



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

FACTORES PREDISPONENTES DE LA ERITROCITOSIS PATOLÓGICA DE ALTURA EN POBLADORES DEL CENTRO POBLADO LUNAR DE ORO

**PREDISPOSING FACTORS OF PATHOLOGICAL
ERYTHROCYTOSIS AT HIGH ALTITUDE IN RESIDENTS
OF THE LUNAR DE ORO POPULATION CENTER**

Yuri William Mendiola Espinoza
Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Perú

Waldir Pachari Díaz
Universidad Nacional del Altiplano, Perú

Christian Rogger Huanca Ramos
Universidad Roosevelt, Perú

Lisbet Cotacallapa Ochoa
Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Perú

María Antonieta Loayza López
Universidad Nacional San Agustín, Perú

Miriam Verónica Chura Luque
Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Perú

Daysi Marilia Quispe Zapana
Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Perú

Marleny Ruth Barraza Cuno
Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Perú

Alex Machaca Surco
Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.20860

Factores Predisponentes de la Eritrocitosis Patológica de Altura en Pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro

Yuri William Mendiola Espinoza¹

Yurimendiolaw@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6848-1686>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez
Perú

Waldir Pachari Díaz

Waldirpd@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4793-7006>

Universidad Nacional del Altiplano
Perú

Christian Rogger Huanca Ramos

md.chistians.1999@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-4630-0410>

Universidad Roosevelt
Perú

Lisbet Cotacallapa Ochoa

lisochoa88@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-5470-9196>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez
Perú

María Antonieta Loayza López

maloayzal08@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3688-7419>

Universidad Nacional San Agustín
Perú

Miriam Veronica Chura Luque

mvchlsaid@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-4941-064X>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez
Perú

Daysi Marilia Quispe Zapana

dquispezapana@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-1816-8053>

Universidad Inca Garcilazo de la Vega
Perú

Marleny Ruth Barraza Cuno

marlenyruth9@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4681-0460>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez
Perú

Alex Machaca Surco

alexmacsur25@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-9952-0379>

Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez
Perú

¹ Autor principal

Correspondencia: Yurimendiolaw@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Determinar los factores personales, ambientales y clínicos asociados a la eritrocitosis patológica de altura (EPA) y su influencia en la salud de los habitantes del Centro Poblado Lunar de Oro, ubicado a más de 5,000 metros sobre el nivel del mar, en la región Puno, Perú. Métodos: Se realizó un estudio cuantitativo, analítico y correlacional, con diseño no experimental y de corte transversal. La muestra fue censal e incluyó a 200 pobladores residentes permanentes. La recolección de datos se efectuó mediante ficha clínica estructurada, resultados de hemograma automatizado y encuestas. Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Resultados: Los factores personales mostraron una relación significativa con la EPA: edad ($\chi^2 = 6,911$; $p = 0,032$), sexo ($\chi^2 = 6,867$; $p = 0,009$) y ocupación ($\chi^2 = 21,267$; $p = 0,003$). Entre los factores ambientales, el tiempo de residencia presentó asociación relevante ($\chi^2 = 13,765$; $p = 0,017$), siendo más afectados los pobladores con más de 25 años de permanencia. Asimismo, los factores clínicos, como el índice de masa corporal ($\chi^2 = 9,395$; $p = 0,024$), las enfermedades concomitantes ($\chi^2 = 12,413$; $p = 0,015$) y la sintomatología clínica ($\chi^2 = 15,038$; $p = 0,025$), mostraron relación estadísticamente significativa con los niveles de hemoglobina. Conclusiones: La EPA es un trastorno multifactorial influenciado por la exposición prolongada a hipoxia crónica, el sexo masculino, la edad adulta, la ocupación minera y la presencia de comorbilidades respiratorias.

Palabras clave: altitud, desadaptación a la altura, eritrocitosis, parámetros hematológicos



Predisposing Factors of Pathological Erythrocytosis at High Altitude in Residents of the Lunar de Oro Population Center

ABSTRACT

Objective: This study aimed to determine the personal, environmental, and clinical factors associated with pathological high-altitude erythrocytosis (PHAE) and their influence on the health of residents in the highland community of Lunar de Oro, located above 5,000 meters above sea level in Puno, Peru. **Methods:** A quantitative, analytical, and correlational study with a non-experimental and cross-sectional design was conducted on a census sample of 200 adult residents permanently living in the area. Data were collected through structured clinical records, hematological tests, and surveys. Statistical analysis was performed using Pearson's Chi-square test, with a significance level of $p < 0,05$. **Results:** The findings revealed statistically significant relationships between PHAE and several factors. Personal factors such as age ($\chi^2 = 6,911$; $p = 0,032$), sex ($\chi^2 = 6,867$; $p = 0,009$), and occupation ($\chi^2 = 21,267$; $p = 0,003$) influenced hemoglobin levels. Environmental factors, particularly residence time at high altitude, showed a strong association ($\chi^2 = 13,765$; $p = 0,017$). Likewise, health-related variables including body mass index ($\chi^2 = 9,395$; $p = 0,024$), comorbidities ($\chi^2 = 12,413$; $p = 0,015$), and clinical symptoms such as headache and paresthesia ($\chi^2 = 15,038$; $p = 0,025$) were significantly correlated with hemoglobin concentration. **Conclusions:** (PHAE) is a multifactorial disorder influenced by prolonged exposure to chronic hypoxia, male sex, adulthood, mining occupation, and the presence of respiratory comorbidities.

