RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de los parámetros reticulocitarios

Influência do tempo e da temperatura de armazenamento na estabilidade dos parâmetros reticulocitários

Influence of storage time and temperature on the stability of reticulocyte parameters

Julia Eduarda Sartori[1] – Universidade Paranaense, julia.sartori@edu.unipar.br
Maria Gabriele Valchak[1] – Universidade Paranaense, m.valchak@edu.unipar.br
Anderson Felipe Ferreira[2] – Universidade Paranaense, andersonf@prof.unipar.br
[1] Estudiante de la carrera de Biomedicina de Universidade Paranaense – UNIPAR Cascavel, PR.
[2] Biomédico hematólogo; Máster en Biociencias y Salud. Docente de Universidade Paranaense – UNIPAR Cascavel, PR.

Resumen: Los reticulocitos son marcadores de la actividad eritropoyética, cuya evaluación puede verse influida por las condiciones preanalíticas. Objetivo: Evaluar la influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad del recuento relativo de reticulocitos y de la fracción de reticulocitos inmaduros (IRF). Materiales y métodos: Estudio experimental, prospectivo y cuantitativo, realizado con 20 muestras de sangre periférica de recién nacidos y de cordón umbilical, recogidas en EDTA, procedentes de un laboratorio privado. Tras excluir una muestra, se analizaron 19 en el equipo Beckman Coulter DxH 900, a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas, a temperatura ambiente (22–25 °C) y bajo refrigeración (2–8 °C). Resultados: El recuento relativo de reticulocitos presentó una reducción significativa entre las 0 y las 18 horas y entre las 0 y las 24 horas en las muestras mantenidas a temperatura ambiente, mientras que bajo refrigeración no se observaron diferencias significativas a lo largo del tiempo. La temperatura tuvo un efecto significativo sobre el recuento ($p = 0,0036$). La IRF no presentó cambios significativos en ninguna de las condiciones. Conclusión: La refrigeración se asoció al mantenimiento del recuento relativo de reticulocitos durante las 24 horas evaluadas, mientras que el almacenamiento a temperatura ambiente presentó cambios después de 18 horas. La IRF permaneció sin variaciones estadísticamente significativas, reforzando la importancia del control de las condiciones de almacenamiento en la fase preanalítica.

Palabras clave: Análisis Clínicos, Fase preanalítica, Reticulocitos, Control de Calidad, Hematología.

Resumo: Os reticulócitos são marcadores da atividade eritropoiética, cuja avaliação pode ser influenciada pelas condições pré-analíticas. Objetivo: avaliar a influência do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade da contagem relativa de reticulócitos e da fração de reticulócitos imaturos (IRF). Materiais e métodos: estudo experimental, prospectivo e quantitativo, realizado com 20 amostras de sangue periférico de recém-nascidos e de cordão umbilical, coletadas em EDTA, provenientes de um laboratório privado. Após a exclusão de uma amostra, 19 foram analisadas no equipamento Beckman Coulter DxH 900, nos tempos de 0, 6, 12, 18 e 24 horas, sob temperatura ambiente (22–25 °C) e refrigeração (2–8 °C). Resultados: a contagem relativa de reticulócitos apresentou redução significativa entre 0 e 18 horas e entre 0 e 24 horas nas amostras mantidas à temperatura ambiente, enquanto não foram observadas diferenças significativas ao longo do tempo sob refrigeração. A temperatura apresentou efeito significativo sobre a contagem ($p = 0,0036$). O IRF não apresentou alterações significativas em nenhuma das condições. Conclusão: a refrigeração esteve associada à manutenção da contagem relativa de reticulócitos durante as 24 horas avaliadas, enquanto o armazenamento à temperatura ambiente apresentou alterações após 18 horas. O IRF permaneceu sem variações estatisticamente significativas, reforçando a importância do controle das condições de armazenamento na fase pré-analítica.

Palavras-chave: Análises Clínicas, Fase pré-analítica, Reticulócitos, Controle de Qualidade, Hematologia.

Abstract: Reticulocytes are markers of erythropoietic activity, and their assessment may be influenced by preanalytical conditions. Objective: To evaluate the influence of storage time and temperature on the stability of the reticulocyte percentage and immature reticulocyte fraction (IRF). Materials and Methods: This experimental, prospective, quantitative study included 20 peripheral blood samples from newborns and umbilical cord blood samples collected in EDTA at a private laboratory. After excluding one sample, 19 samples were analyzed using the Beckman Coulter DxH 900 hematology analyzer at 0, 6, 12, 18, and 24 hours under room temperature (22–25 °C) and refrigerated (2–8 °C) conditions. Results: The reticulocyte percentage decreased significantly between 0 and 18 hours and between 0 and 24 hours in samples stored at room temperature, whereas no significant differences over time were observed under refrigeration. Storage temperature had a significant effect on the reticulocyte percentage ($p = 0.0036$). No significant changes in IRF were observed under either storage condition. Conclusion: Refrigeration was associated with the maintenance of reticulocyte percentages throughout the 24-hour evaluation period, whereas room-temperature storage was associated with significant changes after 18 hours. IRF remained statistically unchanged under both conditions, highlighting the importance of controlling storage conditions during the preanalytical phase.

Keywords: Clinical Analysis, Pre-analytical phase, Reticulocytes, Quality Control, Hematology.

