

Variabilidad interlaboratorial de los intervalos de referencia de la serie roja en la ciudad de Oruro
Inter-laboratory variability of red blood cell reference intervals in the city of Oruro
Variabilidade interlaboratorial dos intervalos de referência da série vermelha na cidade de Oruro.

Miriam Daysi Barrientos Barañado¹

ALSIE Consultores Pedagógicos, Universidad Autónoma del Beni. Bolivia

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6590-9874>

E-mail: mirbarrientos94@gmail.com

Resumen

El estudio realizado aborda los intervalos de referencia de la serie roja del hemograma aplicados por los diferentes laboratorios clínicos, fundamentales para el análisis de los resultados y la toma de decisiones médicas. La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Oruro, Bolivia, situada a 3706m.s.n.m. El objetivo fue determinar la variabilidad interlaboratorial de los intervalos de referencia de la serie roja del hemograma aplicado por los laboratorios clínicos de dicha ciudad. Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal, entre enero a marzo 2026. Se analizaron los límites inferiores y superiores de eritrocitos, hematocrito, hemoglobina e índices hematimétricos, proporcionados por 42 laboratorios. Para cada parámetro se calcularon la media, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) interlaboratorial. Los resultados demostraron mayor variabilidad en los límites inferiores del hematocrito en varones y mujeres (CV=15,2% y 11,9%) y hemoglobina en varones (CV=10,3%); los límites superiores presentaron CV entre 3,6% a 6,1%. Los eritrocitos mostraron variabilidad moderada (CV=5,3% - 8,9%). Los índices hematimétricos presentaron menor variabilidad (CV=2,8% - 6,4%). Se evidenció variabilidad interlaboratorial clínicamente significativa, principalmente en los límites inferiores del hematocrito y hemoglobina, considerándose relevante, debido a que el límite inferior determina el diagnóstico de anemia.

Palabras clave

Intervalos de referencia, variabilidad interlaboratorial, serie roja.

Abstract

This study addresses the reference intervals for the red blood cell (RBC) series of the complete blood count (CBC) used by various clinical laboratories—intervals that are fundamental for result analysis and medical decision-making. The research was conducted in the city of Oruro, Bolivia, located at an altitude of 3,706 meters above sea level. The objective was to determine the inter-laboratory variability of RBC reference intervals applied by clinical laboratories in the city. An observational, descriptive, cross-sectional study was carried out between January and March 2026. The study analyzed the lower and upper limits for erythrocytes, hematocrit, hemoglobin, and red blood cell indices provided by 42 laboratories. For each parameter, the mean, standard deviation, and inter-laboratory coefficient of variation (CV) were calculated. The results showed greater variability in the lower limits for hematocrit in men and women (CV = 15.2% and 11.9%) and for hemoglobin in men (CV = 10.3%); upper limits showed CVs ranging from 3.6% to 6.1%. Erythrocytes showed moderate variability (CV = 5.3% – 8.9%). Red blood cell indices showed lower variability (CV = 2.8% – 6.4%). Clinically significant inter-laboratory variability was observed, particularly in the lower limits for hematocrit and hemoglobin; this is considered relevant because the lower limit determines the diagnosis of anemia.

Keywords

Reference intervals, inter-laboratory variability, red blood cell series.

(1) Master en Parasitología Clínica. Universidad Andina Simón Bolívar. Master en Salud Pública, mención Gerencia y Economía de la Salud. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Licenciada en Bioquímica y Farmacia. Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca. Bioquímica Laboratorio Clínico Hospital General San Juan de Dios Oruro. Docente Hematología UPAL Oruro. Bolivia.