Keywords: altitude, altitude maladaptation, erythrocytosis, hematological parameters

Artículo recibido 20 octubre 2025

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025



INTRODUCCIÓN

La exposición prolongada a gran altitud representa un desafío fisiológico complejo para el organismo humano, debido a la reducción de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado. Esta condición genera hipoxia ambiental crónica y desencadena múltiples respuestas adaptativas, entre ellas la estimulación de la eritropoyesis, cuyo propósito es incrementar la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. Sin embargo, cuando esta respuesta compensatoria se torna excesiva, puede originar una eritrocitosis patológica o policitemia de altura, que en su forma severa se manifiesta como síndrome de montaña crónico (Alkhalidy et al., 2022; Mercado, 2010; Villafuerte & Corante, 2016).

La eritrocitosis patológica de altura (EPA) es una alteración hematológica crónica caracterizada por un aumento anormal de la hemoglobina y el hematocrito en individuos que habitan permanentemente en zonas de gran altitud, como consecuencia de la exposición prolongada a la hipoxia hipobárica (Noumani et al., 2024; A. L. Ricardo & Oscar, 2016). Esta respuesta adaptativa, si bien permite mantener la oxigenación tisular, puede convertirse en una condición desadaptativa que predispone a complicaciones cardiovasculares, neurológicas y metabólicas (Santos-Martínez et al., 2021; Villafuerte et al., 2025)

Diversos estudios han identificado factores predisponentes para el desarrollo de la EPA, entre los que destacan la falta de adaptación genética, la obesidad, las enfermedades pulmonares crónicas, la exposición ocupacional prolongada a ambientes hipóxicos y la residencia multigeneracional en la altura (Amaru et al., 2013; Ferrari et al., 2014; Gonzales & Tapia, 2007). Esta condición, también conocida como enfermedad de Monge, constituye un síndrome incapacitante de elevada prevalencia en poblaciones andinas y del altiplano, afectando aproximadamente entre el 5% y 10% de las personas que viven por encima de los 2,500 m s. n. m. (Villafuerte & Corante, 2016).

En el contexto peruano, donde cerca de un tercio de la población reside en altitudes superiores a los 3,000 m s. n. m., la prevalencia del mal crónico de montaña (CMS) oscila entre el 15% y 20% en adultos y puede alcanzar hasta el 30% en mayores de 60 años (Corante et al., 2018; Villafuerte et al., 2014). Estas cifras evidencian la magnitud del problema y su impacto en la salud y capacidad laboral de las comunidades andinas.



Pese a los avances en la comprensión fisiológica de la eritrocitosis de altura, existe un vacío de conocimiento sobre los factores personales, ambientales y clínicos que modulan su aparición en poblaciones específicas expuestas a hipoxia extrema, como las que residen por encima de los 5,000 metros de altitud. En este sentido, la presente investigación tiene como propósito determinar los factores predisponentes de la eritrocitosis patológica de altura y su influencia en la salud de los habitantes del Centro Poblado Lunar de Oro, considerando tanto las características demográficas y ocupacionales como las condiciones clínicas y ambientales que condicionan su desarrollo.

METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que se orientó al análisis objetivo de datos numéricos obtenidos mediante técnicas de medición estandarizadas, permitiendo describir, analizar y establecer relaciones entre variables observables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El tipo de investigación fue analítico y correlacional, ya que buscó identificar y explicar la relación entre diversos factores predisponentes personales, ambientales y de salud y la presencia de eritrocitosis patológica de altura (EPA) en los pobladores expuestos a condiciones de hipoxia crónica. Este tipo de diseño es apropiado cuando se pretende establecer asociaciones estadísticas entre variables sin manipulación experimental (Creswell & Creswell, 2018). El diseño de investigación fue no experimental, observacional y de corte transversal, en tanto que los datos fueron recolectados en un único momento temporal, sin alterar las condiciones naturales del fenómeno de estudio (Bernal, 2016). Este diseño permitió analizar las relaciones existentes entre las características individuales (edad, sexo, ocupación), ambientales (tiempo de residencia, altitud) y clínicas (índice de masa corporal, comorbilidades, parámetros hematológicos) con los niveles de hemoglobina registrados en la población participante. Su aplicación es común en investigaciones epidemiológicas en salud pública orientadas a la identificación de factores asociados o de riesgo (Grimes & Schulz, 2002).

La población de estudio estuvo conformada por 200 pobladores permanentes del Centro Poblado Lunar de Oro, ubicado en la región de Puno (Perú), a una altitud superior a los 5,000 metros sobre el nivel del mar, donde la exposición a la hipoxia ambiental es crónica y sostenida. Se trató de una muestra censal, puesto que se incluyó al total de habitantes disponibles y dispuestos a participar en el estudio durante el periodo de recolección de datos, sin recurrir a técnicas de muestreo probabilístico.



El uso de un muestreo censal es apropiado en contextos donde la población accesible es reducida y homogénea, o cuando el objetivo es obtener la mayor exactitud posible al representar a la totalidad de los sujetos del universo de estudio (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Además, en investigaciones epidemiológicas desarrolladas en comunidades de altura o zonas de difícil acceso, esta estrategia permite maximizar la validez interna y minimizar el sesgo de selección, al incluir a todos los individuos elegibles (Creswell & Creswell, 2018; Daniel, 2011).

Para la recolección de datos, se emplearon las siguientes técnicas:

Para la recolección de información se emplearon dos técnicas complementarias: la técnica observacional y la técnica de encuesta estructurada, con el propósito de obtener datos objetivos y subjetivos que permitan analizar los factores predisponentes de la eritrocitosis patológica de altura en los habitantes del Centro Poblado Lunar de Oro.