1. Introducción

La hematopoyesis es el proceso de formación de las células sanguíneas a partir de las células madre hematopoyéticas, mientras que la eritropoyesis corresponde a la producción y maduración de los eritrocitos, regulada principalmente por la eritropoyetina (EPO) (Paiva; Rego, 2014; Hall; Hall, 2021). Durante este proceso, la extrusión del núcleo de los precursores eritroides origina los reticulocitos, células inmaduras que contienen ARN residual y completan su maduración en la circulación periférica en aproximadamente uno o dos días (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

El recuento de reticulocitos constituye un indicador importante de la actividad eritropoyética de la médula ósea, que contribuye a la investigación y al seguimiento de las anemias y a la evaluación de la respuesta terapéutica. Actualmente, los analizadores hematológicos automatizados permiten cuantificar estas células y evaluar parámetros complementarios, como la fracción de reticulocitos inmaduros (IRF), contribuyendo a la evaluación de la producción eritrocitaria y a la estandarización de los resultados de laboratorio (Gois et al., 2019; João; Pinto; Costa, 2008).

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

Sin embargo, la fiabilidad de los resultados depende de las condiciones preanalíticas, especialmente del tiempo transcurrido entre la extracción y el análisis y de la temperatura de almacenamiento. Dado que los reticulocitos continúan su proceso de maduración después de la extracción, los cambios celulares durante el almacenamiento pueden modificar la cantidad de ARN residual e interferir en su identificación y cuantificación. Por tanto, los retrasos en el procesamiento pueden comprometer la representatividad de los resultados y su interpretación clínica (Briggs et al., 2014; Schapkaitz; Pillay, 2015; Urbina; Palomino, 2018).

La evaluación de la estabilidad de los parámetros reticulocitarios en diferentes condiciones de almacenamiento es relevante para la rutina del laboratorio, especialmente cuando no es posible procesar las muestras inmediatamente. La investigación de los efectos del tiempo y de la temperatura puede contribuir a mejorar los procedimientos preanalíticos y a obtener resultados más fiables. Sin embargo, las condiciones de conservación deben evaluarse teniendo en cuenta el tipo de muestra y el método analítico empleado.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia del tiempo y de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de los parámetros reticulocitarios en muestras de sangre periférica de recién nacidos y de sangre de cordón umbilical, recogidas en tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Para ello, se compararon los resultados del recuento relativo de reticulocitos y de la IRF obtenidos inmediatamente después de la extracción y después de 6, 12, 18 y 24 horas de almacenamiento a temperatura ambiente y bajo refrigeración, utilizando un analizador hematológico automatizado.

2. Marco teórico

2.1. Hematopoyesis y células madre hematopoyéticas

La hematopoyesis es el proceso responsable de la formación, renovación y mantenimiento de las células sanguíneas a lo largo de la vida. Se produce principalmente en la médula ósea y depende de las células madre hematopoyéticas (CMH), que tienen capacidad de autorrenovación y diferenciación en los distintos linajes sanguíneos. La autorrenovación mantiene la reserva de estas células, mientras que la diferenciación asegura la producción de eritrocitos, leucocitos y plaquetas según las necesidades fisiológicas del organismo y en situaciones de mayor demanda, como las hemorragias (Paiva e Rego, 2014; Silva Junior; Odongo; Dulley, 2009).

La regulación de la hematopoyesis implica factores de crecimiento y citocinas que controlan la proliferación y la diferenciación celular. En la eritropoyesis destaca la eritropoyetina (EPO), hormona producida predominantemente por los riñones en respuesta a la disminución de la disponibilidad de oxígeno en los tejidos. Su función principal es estimular la supervivencia y la maduración de los precursores eritroides, favoreciendo la producción de hematíes (Paiva; Rego, 2014).

Durante el desarrollo embrionario y fetal, la hematopoyesis se produce en distintos sitios, incluidos la placenta y el hígado fetal. Posteriormente, la médula ósea asume progresivamente esta función y se establece como el principal lugar de producción de células sanguíneas, papel que mantiene después del nacimiento (Paiva; Rego, 2014).

2.1.1. Eritropoyesis

La eritropoyesis corresponde a la formación y maduración de los eritrocitos, proceso que ocurre predominantemente en la médula ósea roja. Su función es mantener una cantidad adecuada de hematíes para transportar oxígeno a los tejidos. Como estas células tienen una vida media aproximada de 120 días, su producción se realiza continuamente para compensar la eliminación de las células envejecidas (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

El proceso comienza con las CMH, que originan progenitores eritroides sometidos a sucesivas etapas de diferenciación: proeritroblasto, eritroblasto basófilo, eritroblasto policromatófilo, eritroblasto ortocromático, reticulocito y eritrocito maduro. Durante la maduración se producen la reducción del tamaño celular, la condensación de la cromatina, la síntesis de hemoglobina y la expulsión del núcleo. Tras su liberación a la circulación, el reticulocito completa la maduración y se transforma en eritrocito (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

La eritropoyesis está regulada principalmente por la EPO, que actúa sobre los precursores eritroides de la médula ósea, favoreciendo su supervivencia, proliferación y diferenciación. Además de este estímulo hormonal, la producción adecuada de hematíes depende de la disponibilidad de nutrientes como hierro, vitamina B12, ácido fólico, vitamina B6 y aminoácidos (Zago; Falcão; Pasquini, 2014).

El hierro es esencial para la síntesis del grupo hemo y, por consiguiente, de la hemoglobina. Se estima que aproximadamente entre el 60% y el 70% del hierro corporal se encuentra incorporado en la hemoglobina de los eritrocitos, lo que evidencia su importancia para la eritropoyesis y el transporte de oxígeno (Negri, 2017).