Resumo

O estudo realizado aborda os intervalos de referência da série vermelha do hemograma utilizados por diferentes laboratórios clínicos, os quais são fundamentais para a análise dos resultados e a tomada de decisões médicas. A pesquisa foi conduzida na cidade de Oruro, Bolívia, situada a 3.706 metros acima do nível do mar. O objetivo foi determinar a variabilidade interlaboratorial dos intervalos de referência da série vermelha do hemograma aplicados pelos laboratórios clínicos da referida cidade. Realizou-se um estudo observacional, descritivo e transversal entre janeiro e março de 2026. Foram analisados os limites inferiores e superiores de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina e índices hematimétricos, fornecidos por 42 laboratórios. Para cada parâmetro, calcularam-se a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação (CV) interlaboratorial. Os resultados demonstraram maior variabilidade nos limites inferiores do hematócrito em homens e mulheres (CV = 15,2% e 11,9%) e da hemoglobina em homens (CV = 10,3%); os limites superiores apresentaram CV entre 3,6% e 6,1%. Os eritrócitos apresentaram variabilidade moderada (CV = 5,3% – 8,9%). Os índices hematimétricos apresentaram menor variabilidade (CV = 2,8% – 6,4%). Evidenciou-se uma variabilidade interlaboratorial clinicamente significativa, principalmente nos limites inferiores de hematócrito e hemoglobina, o que é considerado relevante, visto que o limite inferior determina o diagnóstico de anemia.

Palavras-chave

Intervalos de referência, variabilidade interlaboratorial, série vermelha.

Introducción

Los intervalos de referencia constituyen una herramienta fundamental para la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio clínico, debido a que permiten comparar las mediciones biológicas con valores establecidos para una determinada población. Yoll y Acosta (2022) señalan que, para la correcta interpretación diagnóstica de cualquier medición biológica, es necesario comparar el resultado con un rango de valores previamente establecidos para el analito correspondiente. Estos valores son obtenidos a partir de una población de individuos aparentemente sanos y constituyen los denominados intervalos de referencia biológicos (p. 366).

La definición adecuada de “población de referencia” constituye un aspecto esencial para obtener intervalos clínicamente pertinentes. De acuerdo con la International Committee for Standardization in Haematology (ICSH, 1981), los valores de referencia deben establecerse considerando las características de la población para la cual son determinados (pp. 369-373). En concordancia, Solberg (1987) señala que el concepto de valores de referencia requiere definir previamente tanto la población como las características de los individuos, cuyos resultados serán utilizados para establecer dichos valores (p. 337-342). Por tanto, los intervalos de referencia no deben considerarse valores universales, sino estimaciones relacionadas con las características biológicas y ambientales de la población estudiada.

La importancia de su adecuada definición ha sido respaldada mediante recomendaciones internacionales. Las primeras recomendaciones oficiales sobre la teoría y generación de valores de referencia fueron publicadas por la Federación Internacional de Química Clínica y Medicina de Laboratorio (IFCC) en 1978. Posteriormente, bajo su auspicio, se creó en 2005 el Comité de Intervalos de Referencia y Valores de Decisión Clínica (C-RIDL). Asimismo, en 2010, el Instituto de Estándares de Laboratorio Clínico (CLSI) publicó una guía para la definición, establecimiento y verificación de intervalos de referencia, basada en las recomendaciones



originales y ampliamente utilizada, en la actualidad, para su obtención (Martínez et al., 2020, p. 26).

La relevancia de estos procedimientos radica en que la calidad de los intervalos de referencia puede influir directamente en la interpretación de los resultados. Klee (2004) señala que la calidad de los intervalos de referencia es tan relevante para interpretar los resultados como la calidad de los propios resultados (p. 752). En consecuencia, su determinación, verificación y utilización apropiada constituyen componentes esenciales de la calidad del laboratorio y de la seguridad de las decisiones clínicas.

Por otro lado, el hemograma, se considera, uno de los estudios de mayor utilidad en el laboratorio clínico por la información que proporciona sobre las principales líneas celulares de la sangre. Romero y Caraballo (2019) definen el hemograma como el estudio de los elementos formes de la sangre, clasificados en tres grupos principales: serie roja, serie blanca y serie plaquetaria. Este examen proporciona información integral sobre el estado hematológico y constituye una herramienta de apoyo para el diagnóstico y seguimiento de múltiples condiciones clínicas (p. 63, 103).

