% en alturas mayores de 3500 msnm, mientras que en niveles <500 msnm era solo de 9.69%.

La Tabla 3, presenta una distribución detallada de la muestra según el índice de riqueza y la altitud. Se observa que el quintil de pobreza 1 representa un 19.49% de los preescolares que habitan altitudes entre 0-500 msnm, mientras que en altitudes mayores de 3500 msnm los individuos que se encuentran en el quintil 1 son un 58.93%

Según la Tabla 4, en los hogares de quintil 1, el 52.52% de los niños no presentan anemia, mientras que el 30.85% muestra anemia leve, el 16.45% anemia moderada y solo un 0.19% anemia grave. En el estrato de hogares de quintil 2, más de un tercio de los niños (37.2%) tienen anemia, siendo la forma leve la más común, presente en el 26.38% de los casos. La situación mejora ligeramente en los hogares de quintil 3, donde el 30.0% de los niños están anémicos, siendo la anemia leve la más predominante, presente en el 22.02% de los casos. Por otro lado, en los hogares de quintil 4 y 5, el 74.19% y el 79.29% de los niños, respectivamente, no presentan anemia.

La Tabla 5, muestra los resultados del análisis de regresión de Poisson bivariado y multivariado para examinar la relación entre la presencia de anemia y los tres predictores: el índice de riqueza, altitud y sexo. En el análisis bivariado se observaron asociaciones estadísticamente significativas para todas las categorías evaluadas. La razón de prevalencia (RP) en el quintil 2 fue de 0.78, lo que significa que en este quintil tendría un 22% $((1 - 0.78) * 100\%)$ menor prevalencia de anemia

en comparación del quintil 1 (referencia), de igual manera podemos inferir en los subsiguientes quintiles, cuyas RP fueron de 0.63, 0.54 y 0.43 para el quintil 3, 4 y 5 respectivamente. En cuanto a las categorías de altitud, observamos que la categoría de altitud de 501-2300 muestra una RP de 0.74, lo que indica que la prevalencia de la anemia es más baja que la categoría de referencia. Por otro lado, la categoría de altitud de 2301 - 3500 tiene una RP de 1.08, lo que sugiere que la prevalencia es ligeramente más alta que la de la categoría de referencia. La categoría de altitud superior a 3.500 msnm muestra una RP de 1.61, lo que indica que la prevalencia de la anemia es bastante mayor en esta altitud comparada con la categoría de referencia. En resumen, estos resultados muestran una relación significativa entre la altitud y la prevalencia de la anemia, con mayores alturas correlacionadas con mayores tasas de anemia, especialmente a superiores a 3500. En cuanto al sexo femenino, la RP es de aproximadamente 0.91 ($p < 0.001$). Esto indica que las mujeres tienen una prevalencia de anemia menor que la de los varones. El análisis multivariado muestra resultados similares a los del bivariado, con la excepción de la categoría de altitud de “2301 – 3500 msnm”, que pasó de tener una asociación positiva con anemia (RP=1.08) a tener una asociación negativa (RP=0.94). En resumen, estos hallazgos indican que, después de controlar por las demás variables en el modelo, menor altitud, mayor riqueza y el sexo femenino están asociados significativamente a menor prevalencia de anemia. Al modelo multivariado previamente presentado se le agregó un término de interacción entre las variables *Altitud e Índice de riqueza*. El valor de p para la significancia de esta variable, evaluado mediante la prueba “Likelihood ratio test”, fue < 0.001 , lo que significa

que el efecto de la riqueza es significativamente diferente a diferentes altitudes. En respuesta a este hallazgo, debemos presentar resultados estratificados según altitud.

La Tabla 6 muestra la asociación entre Nivel de riqueza y anemia, ajustado por sexo y estratificado según altitud. En alturas menores de 3500 msnm, se observa una disminución significativa en la probabilidad de anemia según mejora la riqueza. Por ejemplo, para altitudes ≤ 500 msnm, en comparación con el quintil "1" (considerada como referencia), las personas en las categorías "2", "3", "4" y "5" tienen RP significativamente menores (0.68, 0.53, 0.46 y 0.37 respectivamente), indicando una asociación estadísticamente significativa ($p < 0.001$). El comportamiento es similar para los rangos de altitud 501-2300 msnm y 2301-3500 msnm. Para quienes residen por encima de los 3500 msnm, la prevalencia de anemia no se reduce significativamente conforme aumenta el quintil de riqueza.