2.2. Reticulocitos y aplicaciones clínicas

Los reticulocitos son células inmaduras del linaje eritroide, liberadas por la médula ósea a la circulación periférica antes de completar su maduración. Se caracterizan por la presencia de ARN residual y de componentes celulares remanentes, que se eliminan gradualmente durante la transformación en eritrocitos maduros (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; João; Pinto; Costa, 2008).

Después de su liberación a la circulación, los reticulocitos permanecen aproximadamente uno o dos días en maduración, período durante el cual se producen la degradación del ARN residual, la eliminación de orgánulos y la remodelación de la membrana y del citoesqueleto. Estos cambios dan lugar a células maduras, especializadas en el transporte de oxígeno (Urbina; Palomino, 2018; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

El recuento de reticulocitos es un indicador de la actividad eritropoyética de la médula ósea, ya que refleja la producción reciente de hematíes. Los valores elevados pueden aparecer en situaciones de respuesta compensatoria, como hemólisis y hemorragia, mientras que los valores reducidos pueden indicar una producción eritroide insuficiente, asociada, por ejemplo, a afectación medular, deficiencia de eritropoyetina o carencias nutricionales (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

Este parámetro también se utiliza para el seguimiento de la respuesta terapéutica de las anemias y para evaluar la recuperación medular después de tratamientos hematológicos. El recuento puede realizarse mediante métodos manuales, con tinción supravital, o con analizadores hematológicos automatizados, que identifican los reticulocitos por su contenido de ARN residual. Los métodos automatizados favorecen la estandarización, la rapidez y la reproducibilidad de los resultados (Zago; Falcão; Pasquini, 2014; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

2.3. Métodos de análisis y parámetros reticulocitarios

Los analizadores hematológicos automatizados permiten evaluar distintos parámetros reticulocitarios. Entre ellos, los recuentos relativo y absoluto de reticulocitos proporcionan información sobre la producción eritroide, mientras que la fracción de reticulocitos inmaduros (Immature Reticulocyte Fraction – IRF) ayuda a evaluar la actividad eritropoyética reciente.

En los sistemas que utilizan fluorescencia, los reticulocitos pueden clasificarse según la intensidad de la señal en fracciones de fluorescencia baja (LFR), media (MFR) y alta (HFR).

Esta clasificación se relaciona con la cantidad de ARN residual: las células más inmaduras presentan mayor fluorescencia, mientras que la intensidad disminuye durante la maduración. La IRF corresponde a la suma de las fracciones de fluorescencia media y alta (MFR + HFR) (João; Pinto; Costa, 2008).

El recuento absoluto de reticulocitos complementa el porcentaje, ya que expresa el número de células por unidad de volumen sanguíneo. Por su parte, la hemoglobina reticulocitaria, comunicada como CHr o Ret-He según el equipo, estima el contenido de hemoglobina de los reticulocitos y ayuda a evaluar la disponibilidad funcional de hierro para la eritropoyesis reciente (Mast; Blinder; Dietzen, 2008; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020).

La interpretación de estos parámetros exige prestar atención al grupo de edad. En el período neonatal, la actividad eritropoyética y el recuento de reticulocitos son fisiológicamente elevados al nacimiento y experimentan cambios tras la transición a la vida extrauterina. Por ello, los resultados deben interpretarse utilizando intervalos de referencia adecuados para la edad, evitando aplicar directamente a los recién nacidos los valores de los adultos (Al-Ghananim et al., 2016; Parodi; Romano; Ramenghi, 2020; Ringoringo et al., 2023; Cerri; Dionisio, 2024).

2.4. Factores preanalíticos y estabilidad de las muestras

La fase preanalítica comprende las etapas previas al análisis de laboratorio, incluidas la extracción, identificación, transporte, almacenamiento y procesamiento de las muestras. En hematología, el control de estas etapas es esencial, ya que las condiciones de conservación pueden modificar las características celulares y comprometer la fiabilidad de los resultados (Silva et al., 2016; Mankar et al., 2024).

La estabilidad de los reticulocitos merece especial atención, ya que estas células presentan ARN residual que disminuye progresivamente durante la maduración. El intervalo entre la extracción y el análisis, así como la temperatura de almacenamiento, puede influir en los resultados. Zhou et al. (2026) recomiendan, según lo descrito en la referencia original, realizar el análisis preferentemente dentro de las seis horas a temperatura ambiente o almacenar las muestras refrigeradas cuando exista demora. Sin embargo, las condiciones de estabilidad deben considerarse de acuerdo con el método y el analizador utilizados.

Los estudios citados en la literatura presentan resultados diferentes según las condiciones evaluadas. George, Basu y Kar (2022) observaron estabilidad durante un máximo de seis horas, con cambios en la maduración de los reticulocitos después de 24 horas. Khalid et

al. (2025) comunicaron una reducción del recuento manual después de 24 horas bajo refrigeración, mientras que Rocha et al. (2024) señalaron el beneficio de la refrigeración para conservar los parámetros reticulocitarios en sistemas automatizados. Estas diferencias refuerzan la necesidad de evaluar conjuntamente el tiempo y la temperatura de almacenamiento, considerando las particularidades de cada método analítico.

Para el análisis hematológico se utiliza habitualmente sangre total recogida en tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), anticoagulante que actúa mediante la quelación del calcio e impide la coagulación. La proporción adecuada entre sangre y anticoagulante, así como la correcta homogeneización después de la extracción, contribuye a preservar la calidad de la muestra (Briggs et al., 2014; Silva et al., 2016).

Por tanto, evaluar la estabilidad de los parámetros reticulocitarios en diferentes intervalos y temperaturas de almacenamiento es relevante para establecer condiciones de procesamiento compatibles con la fiabilidad de los resultados de laboratorio.