Dentro del hemograma, la serie roja adquiere particular importancia por su participación en el transporte de oxígeno y el mantenimiento de la oxigenación tisular. Castillo la define como: "El conjunto de parámetros del hemograma que evalúa los componentes y características de los eritrocitos o glóbulos rojos" (2016, p. 15).

Este perfil comprende el recuento de eritrocitos, la concentración de hemoglobina, el hematocrito y los índices eritrocitarios: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) y amplitud de distribución eritrocitaria (RDW) (Romero y Caraballo, 2019, p. 66, 115).

Los parámetros de la serie roja están influenciados por diversos factores biológicos y ambientales, entre ellos el sexo, la edad, las características genéticas, el estado nutricional y las condiciones geográficas, como la

altitud. Esta consideración adquiere especial relevancia en poblaciones residentes a grandes altitudes, donde la disminución de la presión parcial de oxígeno produce hipoxia hipobárica y desencadena mecanismos fisiológicos destinados a mantener una adecuada oxigenación tisular. La respuesta eritropoyética constituye uno de los principales mecanismos de adaptación y se manifiesta mediante modificaciones de la masa eritrocitaria y de la concentración de hemoglobina (Siebenmann et al., 2017; Villafuerte et al., 2022).

Desde la perspectiva del presente estudio, estas evidencias permiten considerar que la utilización de intervalos de referencia que no respondan a las características de una población que reside a grandes altitudes, podría generar interpretaciones que no reflejen adecuadamente su realidad fisiológica. En los parámetros de la serie roja, esta situación podría favorecer la clasificación errónea de determinados resultados como patológicos o dificultar la identificación de alteraciones hematológicas. Por ello, la pertinencia de los intervalos de referencia debe valorarse considerando tanto criterios estadísticos como las características biológicas y ambientales de la población.

A esta situación, se suma la variabilidad que puede existir entre los laboratorios clínicos que atienden a una misma población. La comparabilidad de los intervalos de referencia constituye un componente importante en la estandarización de los resultados del laboratorio. Cuando se utilizan límites de referencia distintos para un mismo parámetro, un resultado equivalente puede recibir una interpretación diferente dependiendo del establecimiento donde se realice el análisis. Esta situación adquiere particular importancia cuando los resultados se encuentran próximos a los límites inferior o superior del intervalo (Klee, 2004; Koerbin et al., 2014).

En este sentido, evaluar la variabilidad interlaboratorial de los intervalos de referencia utilizados en la ciudad de Oruro resulta relevante, considerando las características geográficas y de altitud de su población. La identificación de diferencias entre los límites utilizados por los laboratorios no implica necesariamente una deficiencia en la calidad analítica de estos establecimientos; sin



embargo, cuando dichas diferencias son importantes, pueden afectar la comparabilidad de los resultados y generar criterios interpretativos heterogéneos para una misma población.

Por tanto, la evaluación de la variabilidad interlaboratorial constituye un punto de partida para conocer la magnitud de las diferencias existentes y aportar evidencia para futuras acciones de estandarización, verificación o establecimiento de intervalos de referencia regionales. En una población residente en altura, esta información puede contribuir a fortalecer la interpretación de los parámetros de la serie roja y favorecer el desarrollo de intervalos de referencia acordes con las características de la población adulta de la ciudad de Oruro.

El objetivo del presente estudio fue determinar la variabilidad interlaboratorial de los intervalos de referencia de los parámetros de la serie roja del hemograma (eritrocitos, hematocrito, hemoglobina, VCM, HCM y CHCM) utilizados por los laboratorios clínicos de la ciudad de Oruro.