Los instrumentos utilizados fueron

- Ficha clínica individual estructurada.
- Resultados de hemograma automatizado (equipo hematológico digital).
- Equipos médicos básicos: tensiómetro aneroide, oxímetro de pulso, balanza digital, tallímetro.

Las consideraciones éticas fueron abordadas de acuerdo con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki. Se garantizó el consentimiento informado verbal y escrito, la confidencialidad de los datos personales y clínicos, y el respeto a la voluntariedad de participación. El proyecto contó con la aprobación de la dirección del establecimiento de salud local y fue supervisado por un profesional del área de salud pública.

Los criterios de inclusión

- Pobladores residentes permanentes del Centro Poblado Lunar de Oro (≥ 1 año de residencia).
- Edad ≥ 18 años.
- Consentimiento para participar.

Los criterios de exclusión fueron

- Pobladores con diagnóstico de enfermedades hematológicas crónicas no relacionadas a la altura.
- Personas que no aceptaron participar en el estudio.



Entre las limitaciones del estudio se reconoce que, al tratarse de un diseño transversal, no permite establecer causalidad directa entre los factores estudiados y la eritrocitosis, sino únicamente asociaciones. Asimismo, las condiciones ambientales extremas y la actividad minera dificultaron en algunos casos la estandarización de ciertas mediciones clínicas.

RESULTADOS

Tabla 1. Grupo etario y concentración de hemoglobina, Centro Poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Concentración Media			Hb. X	f _i	%
		Hb. X	f _i	%	Hb. X	f _i	%	Hb. X	f _i	%
Edad	Jóvenes	20,1	65	32,5%	16,7	6	3,0%	19,8	71	35,5%
		g/dL			g/dL			g/dL		
	Adultos	21,0	105	52,5%	16,5	17	8,5%	20,4	122	61,0%
		g/dL			g/dL			g/dL		
	Ancianos	20,7	4	2,0%	16,7	3	1,5%	19,0	7	3,5%
		g/dL			g/dL			g/dL		
Total		20,69	174	87,0 %	16,63	26	13,0 %	20,16	200	100,0%
		g/dL			g/dL			g/dL		

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$X^2_{cal} =$

6,911

$N. Sig. =$

0,032

$X^2_{tab} =$

5,991

$Gl =$

2

Interpretación

En la tabla 1, se presenta la relación entre el grupo etario y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro ($n = 200$). Los resultados muestran que el 61,0% de los participantes corresponde al grupo de adultos, quienes presentan, en su mayoría, niveles elevados de hemoglobina (21,0 g/dL), mientras que los jóvenes y ancianos representan el 35,5% y 3,5%, respectivamente. Dado que χ^2 calculado (6,911) > χ^2 tabular (5,991) y el p-valor = 0,032 < 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Esto indica que existe una relación estadísticamente significativa entre el grupo etario y la concentración de hemoglobina en los pobladores evaluados. Desde el aspecto fisiológico podríamos señalar que la edad influye en la respuesta eritropoyética frente a la hipoxia crónica, observándose mayores niveles de hemoglobina en adultos, quienes están expuestos por mayor tiempo a condiciones laborales y ambientales características de la gran altitud, en comparación con los jóvenes y ancianos.



Tabla 2. Sexo biológico y concentración de hemoglobina, Centro Poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Concentración Media			Hb. X	fi	%
		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%			
Sexo	Masculino	20,6 g/dL	165	82,5%	16,5 g/dL	21	10,5%	20,1 g/dL	186	93,0%
	Femenino	21,3 g/dL	9	4,5%	16,9 g/dL	5	2,5%	19,7 g/dL	14	7,0%
Total		20,69 g/dL	174	87,0 %	16,63 g/dL	26	13,0 %	20,16 g/dL	200	100,0%

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$X^2_{cal} = 6,867$ $N. Sig. = 0,009$

$X^2_{tab} = 3,841$ $Gl = 1$

Interpretación

La tabla 2, muestra la relación entre el sexo biológico y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro ($n = 200$). Se observa que el 93,0% de los participantes son de sexo masculino, de los cuales el 82,5% presenta niveles altos de hemoglobina (20,6 g/dL). En contraste, el grupo femenino representa el 7,0% de la población, con un 4,5% que evidencia concentraciones elevadas de hemoglobina (21,3 g/dL) y un 2,5 % con valores medios.

Dado que χ^2 calculado (6,867) > χ^2 tabular (3,841) y el p-valor = 0,009 < 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Por lo tanto, existe una relación estadísticamente significativa entre el sexo biológico y la concentración de hemoglobina en los pobladores evaluados.

Desde el punto de vista fisiológico, este hallazgo se explica porque los varones suelen presentar valores de hemoglobina más altos debido a una mayor masa muscular, niveles elevados de testosterona que estimula la eritropoyesis y una mayor exposición laboral a ambientes hipobáricos y actividades de esfuerzo físico intenso, como la minería.

En cambio, las mujeres presentan valores menores de hemoglobina por diferencias hormonales y pérdidas menstruales periódicas, factores que modulan la respuesta eritropoyética ante la hipoxia crónica.