2.5. Importancia del control de calidad de las muestras en el análisis de reticulocitos

El recuento de reticulocitos se utiliza para evaluar la actividad eritropoyética, ayudar al seguimiento de las anemias y monitorizar la respuesta terapéutica y la recuperación hematopoyética. La fiabilidad de estos resultados depende del control de las etapas preanalítica, analítica y posanalítica, ya que los fallos en cualquiera de ellas pueden comprometer la interpretación clínica (Leonart, 2007; Urbina; Palomino, 2018).

La fase preanalítica merece especial atención, ya que el tiempo entre la extracción y el análisis, la temperatura y las condiciones de almacenamiento pueden influir en la estabilidad de los reticulocitos. Durante la conservación de la muestra, estas células continúan el proceso de maduración, con una reducción progresiva del ARN residual. Estos cambios pueden modificar el recuento de reticulocitos y la distribución de sus fracciones de maduración, comprometiendo la representatividad de los resultados respecto al estado del paciente en el momento de la extracción (Urbina; Palomino, 2018).

La calidad analítica también depende de la estandarización de los procedimientos, del mantenimiento y calibración de los equipos y del uso de controles internos y externos. Aunque los analizadores hematológicos automatizados ofrecen mayor estandarización y reproducibilidad, su rendimiento debe monitorizarse continuamente. El recuento manual, por su parte, exige protocolos bien definidos y profesionales capacitados, dada su mayor dependencia de la evaluación del observador (Leonart, 2007).

En este contexto, el control de calidad debe abarcar todas las etapas del proceso de laboratorio, incluidos los procedimientos operativos estandarizados, la formación del personal, la monitorización de los equipos y el cumplimiento de las condiciones recomendadas para la extracción, transporte y almacenamiento. La definición de límites adecuados para el tiempo de procesamiento y la temperatura de conservación contribuye a reducir los cambios preanalíticos y a aumentar la fiabilidad de los parámetros reticulocitarios (Leonart, 2009; Urbina; Palomino, 2018).

3. Materiales y métodos

3.1. Diseño del estudio y selección de las muestras

Se trata de un estudio experimental, prospectivo, de enfoque cuantitativo, realizado en un laboratorio privado de análisis clínicos, con muestras de sangre periférica de recién nacidos y de sangre de cordón umbilical. Se seleccionaron muestras neonatales porque presentan fisiológicamente un mayor número de reticulocitos que las de adultos, lo que favorece la evaluación de las variaciones de este parámetro durante el almacenamiento.

El estudio se realizó tras la aprobación del Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos (CEPEH), con el CAAE n.º 00322926.0.0000.0109 y el dictamen n.º 8.669.259, respetando los principios éticos aplicables a la investigación con seres humanos.

Inicialmente se incluyeron 20 muestras, recogidas en tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), con un volumen mínimo de 3 mL. Se consideraron elegibles las muestras íntegras, sin evidencia macroscópica de coagulación o hemólisis y cuyo análisis inicial pudiera realizarse inmediatamente después de la extracción. Se excluyeron las muestras con volumen insuficiente, coagulación, hemólisis, anticoagulante inadecuado o fallos analíticos que impidieran obtener los resultados. Tras excluir una muestra, se incluyeron 19 en el análisis final.

3.2. Condiciones de almacenamiento y tiempos de análisis

Cada muestra se evaluó inmediatamente después de la extracción (tiempo cero) y se sometió a dos condiciones de almacenamiento: temperatura ambiente (22–25 °C) y refrigeración (2–8 °C). Los análisis posteriores se realizaron después de 6, 12, 18 y 24 horas. Los resultados obtenidos en los distintos intervalos se compararon para evaluar las variaciones

de los parámetros reticulocitarios a lo largo del tiempo y entre las dos condiciones de almacenamiento.

3.3. Evaluación de laboratorio

Los análisis se realizaron en un analizador hematológico automatizado Beckman Coulter® DxH 900®, sometido al control interno de calidad según la rutina del laboratorio. Se evaluaron dos parámetros: el recuento relativo de reticulocitos (%) y la fracción de reticulocitos inmaduros (immature reticulocyte fraction — IRF), ambos proporcionados por el equipo.

3.4. Análisis estadístico

Los datos se organizaron en una hoja de cálculo electrónica y se analizaron con el programa GraphPad Prism®, versión 10.1. Inicialmente se realizó un análisis descriptivo, presentando los resultados como media y desviación estándar (DE), y se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk.

Para evaluar los efectos del tiempo y de la temperatura de almacenamiento sobre el recuento relativo de reticulocitos, se utilizó un análisis de varianza de dos vías para medidas repetidas (two-way repeated-measures ANOVA), con la corrección de Greenhouse–Geisser para los efectos relacionados con el tiempo. Las comparaciones entre las condiciones de almacenamiento en cada intervalo se realizaron mediante la prueba t para muestras pareadas o la prueba de Wilcoxon para datos pareados, según la distribución de las diferencias, ajustando los valores de p con el método de Holm–Bonferroni. Para comparar los distintos tiempos de almacenamiento dentro de cada condición, se utilizaron la prueba de Friedman y, cuando correspondía, la prueba de comparaciones múltiples de Dunn. Se adoptó un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$).