Metodología y métodos

Se trata de un estudio con enfoque cuantitativo debido a que se recopilaban y analizaban los intervalos de referencia mediante estadística descriptiva, con el propósito de cuantificar la magnitud de la variabilidad existente entre los laboratorios; con diseño observacional, descriptivo y transversal. Observacional porque no se realizó ninguna manipulación de los parámetros en estudio, descriptivo porque se caracterizó y describió la variabilidad interlaboratorial mediante el análisis de los límites inferiores y superiores de los intervalos de referencia reportados por los laboratorios, utilizando medidas estadísticas, y transversal porque la información se recolectó en un solo momento.

El estudio se llevó a cabo entre enero a marzo del 2026, en la ciudad de Oruro.

La población de estudio estuvo constituida por los reportes de laboratorio que incluyen los intervalos de referencia, correspondientes a 57 laboratorios clínicos

legalmente establecidos en la ciudad de Oruro; tanto públicos, privados y de la Seguridad Social. Se trata de un estudio censal.

Como criterios de inclusión, se tomaron en cuenta a los laboratorios que, a través de sus responsables, dieron su consentimiento informado y proporcionaron los intervalos de referencia aplicados. Se excluyeron a los que no dieron su consentimiento informado y los intervalos de referencia proporcionados no incluían a los seis parámetros estudiados, quedando la población en 42 reportes de laboratorio.

El método empírico que se aplicó es la medición, como técnica, la revisión documental de los reportes que contenían los intervalos de referencia utilizados por los laboratorios participantes y como instrumento una ficha de registro documental. Los datos recopilados fueron procesados mediante medidas de estadística descriptiva, con el propósito de caracterizar y analizar la variabilidad de los parámetros estudiados.

Se analizaron los límites inferiores y superiores de los intervalos de referencia de seis parámetros de la serie roja expresados de la siguiente manera: eritrocitos en $\times 10^{12}$ L, hematocrito en L/L, hemoglobina en g/L, VCM en fL, HCM en pg y CHCM en g/L.

Los eritrocitos, hematocrito y hemoglobina fueron estratificados por sexo, para el VCM, HCM y CHCM, los laboratorios reportaron intervalos aplicables a ambos sexos, por lo que su análisis se realizó en conjunto.

Los datos se sistematizaron en una planilla utilizando Microsoft Excel. Para el análisis se aplicaron medidas estadísticas descriptivas como es la media, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV). La variabilidad interlaboratorial de los límites de referencia fue evaluada mediante el CV, calculado como la relación porcentual entre la desviación estándar y la media de los valores reportados por los laboratorios participantes. El CV permitió expresar la dispersión relativa de los límites de referencia y comparar la magnitud de la heterogeneidad entre los diferentes parámetros de la serie roja, expresados en distintas unidades de medida.



Los valores más elevados de CV fueron interpretados como indicativos de una mayor variabilidad interlaboratorial de los límites de referencia utilizados.

Resultados y discusión

De los 42 intervalos de referencia analizados se pudieron evidenciar los siguientes resultados para los eritrocitos, hematocrito y hemoglobina (ver tabla 1):

Para los eritrocitos, en mujeres, el CV del límite inferior fue 6,9% y del límite superior 6,0%. En varones, el CV del límite inferior fue 8,9% y del límite superior 5,3%. Por tanto, se observó mayor dispersión en los puntos de corte inferiores, especialmente en varones, demostrando una variabilidad interlaboratorial moderada y heterogeneidad relevante. Esto puede conllevar a un riesgo de clasificar como anemia leve a un paciente en un laboratorio y normal en otro; por el contrario, si se toma en cuenta los límites superiores, se puede clasificar como eritrocitosis de acuerdo con los intervalos de referencia de un laboratorio y normal en otros laboratorios.