Tabla 3. Ocupación y concentración de hemoglobina, Centro Poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Media Concentración			Hb. X	fi	%
Ocupación		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%
Minero interior		20,5 g/dL	127	63,5%	16,8 g/dL	14	7,0%	20,1 g/dL	141	70,5%
Almacenero		19,7 g/dL	3	1,5%	17,8 g/dL	2	1,0%	18,9 g/dL	5	2,5%
Chofer		23,5 g/dL	3	1,5%	16,2 g/dL	3	1,5%	19,8 g/dL	6	3,0%
Comerciante		20,6 g/dL	9	4,5%	-	0	0,0%	20,6 g/dL	9	4,5%
Mecánico		21,7 g/dL	2	1,0%	15,4 g/dL	2	1,0%	18,5 g/dL	4	2,0%
Operador de maquinas		21,6 g/dL	4	2,0%	17,0 g/dL	2	1,0%	20,0 g/dL	6	3,0%
Seguridad		21,6 g/dL	18	9,0%	15,7 g/dL	3	1,5%	20,7 g/dL	21	10,5%
Otras Actividades		20,0 g/dL	8	4,0%	-	0	0,0%	20,0 g/dL	8	4,0%
Total		20,69 g/dL	174	87,0%	16,63 g/dL	26	13,0%	20,16 g/dL	200	100,0%

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$$X^2_{cal} = 21,267 \quad N. Sig. = 0,003$$

$$X^2_{tab} = 18,475 \quad Gl = 7$$

Interpretación

La tabla 3, presenta la relación entre la ocupación y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro (n = 200). Se observa que la mayoría pertenece al grupo de mineros de interior, que representan el 70,5% del total, con una hemoglobina media de 20,5 g/dL, de los cuales el 63,5% presenta concentraciones altas de hemoglobina. En menor proporción se encuentran los trabajadores de seguridad (10,5%), comerciantes (4,5%) y operadores de máquinas (3,0%).

Al comparar ambos valores, se observa que χ^2 calculado (21,267) > χ^2 tabular (18,475) y que el p-valor = 0,003 < 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyéndose que existe una relación estadísticamente significativa entre la ocupación y la concentración de hemoglobina en los pobladores evaluados.

Así mismo podemos señalar que las actividades laborales intensas y de exposición prolongada a ambientes hipobáricos, como ocurre en los mineros de interior, favorecen una mayor respuesta eritropoyética compensatoria ante la hipoxia crónica. Este fenómeno incrementa la producción de eritrocitos y eleva los niveles de hemoglobina.



En contraste, ocupaciones menos expuestas o de menor demanda física como las labores de comercio o almacenamiento muestran valores más moderados de hemoglobina.

Tabla 4. Tiempo de residencia y concentración de hemoglobina, Centro Poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Concentración Media			Hb. X	fi	%
		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%			
Tiempo de residencia a gran altitud	Menos de 5 años	19,7 g/dL	28	14,0%	17,0 g/dL	10	5,0%	19,0 g/dL	38	19,0%
	De 6 a 10 años	20,6 g/dL	17	8,5%	17,2 g/dL	4	2,0%	19,9 g/dL	21	10,5%
	De 11 a 15 años	20,6 g/dL	12	6,0%	-	0	0,0%	20,6 g/dL	12	6,0%
	De 16 a 20 años	21,8 g/dL	11	5,5%	16,0 g/dL	3	1,5%	20,5 g/dL	14	7,0%
	De 21 a 25 años	20,4 g/dL	41	20,5%	17,0 g/dL	1	0,5%	20,3 g/dL	42	21,0%
	Mas de 25 años	21,0 g/dL	65	32,5%	16,0 g/dL	8	4,0%	20,5 g/dL	73	36,5%
Total		20,69 g/dL	174	87,0 %	16,63 g/dL	26	13,0 %	20,16 g/dL	200	100,0%

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$$X^2_{cal} = 13,765 \quad N. Sig. = 0,017$$

$$X^2_{tab} = 11,070 \quad Gl = 5$$

Interpretación

La tabla 4, muestra la relación entre el tiempo de residencia a gran altitud y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro (n = 200). Se observa que el 36,5% de los habitantes tiene más de 25 años de residencia, con una concentración promedio de hemoglobina de 21,0 g/dL, mientras que el 21,0 % reside entre 21 y 25 años, con una hemoglobina media de 20,4 g/dL. En contraste, los participantes con menos de 5 años de residencia presentan valores menores de hemoglobina (19,7 g/dL).

Al comparar los valores, se observa que χ^2 calculado (13,765) > χ^2 tabular (11,070) y el p-valor = 0,017 < 0,05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyéndose que existe una relación estadísticamente significativa entre el tiempo de residencia a gran altitud y la concentración de hemoglobina en los pobladores del estudio.

Desde el punto de vista fisiológico, este hallazgo se explica por la adaptación progresiva del organismo a la hipoxia crónica. La exposición prolongada a baja presión de oxígeno estimula la eritropoyesis compensatoria, mediada por el aumento de eritropoyetina (EPO) y la activación de los factores



inducibles por hipoxia (HIF-1 α y HIF-2 α), que incrementan la producción de glóbulos rojos y, en consecuencia, elevan los niveles de hemoglobina. Por ello, los pobladores con mayor tiempo de residencia muestran una respuesta hematológica más marcada, característica de la eritrocitosis adaptativa y, en algunos casos, patológica propia de los habitantes de gran altitud.

Tabla 5. Enfermedades concomitantes y concentración de hemoglobina en habitantes del centro poblado Lunar de Oro.