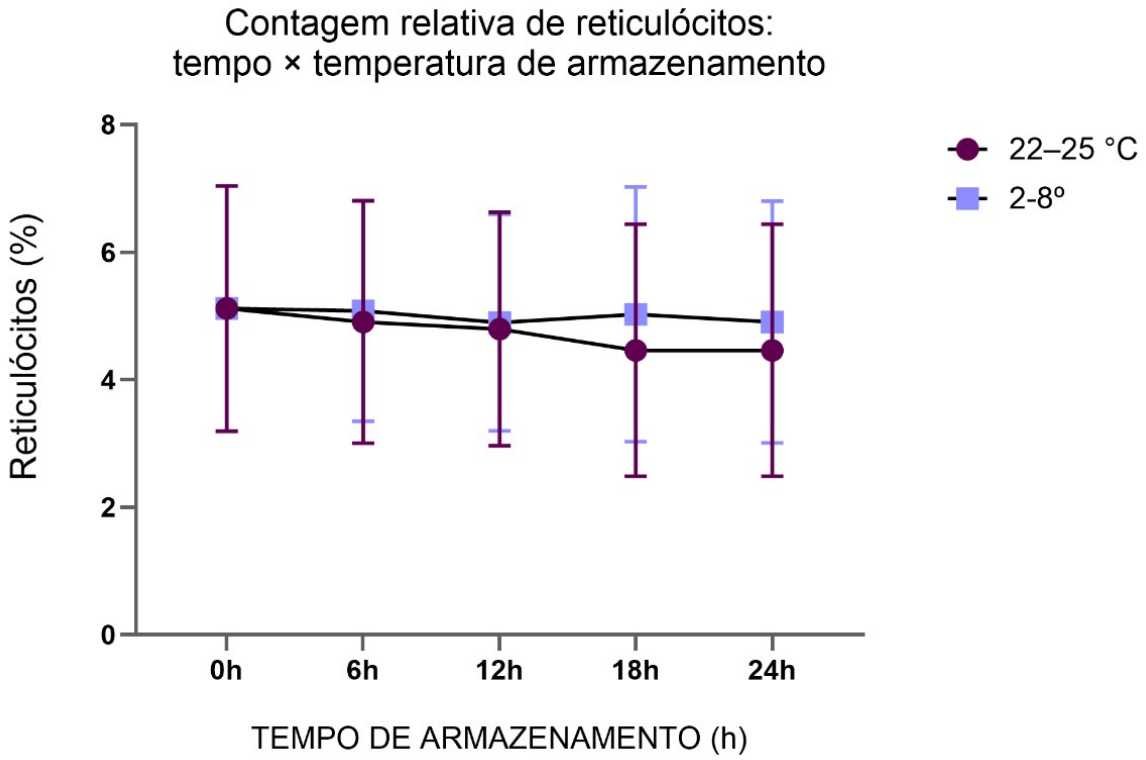
4. Resultados y discusión

El análisis de los parámetros reticulocitarios se realizó en 19 muestras. Como se presenta en la Figura 1, el ANOVA de dos vías para medidas repetidas no identificó un efecto significativo del tiempo de almacenamiento ($p = 0,1226$) ni una interacción significativa entre tiempo y temperatura ($p = 0,0561$). Sin embargo, se observó un efecto principal significativo de la temperatura de almacenamiento ($p = 0,0036$).

En las comparaciones entre las condiciones de almacenamiento en cada intervalo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas a las 6 horas ($p = 0,0536$) ni a las 12

horas (p = 0,3747). Sin embargo, se identificaron diferencias a las 18 horas (p = 0,0092) y a las 24 horas (p = 0,0327), tras el ajuste por comparaciones múltiples mediante el método de Holm–Bonferroni.

Figura 1 – Variación del recuento relativo de reticulocitos (%) en función del tiempo y de la temperatura de almacenamiento.



Rótulos de la figura: Reticulócitos = Reticulocitos; tempo × temperatura de armazenamento = tiempo × temperatura de almacenamiento; tempo de armazenamento (h) = tiempo de almacenamiento (h).
Nota: Los datos se presentan como media ± DE de 19 muestras, evaluadas a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas, a temperatura ambiente (22–25 °C) y bajo refrigeración (2–8 °C). El análisis se realizó mediante ANOVA de dos vías para medidas repetidas, con la corrección de Geisser–Greenhouse para los efectos relacionados con el tiempo. No se observaron efectos significativos del tiempo (p = 0,1226) ni de la interacción entre tiempo y temperatura (p = 0,0561). Se observó un efecto principal significativo de la temperatura de almacenamiento (p = 0,0036). Fuente: Elaborado por los autores (2026).

Las comparaciones entre las condiciones de almacenamiento en cada tiempo de análisis no identificaron diferencias estadísticamente significativas a las 6 horas (p = 0,0536) ni a las 12 horas (p = 0,3747). Sin embargo, se observaron diferencias significativas a las 18 horas (p = 0,0092) y a las 24 horas (p = 0,0327). Estos resultados indican diferencias entre las condiciones de almacenamiento en los períodos finales evaluados, aunque el ANOVA global no identificó una interacción significativa entre tiempo y temperatura.