En cambio, para el hematocrito, en mujeres, el CV del límite inferior fue 11,9% y del límite superior 5,8%. En varones, el CV del límite inferior fue 15,2% y del límite superior 3,6%. Por consiguiente, se verificó mayor dispersión en los puntos de corte inferiores, tanto en mujeres como en varones, superando el 15%, considerándose uno de los parámetros menos estandarizados y con mayor variabilidad interlaboratorial. Estos resultados demuestran una fuerte inconsistencia interlaboratorial, lo que genera diferencias clínicas relevantes en el diagnóstico de anemia y falta de concordancia entre los parámetros de la serie roja, es decir, entre el recuento de eritrocitos, hematocrito y hemoglobina.

Por otro lado, la hemoglobina mostró, en mujeres, un CV del límite inferior de 9,1% y del límite superior 6,1%. En varones, el CV del límite inferior fue 10,3% y del límite superior 5,6%. En consecuencia, se identificó una marcada dispersión sobre todo en los límites inferiores, con diferencias de hasta 44 g/L entre laboratorios, sobre todo en varones (10.3%). La variabilidad demostrada se

considera relevante, ya que la hemoglobina se considera determinante en el diagnóstico de anemia.

Tabla 1. Media, desviación estándar y coeficiente de variación interlaboratorial de límites inferiores y superiores, según sexo, de los eritrocitos, hematocrito y hemoglobina.

Parámetro	Sexo	Límite	Valores reportados	Media	DE	CV%
Eritrocitos $\times 10^{12}/L$	Mujer	Inferior	4.0 – 4.9	4.37	0.30	6.9
		Superior	5.2 – 6.1	5.64	0.34	6.0
	Varón	Inferior	4.0 – 5.2	4.73	0.42	8.9
		Superior	5.4 – 6.2	5.87	0.31	5.3
Hematocrito L/L	Mujer	Inferior	0.31 – 0.48	0.42	0.05	11.9
		Superior	0.46 – 0.55	0.52	0.03	5.8
	Varón	Inferior	0.31 – 0.51	0.46	0.07	15.2
		Superior	0.52 – 0.58	0.55	0.02	3.6
Hemoglobina g/L	Mujer	Inferior	120 – 157	138	12.6	9.1
		Superior	151 – 180	167	10.2	6.1
	Varón	Inferior	125 – 169	150	15.4	10.3
		Superior	165 – 190	176	9.8	5.6

Los resultados para el VCM, HCM y CHCM se muestran en la Tabla 2.

El VCM presentó un CV de 5,2% para el límite inferior y un 2,9% para el límite superior.

Por tanto, se evidenció menor variabilidad interlaboratorial en este parámetro, aunque el límite inferior sobrepasa el 5%. Se considera una buena homogeneidad relativa en el caso del límite superior y una variabilidad moderada en el caso del límite inferior. Dado que este parámetro nos permite clasificar a los eritrocitos de acuerdo con su tamaño, esta variabilidad puede alterar la clasificación de normocitosis frente a una microcitosis leve.

La HCM mostró un CV de 2,8% para el límite inferior y un 6,4% para el límite superior.

De acuerdo con estos resultados, se demostró una menor variabilidad interlaboratorial en el límite inferior y moderada en el límite superior, pudiendo considerarse una buena homogeneidad relativa en el caso del límite inferior y una variabilidad moderada en el caso del límite superior.



La CHCM presentó un CV de 2,9% para el límite inferior y un 3,1% para el límite superior. De acuerdo con estos resultados, se considera uno de los parámetros más homogéneos, ya que existe una menor variabilidad interlaboratorial tanto en el límite inferior, como en el límite superior.

Tabla 2. Media, desviación estándar y coeficiente de variación interlaboratorial de límites inferiores y superiores del VCM, HCM y CHCM

Parámetro	Sexo	Límite	Valores reportados	Media	DE	CV%
VCM	fL	Inferior	76 - 88	82.3	4.3	5.2
		Superior	92 - 100	96.3	2.8	2.9
HCM	pg	Inferior	26 - 28	27.2	0.75	2.8
		Superior	31 - 37	32.8	2.1	6.4
CHCM	g/L	Inferior	300 - 320	308	8.9	2.9
		Superior	340 - 370	352	10.8	3.1

Discusión

Los resultados del estudio demostraron que existe una variabilidad interlaboratorial considerable en los intervalos de referencia utilizados para la serie roja del hemograma por los laboratorios de la ciudad de Oruro. La magnitud de esta variabilidad no fue homogénea entre los parámetros, ni entre los límites inferiores y superiores.