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Media Concentración					
		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%
Enfermedades Concomitante	Policitemia	20,4	12	6,0%	17,0	6	3,0%	19,3	18	9,0%
	Altura	g/dL			g/dL			g/dL		
	Silicosis	21,6	7	3,5%	17,0	2	1,0%	20,6	9	4,5%
	Pulmonar	g/dL			g/dL			g/dL		
	Tuberculosis	22,4	3	1,5%	15,6	2	1,0%	19,7	5	2,5%
		g/dL			g/dL			g/dL		
	Otras	21,0	14	7,0%	15,3	2	1,0%	20,3	16	8,0%
		g/dL			g/dL			g/dL		
	Ninguna	20,5	13	69,0%	16,3	14	7,0%	20,2	15	76,0%
		g/dL	8		g/dL			g/dL	2	
Total		20,69	174	87,0 %	16,63	26	13,0 %	20,16	20	100,0
		g/dL			g/dL			g/dL	0	%

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$$X^2_{cal} =$$

$$12,413$$

$$N. Sig. =$$

$$0,015$$

$$X^2_{tab} =$$

$$9,488$$

$$Gl =$$

$$4$$

Interpretación

La tabla muestra la relación entre las enfermedades concomitantes y la concentración de hemoglobina en los 200 pobladores evaluados del Centro Poblado Lunar de Oro, ubicado a más de 5,000 m.s.n.m. Se observa que la mayoría de los participantes (76.0%) no presentaba enfermedades asociadas, mientras que un 9,0% refirió diagnóstico de policitemia de altura, un 4.5% padecía silicosis pulmonar, un 2,5 % tuberculosis, y un 8,0% otras afecciones crónicas.

En cuanto a los valores hematológicos, los pobladores con silicosis pulmonar y tuberculosis presentaron las mayores concentraciones promedio de hemoglobina (21,6 g/dL y 22,4 g/dL, respectivamente), seguidos por los pacientes con otras comorbilidades (21,0 g/dL) y policitemia de altura (20,4 g/dL). En contraste, aquellos sin enfermedades concomitantes mostraron una concentración promedio ligeramente menor (20,5 g/dL).



Dado que χ^2 calculado (12,413) > χ^2 tabular (9,488) y el p-valor = 0,015 < 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). En consecuencia, se concluye que existe una relación estadísticamente significativa entre las enfermedades concomitantes y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro.

Desde el punto de vista fisiopatológico, estos resultados sugieren que la presencia de enfermedades respiratorias crónicas (como la silicosis o la tuberculosis) induce una hipoxia tisular sostenida, lo que estimula la eritropoyesis compensatoria mediante el aumento de eritropoyetina (EPO). Esta respuesta adaptativa incrementa la producción de eritrocitos y, por ende, la concentración de hemoglobina, contribuyendo a cuadros de eritrocitosis secundaria o poliglobulia de altura. Así, las comorbilidades crónicas actúan como factores predisponentes que exacerban la adaptación fisiológica normal a la altitud extrema.

Tabla 6. Índice de masa corporal y la concentración de hemoglobina en habitantes del centro poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Medio Concentración					
		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%
Índice de Masa Corporal	Normal	20,6 g/dL	101	50,5%	16,7 g/dL	23	11,5%	19,9 g/dL	124	62,0%
	Sobrepeso	20,7 g/dL	48	24,0%	15,7 g/dL	3	1,5%	20,4 g/dL	51	25,5%
	Obesidad I	20,9 g/dL	18	9,0%	-	0	0,0%	20,9 g/dL	18	9,0%
	Obesidad II	20,0 g/dL	7	3,5%	-	0	0,0%	20,0 g/dL	7	3,5%
Total		20,69 g/dL	174	87,0 %	16,63 g/dL	26	13,0 %	20,16 g/dL	200	100,0%

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$$X^2_{cal} = 9.395 \quad N. Sig. = 0.024$$

$$X^2_{tab} = 7.815 \quad Gf = 3$$

Interpretación

La tabla 6, analiza la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y la concentración de hemoglobina en los 200 pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro, ubicado a más de 5,000 m.s.n.m. Se observa que la mayoría de los habitantes presentan un IMC normal (62,0%), seguido por el grupo con sobrepeso (25,5%), obesidad tipo I (9,0%) y obesidad tipo II (3,5%).



En cuanto a los valores hematológicos, la concentración promedio de hemoglobina fue mayor en los grupos con sobrepeso y obesidad, alcanzando valores de 20,7 g/dL y 20,9 g/dL, respectivamente, frente a los 19,9 g/dL observados en el grupo con IMC normal. Esto sugiere una tendencia creciente de la hemoglobina conforme aumenta el índice de masa corporal.

Dado que χ^2 calculado (9,395) > χ^2 tabular (7,815) y el p-valor = 0,024 < 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Por lo tanto, se concluye que existe una relación estadísticamente significativa entre el índice de masa corporal y la concentración de hemoglobina en los pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro. Desde una apreciación fisiológica, este resultado podría explicarse porque el aumento de la masa corporal eleva la demanda metabólica de oxígeno y reduce la eficiencia de intercambio gaseoso, generando una hipoxia tisular relativa. En respuesta, el organismo estimula la eritropoyesis compensatoria mediante la secreción de eritropoyetina (EPO), incrementando el número de eritrocitos y la concentración de hemoglobina. En conjunto con la hipoxia crónica de gran altitud, estos factores contribuyen al desarrollo de eritrocitosis secundaria, reflejando una adaptación fisiológica intensificada al ambiente hipóxico.