Finalmente, la figura 1. muestra como la caída en la prevalencia de anemia conforme sube el nivel de riqueza, es similar para las 3 categorías inferiores de altitud, pero esta caída es poco perceptible para aquellos que viven por encima de los 3500 msnm, indicando que, en estos, un mejor nivel socioeconómico no logra prevenir la anemia según la definición actual usada para esta enfermedad.

V. DISCUSIÓN

Los resultados indican que la prevalencia de anemia infantil a nivel nacional según la encuesta ENDES 2022 alcanzó 36.12%; es decir, 3 de cada 10 niños del Perú padece la enfermedad, lo cual es alarmante y está muy por encima de naciones desarrolladas (10). Se ha planteado en la literatura que estas cifras podrían sobreestimarse por la posible inadecuación del método de ajuste en el nivel de hemoglobina usado para el diagnóstico en pisos altitudinales altos (5, 6, 9). El 25.21 % de los casos se catalogaron como leves, el 10.77 % se consideraron moderados y el 0.14 % graves, lo que implica el enorme desafío pendiente en salud pública.

Se encontró que, a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, también lo hacen los porcentajes de niños afectados. Este resultado se corresponde con las preocupaciones sobre la validez de los factores de corrección por altura, que podrían sobreestimar el número de casos según métodos de ajuste del nivel de hemoglobina producidos en el extranjero (6, 9).

Similarmente, se halló una asociación negativa entre la anemia y el nivel socioeconómico del hogar. Aunque es un fenómeno reconocido por la literatura (22-27), la mayor incidencia de formas moderadas y graves de anemia en los estratos socioeconómicos más bajos podría indicar limitaciones en el acceso a nutrientes esenciales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que sin mediciones nutricionales simultáneas, no se puede confirmar la presencia de deficiencias específicas (15, 16).

Por otra parte, los resultados destacan una clara asociación entre el nivel socioeconómico y la prevalencia de anemia, evidenciando una disminución del

riesgo de padecer la enfermedad en hogares con mejores condiciones económicas lo cual coincide con la literatura previa (22-27). Esta tendencia reflejaría que factores como la inseguridad alimentaria, acceso limitado a dietas nutritivas y falta de acceso a servicios de salud son determinantes clave de la anemia en poblaciones de bajos ingresos. Sin embargo, al considerar la altitud, la relación entre anemia y nivel socioeconómico desaparece. Si bien hasta los 3500 msnm esta asociación inversa es clara, a partir de esta altura pierde significancia. Esto, asociado a las fallidas intervenciones de salud pública para disminuir la prevalencia de anemia, nos podría dar un indicio de que muy probablemente no se esté haciendo un buen diagnóstico etiológico o en su defecto un sobrediagnóstico. En conclusión, este estudio subraya la importancia de revisar y mejorar los criterios de diagnóstico, especialmente en lo que respecta al ajuste de hemoglobina en regiones de gran altitud como Perú. Los hallazgos sugieren la necesidad de considerar un factor de corrección específico para estas altitudes, desafiando las prácticas actuales y destacando la relevancia de investigaciones locales para una atención médica más precisa y efectiva en poblaciones expuestas a condiciones ambientales distintivas, como se ha visto en estudios que proponen un factor de corrección en nuestro contexto pues el ajuste que tradicionalmente se usa Centers for Disease Control and Prevention (CDC), podrían generar una mayor prevalencia por un sobrediagnóstico (6). Es crucial considerar las limitaciones de este estudio, puede que el nivel socioeconómico no asegure el acceso a la salud y la calidad de la alimentación en áreas de mayor altitud. Estas variables podrían afectar los resultados y deben ser consideradas en futuras investigaciones.