El principal hallazgo corresponde al hematocrito, cuyo límite inferior presentó un CV de 15,2% en varones y 11,9% en mujeres. La amplitud de los límites reportados (0,31 a 0,51 L/L en varones y 0,31 a 0,48 L/L en mujeres) demuestra que existe una considerable diferencia entre los valores mínimos utilizados por los distintos laboratorios.

Esta heterogeneidad adquiere especial importancia porque el hematocrito, junto con la hemoglobina, se utiliza para evaluar el estado eritrocitario. Una diferencia considerable en el límite inferior puede modificar la interpretación de un resultado como disminuido o dentro del intervalo de referencia, clasificándolo como anemia de acuerdo con los intervalos de referencia utilizados en

un laboratorio y dentro de los parámetros normales en otro.

La hemoglobina presentó un comportamiento similar, aunque en menor magnitud (CV 9,1% en mujeres y 10,3% en varones en los límites inferiores y 6,1% y 5,6% respectivamente, en los límites superiores). Esta tendencia, caracterizada por una mayor dispersión de los límites inferiores, sugiere que los laboratorios presentan mayor heterogeneidad al definir el valor mínimo de referencia que al establecer el límite superior.

La relevancia de este resultado se relaciona con la interpretación de anemia. Sin embargo, debe aclararse que un intervalo de referencia no equivale necesariamente a un punto de corte diagnóstico. De acuerdo con Ozarda (2016) y la OMS (2024), la clasificación clínica de la anemia debe realizarse considerando criterios diagnósticos específicos y las características del paciente, mientras que los intervalos de referencia describen la distribución de una población de referencia.

En el caso del recuento de eritrocitos, la variabilidad fue menor que la observada para hematocrito y hemoglobina. El CV máximo correspondió al límite inferior masculino (8,9%), mientras que el menor fue observado en el límite superior masculino (5,3%). Lo señalado anteriormente demuestra que, aunque existe heterogeneidad, esta es menor que la observada en los anteriores parámetros.

La marcada variabilidad observada en hematocrito y hemoglobina puede estar relacionada con la diversidad de criterios empleados para la transferencia de los intervalos de referencia utilizados por los laboratorios, dependiendo de las fuentes bibliográficas consultadas o los factores biológicos y geográficos considerados o no, por cada laboratorio. Por esta razón, la existencia de diferentes límites no puede atribuirse únicamente a diferencias entre analizadores.

El comportamiento observado en los índices eritrocitarios fue diferente. El VCM presentó CV de 5,2% para el límite inferior y 2,9% para el superior, mientras que la CHCM presentó CV de 2,9% y 3,1%, respectivamente.



Estos resultados evidencian una menor heterogeneidad interlaboratorial.

La menor variabilidad de los índices eritrocitarios puede corresponder a que estos parámetros suelen presentar intervalos de referencia más estrechos y están condicionados por las características propias de los analizadores hematológicos automatizados. Además, VCM, HCM y CHCM presentan relaciones matemáticas con los otros parámetros de la serie roja, lo que puede favorecer cierta consistencia entre los intervalos utilizados.

Los resultados también respaldan la importancia de la partición por sexo. En eritrocitos, hematocrito y hemoglobina se observaron medias superiores en varones, comportamiento compatible con las diferencias fisiológicas reconocidas entre ambos sexos. Las recomendaciones para establecer intervalos de referencia indican que las variables biológicas relevantes deben considerarse al determinar subgrupos de referencia (Harris y Boyd, 1990; Ozarda, 2016).