Tabla 7. Sintomatología clínica y la concentración de hemoglobina en los habitantes del centro poblado Lunar de Oro

		Hemoglobina						Total		
		Alta Concentración			Alta Concentración			Hb. X	fi	%
		Hb. X	fi	%	Hb. X	fi	%			
Sintomatología clínica	Cefalea	21,1 g/dL	65	32,5%	16,3 g/dL	3	1,5%	20,9 g/dL	68	34,0%
	Cianosis	20,9 g/dL	9	4,5%	-	0	0,0%	20,9 g/dL	9	4,5%
	Debilidad cansancio	20,8 g/dL	4	2,0%	15,85 g/dL	2	1,0%	19,1 g/dL	6	3,0%
	Disnea	20,3 g/dL	6	3,0%	-	0	0,0%	20,3 g/dL	6	3,0%
	Dolor articular	21,4 g/dL	5	2,5%	14,9 g/dL	3	1,5%	18,9 g/dL	8	4,0%
	Parestesias	21,6 g/dL	12	6,0%	17,1 g/dL	3	1,5%	20,7 g/dL	15	7,5%
	Ninguno	20,0 g/dL	73	36,5%	17,0 g/dL	1	7,5%	19,5 g/dL	88	44,0%
Total	20,69 g/dL	174	87,0 %	16,63 g/dL	2	13,0 %	20,16 g/dL	200	100,0 %	

Nota. Ficha de recolección de datos aplicado a pobladores de lunar de oro.

$$X^2_{cal} = 15,038 \quad N. Sig. = 0,025$$

$$X^2_{tab} = 14,449 \quad Gl = 6$$



Interpretación

En esta tabla 7, se analiza la relación entre la sintomatología clínica y la concentración de hemoglobina en los 200 pobladores del Centro Poblado Lunar de Oro, situado a 5 000 metros sobre el nivel del mar. Los resultados evidencian que los síntomas más frecuentes fueron la cefalea persistente (34,0%), seguida de parestesias (7,5%), dolor articular (4,0%), cianosis (4,5%), disnea (3,0%) y debilidad o cansancio (3,0%); mientras que un 44.0% de los participantes no reportó síntomas significativos.

En cuanto a los valores de hemoglobina, se observó que los pobladores con cefalea, parestesias y dolor articular presentaron las concentraciones más elevadas, con promedios de 21,1 g/dL, 21,6 g/dL y 21,4 g/dL, respectivamente. Por otro lado, quienes no manifestaron síntomas presentaron valores ligeramente inferiores (20,0 g/dL).

Estos hallazgos sugieren que los síntomas reportados como cefalea, disnea, parestesias y cianosis se asocian con la hiperviscosidad sanguínea característica de la eritrocitosis patológica de altura. La elevación excesiva de la hemoglobina, como mecanismo compensatorio frente a la hipoxia crónica, puede alterar la oxigenación tisular y el flujo sanguíneo cerebral, generando manifestaciones clínicas compatibles con síndrome de Monge o mal de montaña crónico.

DISCUSIÓN

Según el objetivo general: Determinar los factores predisponentes de la eritrocitosis patológica de altura y su influencia en la salud de los habitantes del Centro Poblado Lunar de Oro, a 5,000 m s. n. m. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que los factores personales, ambientales y clínicos influyen significativamente en la aparición de la eritrocitosis patológica de altura (EPA). Todas las variables analizadas presentaron valores de $p < 0.05$, demostrando asociaciones estadísticamente significativas. Este hallazgo coincide con las observaciones de Villafuerte & Corante (2016), quienes señalaron que la EPA es un trastorno multifactorial, influenciado por la exposición prolongada a la hipoxia, las condiciones ambientales extremas y las características individuales de los habitantes andinos. Asimismo, Amaru et al. (2013) sostienen que la eritrocitosis patológica representa una respuesta desadaptativa al ambiente hipóxico crónico, donde intervienen tanto factores fisiológicos (edad, sexo, genética) como ocupacionales (minería, exposición a polvo, silicosis), aspectos también observados en la población de Lunar de Oro.



Para el objetivo específico 1. Determinar la influencia de los factores personales (edad, sexo y ocupación) en la aparición de la eritrocitosis patológica de altura. Los resultados mostraron asociaciones significativas entre los factores personales y los niveles de hemoglobina. La edad presentó una relación estadísticamente significativa ($\chi^2 = 6,911$; $gl = 2$; $p = 0,032$), observándose que el grupo adulto (52,5%) fue el más afectado. El sexo masculino predominó (82,5%) con valores elevados de hemoglobina ($\chi^2 = 6,867$; $gl = 1$; $p = 0,009$). La ocupación, especialmente en los mineros de interior, presentó una asociación altamente significativa ($\chi^2 = 21,267$; $gl = 7$; $p = 0,003$). Estos hallazgos son coherentes con Sedano et al. (2023), quienes encontraron que los trabajadores mineros de Huancayo mostraron niveles elevados de hemoglobina debido a su exposición continua a hipoxia y polvo mineral. De igual manera, Villafuerte et al. (2025) destacan que los varones adultos desarrollan una respuesta eritropoyética más intensa por la acción de la testosterona y el esfuerzo físico prolongado. Fisiológicamente, la mayor producción de eritropoyetina (EPO) y la activación de los factores inducibles por hipoxia (HIF-1 α y HIF-2 α) explican el aumento de eritrocitos como mecanismo compensatorio. Este proceso, sin embargo, puede sobrepasar el umbral adaptativo y desencadenar eritrocitosis patológica (Beall, 2007).

El objetivo específico 2: Analizar la relación entre los factores ambientales (tiempo de residencia, altitud, clima) y la eritrocitosis patológica de altura. Se determinó una relación significativa entre el tiempo de residencia y la concentración de hemoglobina ($\chi^2 = 13,765$; $gl = 5$; $p = 0,017$). Los pobladores con más de 25 años de residencia a gran altitud presentaron valores promedio de hemoglobina de 21,0 g/dL, superando a quienes tenían menos de 5 años de residencia (19,7 g/dL).