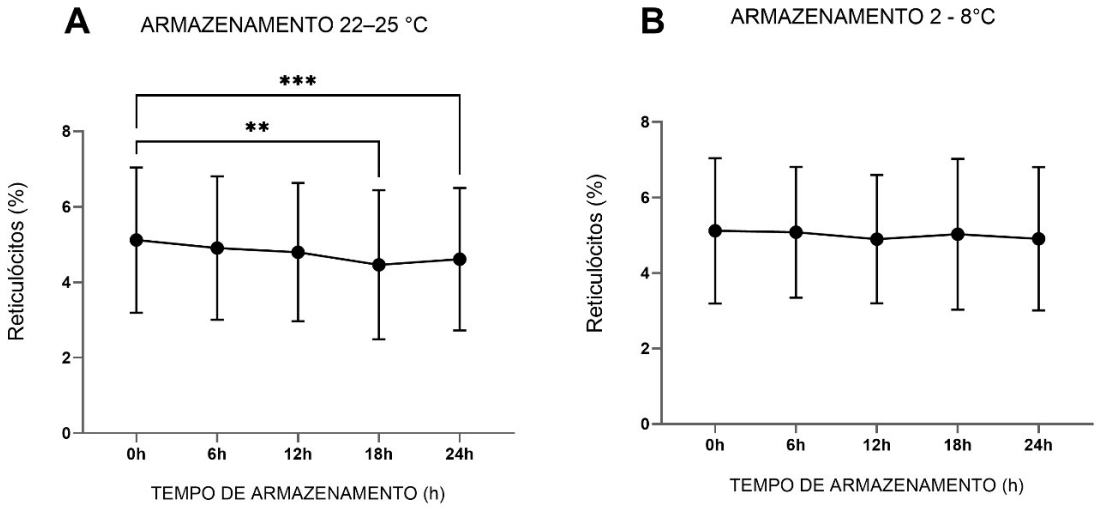
En las muestras almacenadas a temperatura ambiente (Fig. 2A), se observó una diferencia significativa en los valores de reticulocitos entre los tiempos evaluados (prueba de Friedman, p = 0,0003). Las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn identificaron

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 04/10/2026 | aceito: 11/10/2026 | publicação: 16/10/2026

diferencias significativas entre el tiempo inicial (0 h) y las 18 horas (p = 0,0059), así como entre las 0 h y las 24 horas (p = 0,0010). Las demás comparaciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

En las muestras almacenadas bajo refrigeración (Fig. 2B), no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de reticulocitos entre los tiempos evaluados (prueba de Friedman, p = 0,6225). Las medias presentaron poca variación a lo largo de las 24 horas de almacenamiento, sin diferencias significativas entre las evaluaciones.

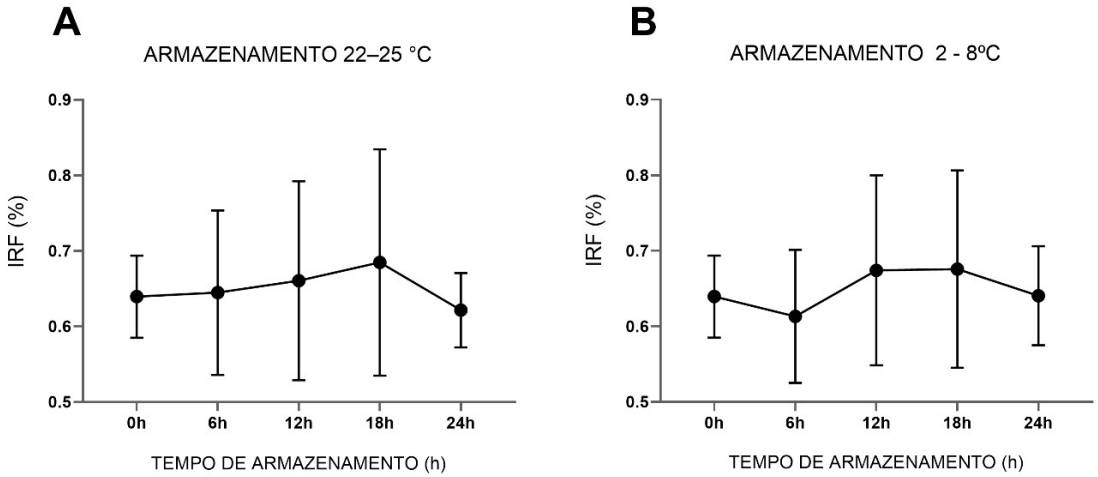
Figura 2 – Variación del recuento relativo de reticulocitos durante el almacenamiento a temperatura ambiente (22–25 °C) y bajo refrigeración (2–8 °C).



Rótulos de la figura: Armazenamento = Almacenamiento; Reticulócitos (%) = Reticulocitos (%); tempo de armazenamento (h) = tiempo de almacenamiento (h).
Nota: (A) Los datos se presentan como media ± DE de 19 muestras. La comparación global entre los tiempos se realizó mediante la prueba de Friedman (p = 0,0003), seguida de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn. Se identificaron diferencias significativas entre las 0 y las 18 horas (p = 0,0059) y entre las 0 y las 24 horas (p = 0,0010). **p < 0,01; ***p < 0,001. (B) No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de almacenamiento mediante la prueba de Friedman (p = 0,6225). Fuente: Elaborado por los autores (2026).

La fracción de reticulocitos inmaduros (IRF) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de almacenamiento, tanto en las muestras mantenidas a temperatura ambiente (prueba de Friedman, p = 0,6240) como en las refrigeradas (p = 0,7581). Aunque se observaron pequeñas oscilaciones en las medias a lo largo de las 24 horas, no se identificó un cambio temporal significativo en ninguna de las condiciones evaluadas (Figura 3).

Figura 3 – Variación de la fracción de reticulocitos inmaduros (IRF) en función del tiempo y de la temperatura de almacenamiento.



Rótulos de la figura: Armazenamento = Almacenamiento; tempo de armazenamento (h) = tiempo de almacenamiento (h); IRF = fracción de reticulocitos inmaduros.
Nota: Los datos se presentan como media ± DE de 19 muestras, evaluadas a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas. (A) Muestras almacenadas a temperatura ambiente; (B) muestras almacenadas bajo refrigeración. No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos mediante la prueba de Friedman en las muestras mantenidas a temperatura ambiente ($p = 0,6240$) o bajo refrigeración ($p = 0,7581$).