Así mismo otra limitación del estudio fue la escasa población por encima de los 4000 msnm, como ya se mencionó previamente se tuvo que "colapsar" las categorías con el fin de incluir los individuos que habitan a estas alturas.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Los hallazgos en la encuesta ENDES 2022 revelan que el efecto del nivel socioeconómico en la prevalencia de anemia varía con la altitud, particularmente por encima de los 3500 msnm. Pasado ese umbral no hay una disminución significativa de la prevalencia de anemia infantil en estratos socioeconómicos altos. Esto es un indicador indirecto de que los criterios de diagnóstico actuales de anemia en estas altitudes podrían no ser los adecuados.
- 2) La prevalencia general de anemia infantil fue del 36.12%. La mayoría de los casos se consideraron leves (25.21 %), seguidos de anemia moderada (10.77 %), y los casos graves fueron escasos, una fracción mínima (0.14 %).
- 3) Se observó una tendencia al aumento en la prevalencia de anemia con la altitud, lo que podría indicar la necesidad de validar los ajustes por altura actualmente empleados en el diagnóstico.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Se sugiere reforzar el diagnóstico y seguimiento de casos leves de anemia infantil para confirmar la existencia de la enfermedad y evitar sobreestimaciones en su prevalencia.
- 2) Se Sugiere investigaciones futuras que se centren en el desarrollo de un mejor ajuste de hemoglobina, utilizando un factor de corrección específico para las altitudes elevadas a esta población de 6 – 59 meses, teniendo en cuenta las condiciones ambientales distintivas de estas áreas y su impacto en el diagnóstico de enfermedades relacionadas con la hemoglobina.
- 3) Se recomienda que futuras investigaciones incorporen el análisis de factores socioeconómicos y de calidad de la alimentación de los preescolares en áreas de alta altitud, para comprender mejor su influencia en los resultados de salud y en el diagnóstico de enfermedades.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. who.int. 2023. Anemia. Available from: https://www.who.int/es/health-topics/anaemia#tab=tab_3
2. Organización Panamericana de la Salud. paho.org. 2020. Las nuevas orientaciones de la OMS ayudan a detectar la carencia de hierro y a proteger el desarrollo cerebral. Available from: <https://www.paho.org/es/noticias/4-4-2020-nuevas-orientaciones-oms-ayudan-detectar-carencia-hierro-proteger-desarrollo>
3. Larson LM, Kubes JN, Ramírez-Luzuriaga MJ, Khishen S, H. Shankar A, Prado EL. Effects of increased hemoglobin on child growth, development, and disease: a systematic review and meta-analysis. *Ann N Y Acad Sci.* 2019 Aug 3;1450(1):83–104.
4. González G. Diagnóstico de la anemia. In: Colegio Médico del Perú, editor. La anemia infantil en el Perú: situación y retos, una nueva perspectiva [Internet]. Colegio Médico del Perú; 2023. p. 155–80. Available from: <https://www.cmp.org.pe/wp-content/uploads/2023/11/INFORME-DEL-SEMINARIO-LA-ANEMIA-INFANTIL-EN-EL-PERU.pdf>
5. Garcia-Casal MN, Pasricha S, Sharma AJ, Peña-Rosas JP. Use and interpretation of hemoglobin concentrations for assessing anemia status in individuals and populations: results from a WHO technical meeting. *Ann N Y Acad Sci.* 2019 Aug 21;1450(1):5–14.
6. Bartolo-Marchena M, Pajuelo-Ramírez J, Obregón-Cahuaya C, Bonilla-Untiveros C, Racacha-Valladares E, Bravo-Rebatta F. Propuesta de factor de corrección a las

mediciones de hemoglobina por pisos altitudinales en menores de 6 a 59 meses de edad, en el Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2017 Nov 30;78(3):281.

7. Centers for Disease Control and Prevention. Current Trends CDC Criteria for Anemia in Children and Childbearing-Aged Women. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* [Internet]. 1989;38(22):400–4. Available from: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00001405.htm>
8. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES 2022. Nacional y departamental [Internet]. INEI; 2023. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1898/libro.pdf
9. Gonzales G, Caballero L, Vásquez-Velásquez C. Anemia y estado de hierro en pobladores de la altura. In: Gonzales G, editor. *Anemia gestacional, anemia de enfermedades crónicas y sobrecarga de hierro* [Internet]. Academia Nacional de Medicina de Perú; 2022. p. 19–64. Available from: https://www.researchgate.net/publication/373015623_Anemia_y_estado_de_hierro_en_pobladores_de_la_altura
10. Camaschella C. Iron deficiency. *Blood*. 2019 Jan 3;133(1):30–9.
11. Beall CM. Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Integr Comp Biol*. 2006 Jan 6;46(1):18–24.
12. Alkorta-Aranburu G, Beall CM, Witonsky DB, Gebremedhin A, Pritchard JK, Di Rienzo A. The Genetic Architecture of Adaptations to High Altitude in Ethiopia. *PLoS Genet*. 2012 Dec 6;8(12):e1003110.