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Gonzales & Tapia (2007), quienes señalaron que la adaptación hematológica aumenta con el tiempo de residencia multigeneracional en la altura, debido al estímulo crónico de la EPO y la remodelación de la médula ósea. De igual modo, Corante et al. (2018) demostraron que la exposición prolongada a la hipoxia andina genera una mayor masa eritrocitaria y eleva el riesgo de complicaciones cardiovasculares, especialmente en hombres adultos residentes a más de 4,000 m s. n. m. Por tanto, el tiempo de residencia prolongado constituye un factor determinante para el desarrollo de la EPA, reflejando la transición desde una adaptación fisiológica compensatoria hacia una respuesta desadaptativa, tal como lo plantea León-Velarde et al. (2010) en su estudio sobre el síndrome de Monge.



El objetivo específico 3: Evaluar la asociación entre los factores inherentes a la salud (enfermedades concomitantes, índice de masa corporal y sintomatología clínica) y la eritrocitosis patológica de altura. Los análisis demostraron que las enfermedades concomitantes se asociaron significativamente con los niveles de hemoglobina ($\chi^2 = 12,413$; gl = 4; p = 0,015), siendo la silicosis pulmonar y la tuberculosis las más relacionadas.

El índice de masa corporal (IMC) también mostró una asociación significativa ($\chi^2 = 9,395$; gl = 3; p = 0,024), observándose mayores valores de hemoglobina en individuos con obesidad tipo I (20,9 g/dL). Finalmente, la sintomatología clínica cefalea, parestesias y disnea se relacionó de forma significativa con la eritrocitosis ($\chi^2 = 15,038$; gl = 6; p = 0,025). Estos hallazgos coinciden con Ricardo et al. (2022) y con Ricardo & Oscar (2016), quienes sostienen que la coexistencia de enfermedades respiratorias crónicas y un estado metabólico alterado potencian la hipoxia tisular, incrementando la producción de eritrocitos. Asimismo, Santos-Martínez et al. (2021) y Oberholzer et al. (2020) reportan que la eritrocitosis excesiva se acompaña de síntomas clínicos característicos del mal de montaña crónico, tales como cefalea, cianosis y fatiga, vinculados a la hiperviscosidad sanguínea y al desequilibrio oxígeno-tejido. Desde una perspectiva fisiopatológica, estos resultados reafirman que la EPA no solo es una respuesta compensatoria a la hipoxia ambiental, sino también una manifestación sistémica modulada por el estado nutricional, la función pulmonar y la presencia de comorbilidades, tal como señalan Villafuerte et al. (2025) y Noumani et al. (2024).

CONCLUSIONES

Se determinó que los factores personales, ambientales y clínicos influyeron significativamente en la aparición de la eritrocitosis patológica de altura en los habitantes del Centro Poblado Lunar de Oro. Este hallazgo se respaldó en los resultados de las pruebas de Chi-cuadrado aplicadas a las distintas variables, donde la mayoría presentó valores de p < 0,05, demostrando una relación estadísticamente significativa entre los factores evaluados y los niveles elevados de hemoglobina.

Se determinó que los factores personales, edad, sexo y ocupación mostraron una influencia directa y significativa en la eritrocitosis patológica de altura. En cuanto a la edad, se encontró una asociación relevante con los niveles de hemoglobina ($\chi^2 = 6,911$; gl = 2; p = 0,032), observándose que el grupo adulto presentó la mayor proporción de casos con valores altos (52,5%).



El sexo biológico también resultó determinante ($\chi^2 = 6,867$; $gl = 1$; $p = 0,009$), dado que el 82,5% de los varones presentó concentraciones elevadas de hemoglobina. Asimismo, la ocupación registró una asociación altamente significativa ($\chi^2 = 21,267$; $gl = 7$; $p = 0,003$), destacando los mineros como el grupo con mayor prevalencia (63,5%). En conjunto, estos resultados confirmaron que los factores personales condicionaron la predisposición a la eritrocitosis patológica en contextos de hipoxia crónica. Se analizó que los factores ambientales, especialmente el tiempo de residencia en altitud extrema, demostraron tener una influencia significativa en el desarrollo de la eritrocitosis patológica de altura ($\chi^2 = 13,765$; $gl = 5$; $p = 0,017$). Los pobladores con más de 25 años de residencia a más de 5,000 m s. n. m. presentaron concentraciones promedio de hemoglobina de 21,0 g/dl, en contraste con quienes tenían menos de 5 años de residencia (19,7 g/dl). Estos resultados evidenciaron que la exposición prolongada a la hipoxia hipobárica constituye un factor ambiental determinante en la adaptación hematológica y en la aparición de eritrocitosis patológica de altura.

Mediante la evaluación se determinó que los factores inherentes al estado de salud también mostraron influencia significativa sobre los niveles hematológicos. Se observó asociación entre el índice de masa corporal (IMC) y la concentración de hemoglobina ($\chi^2 = 9,395$; $gl = 3$; $p = 0,024$), con valores más elevados en individuos con obesidad tipo I (20.9 g/dl). Las enfermedades concomitantes como silicosis y tuberculosis demostraron una relación directa ($\chi^2 = 12,413$; $gl = 4$; $p = 0,015$), alcanzando valores de hemoglobina de hasta 22,4 g/dl. Finalmente, los síntomas clínicos asociados a hipoxia, como cefalea, parestesias y disnea, se relacionaron significativamente con la eritrocitosis ($\chi^2 = 15,038$; $gl = 6$; $p = 0,020$). En conjunto, estos hallazgos confirmaron que las condiciones fisiológicas y patológicas individuales modulaban la respuesta hematológica adaptativa frente a la altitud extrema. En conjunto, los resultados permiten evidenciar que la eritrocitosis patológica no solo constituye una respuesta hematológica desadaptativa, sino también un marcador de riesgo cardiovascular en comunidades andinas expuestas a hipoxia crónica, lo que exige estrategias de vigilancia y control clínico especializado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkhaldy, H. Y., Awan, Z. A., Abouzaid, A. A., Elbahaey, H. M., Amoudi, S. M. Al, Shehata, S. F., & Saboor, M. (2022). *Efecto de la altitud en la hemoglobina y los índices de glóbulos rojos en*