Nuestros resultados revelan que el recuento relativo de reticulocitos presentó una reducción significativa después de 18 horas de almacenamiento a temperatura ambiente, mientras que, bajo refrigeración (2–8 °C), no se observaron diferencias significativas a lo largo de las 24 horas. Este hallazgo concuerda parcialmente con Rocha et al. (2024), quienes comunicaron estabilidad de los reticulocitos y del índice de reticulocitos inmaduros (IRF) en muestras refrigeradas durante un máximo de 72 horas. Aunque los períodos de estabilidad observados son distintos, los resultados refuerzan la importancia de la temperatura de almacenamiento para preservar los parámetros reticulocitarios.

La influencia de la temperatura sobre la estabilidad de los parámetros hematológicos también fue observada por Dalanhol et al. (2010), quienes identificaron cambios significativos en el hematocrito, el volumen corpuscular medio (VCM) y la amplitud de distribución eritrocitaria (RDW) en muestras mantenidas a temperatura ambiente, con resultados discrepantes después de 12 horas de almacenamiento. Estos cambios no se observaron en las mismas condiciones bajo refrigeración. Los autores consideraron satisfactoria la emisión de los resultados entre 12 y 24 horas después de la extracción. Aunque el estudio evaluó parámetros hematológicos distintos de los reticulocitos, sus hallazgos refuerzan la relevancia de las condiciones de almacenamiento para la fiabilidad de las pruebas de laboratorio. En este estudio, el efecto principal significativo de la temperatura en el ANOVA de dos vías ($p = 0,0036$) también evidencia la influencia de esta variable sobre el recuento relativo de reticulocitos.

Además, Ferreira et al. (2023) también investigaron los efectos del tiempo y de la temperatura de almacenamiento sobre la morfología celular y observaron equinocitosis artefactual en el 35% de las muestras después de 8 horas a temperatura ambiente, alcanzando el 100% después de 24 horas. Bajo refrigeración, este cambio se observó en todas las muestras solo después de 48 horas, mientras que los leucocitos permanecieron estables durante un máximo de 12 horas. Los autores concluyeron que la refrigeración retrasa los cambios morfológicos y recomendaron procesar las muestras dentro de las 12 horas a temperatura ambiente y de las 24 horas bajo refrigeración.

Aunque estos hallazgos se refieren a la morfología celular, y no específicamente a los parámetros reticulocitarios, refuerzan la importancia de controlar la temperatura y el tiempo de almacenamiento. En el presente estudio, la reducción significativa del recuento relativo de reticulocitos se identificó a partir de las 18 horas a temperatura ambiente, resultado que destaca la necesidad de considerar la estabilidad específica de cada parámetro de laboratorio.

En relación con la IRF, no se observaron diferencias significativas a lo largo de las 24 horas de almacenamiento, tanto a temperatura ambiente como bajo refrigeración. Este resultado concuerda parcialmente con Rocha et al. (2024), quienes comunicaron solo una leve reducción de la correlación a lo largo de 72 horas en muestras refrigeradas.

Sin embargo, Khalid et al. (2025) observaron una reducción significativa del recuento manual de reticulocitos después de 24 horas bajo refrigeración (2–8 °C), del 2,99% al 2,41%, lo que difiere de los resultados obtenidos para el recuento relativo de reticulocitos en el presente estudio. Esta diferencia debe interpretarse considerando las particularidades metodológicas, ya que los autores destacaron la dependencia del observador y la baja reproducibilidad del recuento manual, además de la ausencia de comparación con métodos automatizados.

En conjunto, estas evidencias sugieren que la estabilidad de los parámetros reticulocitarios puede variar según el método analítico empleado, reforzando la importancia de considerar las características del procedimiento utilizado al comparar estudios y establecer condiciones de almacenamiento.

5. Conclusión

Los resultados demostraron que la temperatura de almacenamiento influyó significativamente en el recuento relativo de reticulocitos. En las muestras mantenidas a temperatura ambiente, se observaron reducciones significativas después de 18 y 24 horas, mientras que, bajo refrigeración (2–8 °C), no se identificaron diferencias significativas a lo

largo de las 24 horas evaluadas. Para el índice de IRF, no se observaron cambios significativos en ninguna de las condiciones de almacenamiento.

Estos hallazgos refuerzan la importancia del control del tiempo y de la temperatura en la fase preanalítica para la fiabilidad de los resultados reticulocitarios. La refrigeración se mostró como una alternativa asociada al mantenimiento de los valores de reticulocitos durante el período evaluado, aunque son necesarios estudios adicionales para confirmar estos hallazgos en diferentes poblaciones, condiciones de almacenamiento y sistemas analíticos.

Referencias

ABDRHMAN, B. Reticulocyte indexes and their significance. Med Discoveries, v. 3, n. 3, art. 1135, 2024.

AL-GHANANIM, R. T.; NALBANT, D.; SCHMIDT, R. L.; CRESS, G. A.; ZIMMERMAN, M. B.; WIDNESS, J. A. Reticulocyte Hemoglobin Content During the First Month of Life in Critically Ill Very Low Birth Weight Neonates Differs From Term Infants, Children, and Adults. Journal of Clinical Laboratory Analysis, v. 30, n. 4, p. 326-334, 2016.

BECKMAN COULTER. COULTER DxH Retic Pack 628021: instruções de uso (Instructions for Use). Revision AB. Brea, CA: Beckman Coulter, 2023.