13. Gassmann M, Mairbäurl H, Livshits L, Seide S, Hackbusch M, Malczyk M, et al. The increase in hemoglobin concentration with altitude varies among human populations. *Ann N Y Acad Sci.* 2019 Aug 30;1450(1):204–20.
14. Barrera-Reyes PK, Tejero ME. Genetic variation influencing hemoglobin levels and risk for anemia across populations. *Ann N Y Acad Sci.* 2019 Aug 5;1450(1):32–46.
15. Gonzales GF, Begazo J, Alarcón-Yaquetto DE. Suitability of Haemoglobin Adjustment to Define Anaemia at High Altitudes. *Acta Haematol.* 2020;143(5):511–2.
16. Sarna K, Gebremedin A, Brittenham GM, Beall CM. WHO hemoglobin thresholds for altitude increase the prevalence of anemia among Ethiopian highlanders. *Am J Hematol.* 2018 Sep 7;93(9).
17. Mairbäurl H, Gassmann M, Muckenthaler MU. Geographical ancestry affects normal hemoglobin values in high-altitude residents. *J Appl Physiol.* 2020 Dec 1;129(6):1451–9.
18. Gonzales G, Tapia V. Hemoglobina, hematocrito y adaptación a la altura: su relación con los cambios hormonales y el periodo de residencia multigeneracional. *Revista Med [Internet].* 2007;15(1):80–93. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v15n1/v15n1a10.pdf>
19. Hurtado A, Merino C, Delgado E. Influence of anoxemia on the hemopoietic activity. *Arch Intern Med.* 1945 May 1;75(5):284.

20. Staub K, Haeusler M, Bender N, Morozova I, Eppenberger PE, Panczak R, et al. Hemoglobin concentration of young men at residential altitudes between 200 and 2000m mirrors Switzerland's topography. *Blood*. 2020 Feb 10;
21. Gonzales GF, Fano D, Vásquez Velásquez C. Necesidades de investigación para el diagnóstico de anemia en poblaciones de altura. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2017 Dec 12;34(4):699.
22. Ngui R, Lim Y, Chong L, Sek C, Jaffar S. Association between Anaemia, Iron Deficiency Anaemia, Neglected Parasitic Infections and Socioeconomic Factors in Rural Children of West Malaysia. *PLoS Negl Trop Dis*. 2012 Mar 6;6(3):e1550.
23. Moradi S, Arghavani H, Issah A, Mohammadi H, Mirzaei K. Food insecurity and anaemia risk: a systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutr*. 2018 Nov 19;21(16):3067–79.
24. Yang F, Liu X, Zha P. Trends in Socioeconomic Inequalities and Prevalence of Anemia Among Children and Nonpregnant Women in Low- and Middle-Income Countries. *JAMA Netw Open*. 2018 Sep 28;1(5):e182899.
25. Iglesias Vázquez L, Valera E, Villalobos M, Tous M, Arija V. Prevalence of Anemia in Children from Latin America and the Caribbean and Effectiveness of Nutritional Interventions: Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2019 Jan 16;11(1):183.
26. Belachew A, Tewabe T. Under-five anemia and its associated factors with dietary diversity, food security, stunted, and deworming in Ethiopia: systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2020 Dec 12;9(1):31.

27. Shimanda P, Amukugo H, Norström F. Socioeconomic factors associated with anemia among children aged 6-59 months in Namibia. *J Public Health Afr.* 2020 Apr 29;11(1):1131.
28. MINSA. RM N° 250-2017 MINSA NORMA TÉCNICA DE SALUD PARA EL MANEJO TERAPÉUTICO Y PREVENTIVO DE LA ANEMIA EN NIÑOS, ADOLESCENTES, MUJERES GESTANTES Y PUÉRPERAS [Internet]. 2017. Available from: <https://anemia.ins.gob.pe/rm-ndeg-250-2017-minsa>

VIII. TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Características de la muestra

VARIABLES	n (%)
Altitud	
0-500	10659 (52.52)
501-2300	3332 (16.42)
2301-3500	4131 (20.36)
>3500	2172 (10.70)
Quintil de riqueza	
1	6432 (31.69)
2	5433 (26.77)
3	3970 (19.56)
4	2716 (13.38)
5	1743 (8.59)
Sexo	
Hombre	10493 (51.70)
Mujer	9801(48.30)
Nivel de anemia	
Sin anemia	12964 (63.88)
Leve	5177 (25.21)
Moderado	2185 (10.77)
Severo	28 (0.14)
Total	20294