Los resultados obtenidos pueden compararse con estudios multicéntricos internacionales. Ozarda et al. (2017) encontraron diferencias en los intervalos de referencia hematológicos entre regiones y sexos, resaltando la necesidad de considerar las características de la población antes de transferir intervalos de referencia.

Asimismo, los estudios internacionales sobre estandarización han demostrado que la utilización de intervalos de referencia diferentes puede dificultar la comparabilidad de los resultados entre laboratorios. Koerbin et al. (2014) señalaron que la estandarización de los intervalos debe basarse en evidencia relacionada con la población, variabilidad biológica, metodología analítica y criterios estadísticos.

Desde el punto de vista de la calidad del laboratorio, los resultados obtenidos justifican la necesidad de revisar los procedimientos mediante los cuales los laboratorios transfieren sus intervalos de referencia. La guía EP28-A3c del CLSI establece que los intervalos de referencia

transferidos desde otras fuentes deben ser evaluados para determinar su aplicabilidad a la población atendida. Por tanto, la extrapolación de intervalos proporcionados por fabricantes o utilizados históricamente debe complementarse con procesos de verificación.

Sin embargo, cabe señalar, que el presente estudio presenta una limitación metodológica importante. El análisis se realizó a partir de los intervalos de referencia declarados por 42 laboratorios situados en la ciudad de Oruro, por lo que los resultados no deben inferirse a la totalidad de los laboratorios existentes en el departamento de Oruro.

Otra limitación corresponde a la ausencia de información sobre el origen de cada intervalo de referencia aplicado por cada laboratorio, por lo que sería conveniente determinar si cada laboratorio utiliza intervalos establecidos mediante estudios propios, intervalos proporcionados por fabricantes, literatura científica, recomendaciones internacionales o transferencia de otros laboratorios. Esta información permitiría identificar posibles fuentes de la heterogeneidad observada.

A pesar de estas limitaciones, la inclusión de 42 laboratorios constituye una fortaleza importante, debido a que proporciona una aproximación a la situación de los intervalos de referencia de la serie roja en la ciudad de Oruro.

Conclusiones

Realizando una interpretación global de los resultados obtenidos se evidenció una variabilidad interlaboratorial clínicamente significativa, particularmente en el hematocrito y hemoglobina, debido a que presentan CV interlaboratorial mayor al 10%, lo cual indica ausencia de estandarización regional en los intervalos de referencia utilizados. Se observó una tendencia hacia una mayor variabilidad de los límites inferiores, afectando principalmente el diagnóstico de anemia.

Refiriéndose a los índices hematimétricos, presentan un CV menor al 5%, lo que sugiere mayor estandarización instrumental, ya que los mismos son calculados por los



analizadores hematológicos automatizados a partir de los eritrocitos, hemoglobina y hematocrito.

Los resultados respaldan la necesidad de desarrollar un estudio regional de transferencia o establecimiento de intervalos de referencia para la serie roja de la población de Oruro, tomando en cuenta la altitud como un factor geográfico determinante, siguiendo los lineamientos de la CLSI y la ISO 15189:2022. Por tanto, los resultados obtenidos constituyen, una línea de base para futuras investigaciones en el campo hematológico y los intervalos de referencia aplicados.