BRIGGS, C.; CULP, N.; DAVIS, B.; D'ONOFRIO, G.; ZINI, G.; MACHIN, S. J. ICSH guidelines for the evaluation of blood cell analysers including those used for differential leucocyte and reticulocyte counting. International Journal of Laboratory Hematology, v. 36, n. 6, p. 613–627, 2014.

CERRI, A. C.; DIONISIO, L. M. Análise do perfil de reticulócitos em recém natos. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 46, supl. 4, p. S657-S658, 2024.

DALANHOL, M. et al. Efeitos quantitativos da estocagem de sangue periférico nas determinações do hemograma automatizado. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 32, n. 1, p. 16-22, 2010.

FERREIRA, A. F. et al. Influência do tempo e temperatura de estocagem na morfologia do sangue periférico em K3EDTA. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 45, supl. 4, p. S93, 2023.

GEORGE, Linet; BASU, Debdatta; KAR, Rakhee. Comparison Between Manual and Automated Methods of Counting Reticulocytes and the Effect of Sample Storage on Reticulocyte Count: A Cross-Sectional Study from Southern India. Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion, v. 38, n. 1, p. 106–110, 2022.

GOIS, J. C.; SUTANA, V. L.; FIGUEIREDO, R. C.; RIOS, D. R. A. Contagem de reticulócitos na prática clínica: um exame pouco utilizado. Revista Médica de Minas Gerais, v. 29, p. e-2007, 2019.

HALL, John E.; HALL, Michael E. Guyton & Hall: tratado de fisiologia médica. 14. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021

JOÃO, A. R.; PINTO, S.; COSTA, E. Subpopulações dos reticulócitos e fração de reticulócitos imaturos como indicadores de aumento da eritropoese em doentes com anemia por deficiência de ferro. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 30, n. 3, p. 188-192, 2008.

KHALID, A.; GHAZANFAR, M.; MUSTAFA, A.; BASHIR, R.; ABDAL, H. Effect of sample storage at 2–8 °C for 24 hours on reticulocyte count determined by manual method. Pakistan Journal of Health Sciences, v. 6, n. 6, p. 195–199, 2025.

LEONART, M. S. S. A importância do controle de qualidade para a contagem de reticulócitos por métodos visual e automatizado. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, v. 29, n. 3, p. 303-305, 2007.

MACÊDO, L. B.; et al. A eritropoese e o eritrograma: uma revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 9, n. 4, p. 716-732, 2015.

MANKAR, P. D. et al. Enhancing Quality in Hematology Laboratory Testing: A Comprehensive Review of Preanalytical Phase Errors and Prevention Strategies. Journal of Applied Hematology, v. 15, n. 2, p. 95–101, 2024.

MAST, A. E.; BLINDER, M. A.; DIETZEN, D. J. Reticulocyte hemoglobin content. American Journal of Hematology, Hoboken, v. 83, n. 4, p. 307–310, 2008.

NEGRI, Janaina Lauxen. Metabolismo do ferro e eritropoiese. Revista Eletrônica Virtual AC&T Científica, São José do Rio Preto, 2017.

PAIVA, H. H.; REGO, E. M. Hematopoese: regulação e microambiente. In: Tratado de Hematologia. São Paulo: Atheneu, 2014. p. 11-14.

PARODI, Emilia; ROMANO, Francesca; RAMENGHI, Ugo. How we use reticulocyte parameters in workup and management of pediatric hematologic diseases. Frontiers in Pediatrics, Lausanne, v. 8, art. 588617, 2020

RINGORINGO, H. P.; PURNAMASARI, L.; YUNANTO, A.; SYAHADATINA, M.; HIDAYAH, N. Reference range of complete blood count, Ret-He, immature reticulocyte fraction, reticulocyte production index in healthy babies aged 1–4 months. Scientific Reports, v. 13, n. 423, 2023.

ROCHA, B. F.; MOURAD, S. C.; TAKIHI, I. Y.; BRITO, M. P.; CHAUFFAILLE, M. L.; SILVA, M. C. A.; PERAZZIO, A. D. S. B.; GONÇALVES, M. V.; SANDES, A. F. Influência do tempo e temperatura de armazenamento na estabilidade de reticulócitos e seus derivados. Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 46, supl. 4, p. S175, 2024.

SCHAPKAITZ, E.; PILLAY, D. Prolonged storage-induced changes in haematology parameters referred for testing. African Journal of Laboratory Medicine, v. 4, n. 1, 2015.

SILVA, Paulo Henrique da et al. Hematologia laboratorial: teoria e procedimentos. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SILVA JUNIOR, Francisco C.; ODONGO, Fatuma C. A.; DULLEY, Frederico L. Células-tronco hematopoéticas: utilidades e perspectivas. Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia, São Paulo, v. 31, supl. 1, p. 53-58, 2009

URBINA, Adriana; PALOMINO, Fernando. In vitro kinetics of reticulocyte subtypes: maturation after red blood cell storage in additive solution-1 (AS-1). Hematology, Transfusion and Cell Therapy, v. 40, n. 2, p. 143-150, 2018.

ZAGO, Marco Antonio; FALCÃO, Roberto Passetto; PASQUINI, Ricardo (ed.). Tratado de hematologia. São Paulo: Atheneu, 2014.

ZHOU, Hongyin; HUANG, Yaxin; ZHUANG, Ruijian; XIONG, Shunyan; ZOU, Jiaming; LI, Tianji; HU, Yonggang. Automated reticulocyte counting: advances, standardization challenges, and clinical accessibility. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, v. 64, n. 2, p. 269–279, 2026.