Tabla 2. Nivel de anemia en niños vs Altitud ENDES 2022

Nivel de anemia					
Altitud (msnm)	Grave	Moderada	Leve	Sin anemia	Total
0 - 500	4 (0.04)	1033(9.69)	2661 (24.96)	6,961 (65.31)	10659 (100)
501 - 2300	6 (0.18)	229 (6.87)	629 (18.88)	2,468 (74.07)	3332 (100)
2301 - 3500	7 (0.17)	440(10.65)	1107 (26.8)	2,577 (62.38)	4,131 (100)
>3500	11 (0.51)	483(22.24)	720 (33.15)	958 (44.11)	2172 (100)
Total	28 (0.14)	2185(10.77)	5117 (25.21)	12,964 (63.88)	20294 (100)

Tabla 3. Quintil de riqueza vs Altitud ENDES 2022

Altitud (msnm)					
Quintil de riqueza	0 - 500	501 - 2300	2301 - 3500	>3500	Total
1	2077 (19.49)	1228(36.85)	1847 (44.71)	1280 (58.93)	6432 (31.69)
2	2.927 (27.46)	978(29.35)	1024 (24.79)	504 (23.20)	5433 (26.77)
3	2525 (23.69)	593(17.80)	613 (14.84)	239 (11.00)	3970 (19.56)
4	1871 (17.55)	362(10.86)	364 (8.81)	119 (5.48)	2716 (13.38)
5	1259 (11.81)	171 (5.13)	283 (6.85)	30 (1.38)	1743 (8.59)
Total	10659 (100.00)	3332(100)	4131 (100.00)	2172 (100)	20294 (100)

Tabla 4. Nivel de anemia en niños vs Quintil de riqueza ENDES 2022

Quintil de riqueza	Nivel de anemia				Total
	Grave	Moderada	Leve	Sin anemia	
1	12 (0.19)	1,058 (16.45)	1,984 (30.85)	3378 (52.52)	6432 (100)
2	9 (0.17)	581 (10.69)	1,433 (26.38)	3410 (62.76)	5433 (100)
3	6 (0.15)	311 (7.83)	874 (22.02)	2779 (70.00)	3970 (100)
4	1 (0.04)	165 (6.08)	535 (19.70)	2015 (74,19)	2716 (100)
5	0 (0.00)	70 (4.02)	291 (16.70)	1382 (79.29)	1173 (100)
Total	28 (0.14)	2185 (10.77)	5117 (25.21)	12964 (63.88)	20294 (100)

Tabla 5. Regresión de Poisson: Análisis bivariado vs multivariado

Variables	Bivariado			Multivariado		
	RP	IC 95%	p	RP	IC 95%	p
Quintil de riqueza						
1	Referencia					
2	0.784	(0.74-0.82)	<0.001	0.80	(0.75-0.85)	<0.001
3	0.631	(0.59-0.67)	<0.001	0.64	(0.60-0.69)	<0.001
4	0.543	(0.50-0.59)	<0.001	0.55	(0.51-0.60)	<0.001
5	0.436	(0.39-0.48)	<0.001	0.44	(0.39-0.49)	<0.001
Altitud (msnm)						
0-500	Referencia					
501-2300	0.747	(0.69-0.80)	<0.001	0.66	(0.62-0.72)	<0.001
2301-3500	1.084	(1.02-1.15)	0.007	0.94	(0.89-1.00)	<0.001
>3500	1.611	(1.50-1.71)	<0.001	1.31	(1.22-1.40)	<0.001
Sexo						
Hombre	Referencia					
Mujer	0.91	(0.87-0.96)	<0.001	0.91	(0.87-0.95)	<0.001

*RP: Razón de prevalencias

*IC: Intervalo de confianza

Tabla 6. Efecto del nivel de riqueza en la prevalencia de anemia en niños de 6-59 meses según altitud del lugar de residencia