Referencias bibliográficas

- Castillo Magaña, R. B. (2016). Variabilidad biológica de la citometría hemática en estudiantes del nivel superior de la UAEMéx [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2010). Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; Approved guideline—Third edition (EP28-A3c). Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2010). Validation, verification, and quality assurance of automated hematology analyzers; Approved standard—Second edition (H26-A2). Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Harris, E. K., & Boyd, J. C. (1990). On dividing reference data into subgroups to produce separate reference ranges. *Clinical Chemistry*, 36(2), 265–270. Doi. org/10.1093/clinchem/36.2.265
- International Committee for Standardization in Haematology. (1981). The theory of reference values. *Clinical and Laboratory Haematology*, 3(4), 369–373.
- International Federation of Clinical Chemistry and International Committee for Standardization in Haematology. (1987). Approved recommendation (1986) on the theory of reference values. Part 1. The concept of reference values. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 25(5), 337–342.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO 15189:2022: Medical laboratories—Requirements for quality and competence. International Organization for Standardization.
- Klee, G. G. (2004). Clinical interpretation of reference intervals and reference limits. A plea for assay harmonization. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 42(7), 752–757. Doi. org/10.1515/CCLM.2004.127
- Koerbin, G., Sikaris, K. A., Jones, G. R. D., Ryan, J., Reed, M., Tate, J., & AACB Committee for Common Reference Intervals. (2014). Evidence-based approach to harmonised reference intervals. *Clinica Chimica Acta*, 432, 99–107. Doi. org/10.1016/j.cca.2013.10.021
- Martinez-Sanchez, Luisa, Marques-García, Fernando, Ozarda, Yesim, Blanco, Albert, Brouwer, Nannette, Canalias, Francesca, Cobbaert, Christa, Thelen, Marc and den Elzen, Wendy. "Big data and reference intervals: rationale, current practices, harmonization and standardization prerequisites and future perspectives of indirect determination of reference intervals using routine data" *Advances in Laboratory Medicine / Avances en Medicina de Laboratorio*, vol. 2, no. 1, 2021, pp. 9-16. Doi.org/10.1515/almed-2020-0034
- Montalvo Loyola, K. O. N. (2024). Intervalos de referencia en biometría hemática de población adulta a 4107 m.s.n.m, en el Hospital de Apoyo Junín - MINSA, 2024 [Tesis de Segunda Especialidad, Universidad Norbert Wiener].
- Ozarda, Y. (2016). Reference intervals: Current status, recent developments and future considerations. *Biochemia Medica*, 26(1), 5–16. Doi. org/10.11613/BM.2016.001
- Ozarda, Y., Ichihara, K., Bakan, E., Polat, H., Ozturk, N.,



Baygutalp, N. K., Taneli, F., Macit, D., et al. (2017). A nationwide multicentre study in Turkey for establishing reference intervals of haematological parameters with novel use of a panel of whole blood. *Biochemia Medica*, 27(2), 350–377. Doi.org/10.11613/BM.2017.038

Romero S., H. & Caraballo S., A. (2019). Recuentos celulares. En *Hematología Práctica* (pp. 51-78).3536

Siebenmann, C., Robach, P., & Lundby, C. (2017). Regulation of blood volume in lowlanders exposed to high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 123(4), 957–966. Doi.org/10.1152/jappphysiol.00118.2017

Solberg, H. E. (1987). Approved recommendation (1986) on the theory of reference values. Part 1. The concept of reference values. *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 25(5), 337–342.

Villafuerte, F. C., Simonson, T. S., Bermudez, D., & León-Velarde, F. (2022). High-altitude erythrocytosis: Mechanisms of adaptive and maladaptive responses. *Physiology*, 37(4), 300–312. Doi.org/10.1152/physiol.00029.2021

Viza Quispe, J. (2025). Establecimiento y transferencia de intervalos de referencia hematológicos en adultos a más de 5000 msnm en La Rinconada Juliaca-Puno, 2026 [Tesis de Segunda Especialidad, Universidad Norbert Wiener].

World Health Organization. (2024). Guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations. World Health Organization.

Yoll-Guilarte, L., & Acosta-García, E. (2022). Verificación y transferencia de intervalos de referencia de variables bioquímicas de rutina. *Medicina & Laboratorio*, 26(4), 365–374.

Conflicto de intereses

La autora declara que no existe conflicto de interés.

Sobre la declaración ética del uso de IA en el artículo

Se declara que se utilizó ChatGPT (modelo GPT-5.1, OpenAI, agosto 2026) únicamente para mejorar la claridad lingüística, parafrasear y lograr coherencia textual.

La IA no generó ideas, argumentos, datos, ni interpretaciones.

La autora verificó toda la información factual y asume responsabilidad total por el contenido final.