- adultos de diferentes regiones de Arabia Saudita. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S358139>
- Amaru, R., Miguez, H., Peñaloza, R., Torres, G., & Vera, O. (2013). *Eritrocitosis patológica de altura: Caracterización biológica, diagnóstico y tratamiento*. Rev Med La Paz. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582013000200002
- Beall, C. M. (2007). *Dos rutas hacia la adaptación funcional: nativos tibetanos y andinos de gran altitud*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701985104>
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la Investigación* (4ª edición). Pearson Educación S.A. de C.V.
- Corante, N., Anza-Ramírez, C., Figueroa-Mujica, R., MacArlupú, J. L., Vizcardo-Galindo, G., Bilo, G., Parati, G., Gamboa, J. L., León-Velarde, F., & Villafuerte, F. C. (2018). *Excessive Erythrocytosis and Cardiovascular Risk in Andean Highlanders*. High Altitude Medicine and Biology. <https://doi.org/10.1089/ham.2017.0123>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Diseño de investigación: Enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos* (3ª edición). SAGE Publications, Inc.
- Daniel, J. N. (2011). *Elementos esenciales del muestreo: Directrices prácticas para la toma de decisiones en el muestreo* (1ª edición). SAGE Publications, Inc.
- Ferrari, A. De, Miranda, J. J., Gilman, R. H., Dávila-Román, V. G., León-Velarde, F., Rivera-Ch, M., Huicho, L., Bernabé-Ortiz, A., Wise, R. A., & Checkley, W. (2014). *Prevalencia, perfil clínico, estado del hierro y rasgos específicos del sujeto para la eritrocitosis excesiva en adultos andinos que viven permanentemente a 3825 metros sobre el nivel del mar*. <https://doi.org/10.1378/chest.14-0298>
- Gonzales, G., & Tapia, V. (2007). *Hemoglobina, hematocrito y adaptación a la altura: su relación con los cambios hormonales y el periodo de residencia multigeneracional*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562007000100010
- Grimes, D. A., & Schulz, K. F. (2002). *Estudios descriptivos: qué pueden y qué no pueden hacer*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07373-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07373-7)
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodologías de la investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ª edición). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- León-Velarde, F., Rivera, M., & Gracia, P. J. (2010). *Mal de montaña crónico* [Universidad Kyoto].



<http://hdl.handle.net/2433/186058>

Mercado, E. (2010). *Factores predisponentes a la Eritrocitosis de altura en pacientes atendidos en el Hospital III Essalud-Puno 2000-2005* [Universidad Nacional del Altiplano].

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/567>

Noumani, I., Harrison, C. N., & McMullin, M. F. (2024). *Eritrocitosis: Diagnóstico e investigación*.

<https://doi.org/10.1111/ijlh.14298>

Oberholzer, L., Lundby, C., Stauffer, E., Ulliel-roche, M., Hanco, I., Lundby, A. M., Villafuerte, F. C., Verges, S., & Robach, P. (2020). *Reevaluación de la eritrocitosis excesiva en el diagnóstico del mal de montaña crónico en hombres de la ciudad más alta del mundo*.

<https://doi.org/10.1182/blood.2024024112>

Ricardo, A., Emma, M., Daniela, P., Julieta, L., Silvia, M., Carlos, J., Teddy, Q., & Mireya, C. (2022).

Eritrocitosis patológicas con niveles de eritropoyetina baja e incrementada Características clínicas y laboratoriales.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1726-89582022000100027&script=sci_arttext

Ricardo, A. L., & Oscar, V. C. (2016). *Guía para el diagnóstico y tratamiento de las eritrocitosis patológicas en la altura*.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582016000200012

Santos-Martínez, L. E., Gómez-Tejada, R. A., Murillo-Jauregui, C. X., Hoyos-Paladines, R. A., Poyares-Jardim, C. V., & Orozco-Levi, M. (2021). *Exposición crónica a la altura. Características clínicas y diagnósticas*. Archivos de Cardiología de Mexico.

<https://doi.org/10.24875/ACM.20000447>

Sedano, N., Suares, A., & Villavicencio, N. (2023). *Factores de riesgo asociados a los niveles elevados de hemoglobina en trabajadores mineros atendidos en la Clínica de Salud Ocupacional “Santa Cruz” Huancayo, 2021* [Universidad Continental].

<https://hdl.handle.net/20.500.12394/12818>

Villafuerte, F. C., & Corante, N. (2016). *Mal de montaña crónico: Aspectos clínicos, etiología, manejo y tratamiento*. High Altitude Medicine and Biology. <https://doi.org/10.1089/ham.2016.0031>

Villafuerte, F. C., Macarupú, J. L., Anza-ramírez, C., Corrales-melgar, D., Vizcardo-galindo, G., Corante, N., & León-velarde, F. (2014). *Disminución del receptor soluble de eritropoyetina*



plasmática en la eritrocitosis excesiva de gran altitud y el mal de montaña crónico.

<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00619.2014>

Villafuerte, F. C., Simonson, T. S., Bermudez, D., & León-Velarde, F. (2025). *Eritrocitosis de gran altitud: mecanismos de respuestas adaptativas y maladaptativas.*

<https://doi.org/10.1152/physiol.00029.2021>