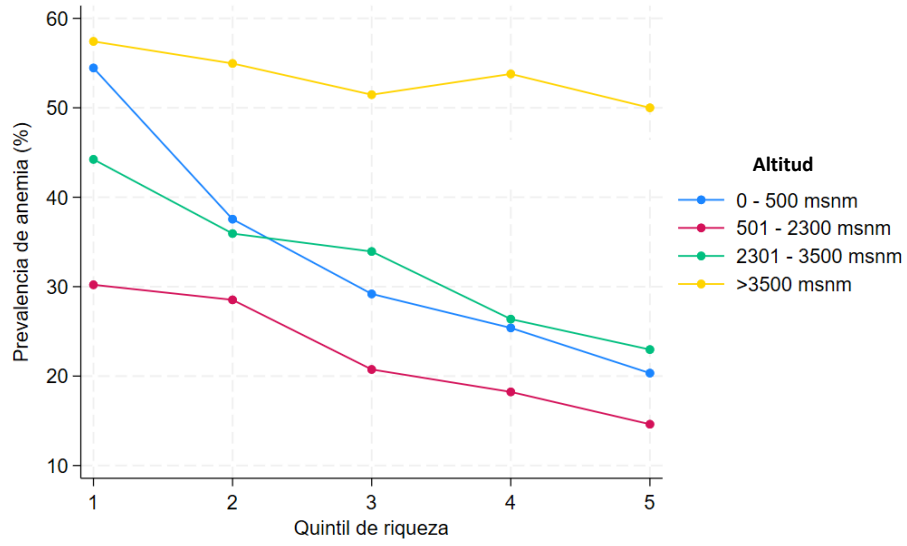
Quintil de pobreza	RP	IC 95%	p
Altitud: 0 – 500 msnm			
1	Referencia	(0.63-0.74)	<0.001
2	0.68	(0.48-0.58)	<0.001
3	0.53	(0.41-0.51)	<0.001
4	0.46	(0.32-0.42)	<0.001
5	0.37		
Altitud: 501 –2300 msnm			
1	Referencia		
2	0.94	(0.80-1.10)	0.47
3	0.68	(0.55-0.84)	<0.001
4	0.60	(0.46-0.78)	<0.001
5	0.48	(0.32-0.72)	<0.001
Altitud: 2301 – 3500 msnm			
1	Referencia		
2	0.81	(0.71-0.91)	0.001
3	0.76	(0.65-0.89)	0.001
4	0.59	(0.48-0.73)	<0.001
5	0.51	(0.40-0.66)	<0.001
Altitud: > 3500 msnm			
1	Referencia		
2	0.96	(0.83-1.10)	0.579
3	0.89	(0.74-1.08)	0.273
4	0.93	(0.72-1.20)	0.614
5	0.87	(0.52-1.45)	0.607

*Ajustado por sexo

RP: Razón de prevalencias

IC: Intervalo de confianza

Figura 1. Prevalencias de anemia vs Quintil de riqueza



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPOS	ESCALA	VALORES
Edad	Meses cumplidos de vida del encuestado.	Número de meses de vida cumplidos desde el nacimiento de los encuestados por la ENDES 2022.	Cuantitativa	Discreta (meses)	6:59 meses
Sexo	Condición de un organismo que distingue entre masculino y femenino	Condición de un organismo que distingue entre masculino y femenino de los encuestados por la ENDES 2022.	Cualitativa	Nominal	Hombre Mujer
Anemia	Disminución de la concentración de hemoglobina en sangre a valores que están por debajo del valor límite determinado por la OMS	Nivel de hemoglobina menor a 11 g/dl, según nivel ajustado a la altitud*, de acuerdo con los datos recabados por la ENDES 2022.	Cualitativa	Nominal	Con anemia: < 11 g/dl Sin anemia: ≥ 11 g/dl
Severidad de anemia	Grados de severidad de anemia	Grados de severidad de anemia, según su nivel de hemoglobina ajustado* de acuerdo con los datos recolectados por la ENDES 2022.	Cualitativa	Nominal	Leve: 10 – 10.9 g/dl Moderado: 7 – 9.9 g/dl Grave: < 7g/dl
Quintil de riqueza	Posición que se obtiene en la sociedad a través de los recursos económicos que posee.	Ubicación en uno de los cinco quintiles de riqueza de acuerdo con la evaluación del índice de bienestar usada en el cuestionario individual REC 0111 de la ENDES 2022	Cualitativa	Ordinal	1 2 3 4 5
Altitud (Potencial modificador de efecto)	Altura de un punto con relación al nivel del mar expresado en metros sobre el nivel del mar (msnm)	Altitud del conglomerado de acuerdo con los datos recabados por la ENDES 2022	Cualitativa	Ordinal	0-500 msnm 501-2300 msnm 2301 – 3500 msnm > 3500 msnm**

* $Hb_{corregida} = Hb_{medida} - \text{Factor de ajuste por altitud}$. Para ajustar los valores de hemoglobina en la altura, se utiliza la fórmula indicada en la RM N.º 250-2017 MINSA, la cual es también la fórmula propuesta por la CDC. (28)

** Para la estratificación de las altitudes nos basamos en la estratificación según el declive oriental de los pisos altitudinales que usan la ENDES 2022. Debido a la escasa población por encima de los 4000 msnm, las categorías de 3501 – 4000 msnm y > 4000 msnm fueron colapsados con la categoría 3501 – 4000 msnm, resultando una sola categoría de >3500 msnm