



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Publicaciones Científicas/Capítulo de Libro

Tema:

Variabilidad de resultados hematológicos entre métodos automatizados y manuales

Autores:

Patricio Miguel Villacreses Soza

Jhojan Steven Cedeño Intriago

Tutor:

Lcda. Angie Briggitte Tóala Vergara, Mg.

Periodo 2025-1

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

El estudiante **VILLACRESES SOZA PATRICIO MIGUEL**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “ Variabilidad de resultados hematológicos entre métodos automatizados y manuales”, modalidad de trabajo de integración curricular publicaciones científicas/capítulo de libro, de conformidad con el Art. 114 del Código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación, concedo a favor de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de esta producción, con fines estrictamente académicos. Así mismo, autorizamos a la Uleam de Manta, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que este informe objeto de la presente autorización, es original en su forma de expresión y no infringe el derecho del autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Uleam.

AUTOR:



VILLACRESES SOZA PATRICIO MIGUEL

CI: 1316824786

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

El estudiante **CEDENO INTRIAGO JHOJAN STEVEN**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “ Variabilidad de resultados hematológicos entre métodos automatizados y manuales”, modalidad de trabajo de integración curricular publicaciones científicas/capítulo de libro, de conformidad con el Art. 114 del Código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación, concedo a favor de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de esta producción, con fines estrictamente académicos. Así mismo, autorizamos a la Uleam de Manta, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que este informe objeto de la presente autorización, es original en su forma de expresión y no infringe el derecho del autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Uleam.

AUTOR:



CEDENO INTRIAGO JHOJAN STEVEN

CI:2300659170

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 2 de 2

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Villacreses Soza Patricio Miguel**, legalmente matriculado en la carrera de Laboratorio Clínico, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **"VARIABILIDAD DE RESULTADOS HEMATOLÓGICOS ENTRE MÉTODOS AUTOMATIZADOS Y MANUALES"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 08 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Lcda. Angie Toala Vergara, Mg
Docente Tutora
Área: Salud-Laboratorio Clínico

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 2

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Cedeño Intriago Jhojan Steven**, legalmente matriculado en la carrera de Laboratorio Clínico, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **"VARIABILIDAD DE RESULTADOS HEMATOLÓGICOS ENTRE MÉTODOS AUTOMATIZADOS Y MANUALES"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 08 de agosto de 2025.

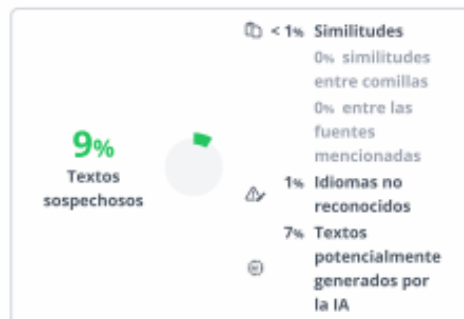
Lo certifico,



Lcda. Angie Toala Vergara, Mg
Docente Tutora
Área: Salud-Laboratorio Clínico



VARIABILIDAD DE RESULTADOS HEMATOLÓGICOS ENTRE MÉTODOS MANUAL Y AUTOMATIZADOS



Nombre del documento: VARIABILIDAD DE RESULTADOS
HEMATOLÓGICOS ENTRE MÉTODOS MANUAL Y AUTOMATIZADOS.docx
ID del documento: 104f93aa28ea896a690ecc5fe14e6ed25a916d8a
Tamaño del documento original: 41,53 kB

Depositante: ANGIE BRIGGITTE TOALA VERGARA
Fecha de depósito: 7/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 7/8/2025

Número de palabras: 4708
Número de caracteres: 31.425

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #1a245c Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
2	hdl.handle.net Concordancia del recuento de plaquetas por método manual y ... https://hdl.handle.net/20.500.12990/1866	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	www.dspace.uce.edu.ec Diseño y documentación para un Sistema de Gestión ... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21874	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Dedicatoria

Dedico esta tesis a quienes han sido mi fuerza, mi inspiración y mi refugio a lo largo de este camino. A Dios, por concederme la vida, la sabiduría y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa tan importante. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme, con su ejemplo, que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación. Gracias por estar siempre, en cada paso, en cada logro y en cada caída. A mi familia, por creer en mí incluso en los momentos en los que yo mismo dudé. Su compañía y palabras de aliento han sido esenciales para llegar hasta aquí. A mis amigos verdaderos, por su comprensión, por las risas que aligeraron las jornadas difíciles, y por acompañarme en esta travesía universitaria. Y a todas las personas que, de una u otra forma, fueron parte de este proceso: gracias. Cada gesto, cada palabra y cada enseñanza dejó una huella en este logro que hoy dedico con humildad y gratitud.

Jhojan Steven Cedeño Intriaño

Dedicatoria

Dedico este trabajo con todo mi corazón a quienes han sido parte fundamental de este camino. A Dios, por ser mi luz en la oscuridad, mi refugio en los momentos difíciles y la fuerza que me impulsó a seguir adelante cuando pensé rendirme. A mis padres, pilares de mi vida, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su constante fe en mí. Este logro también es suyo, porque sin ustedes no estaría aquí. A mi familia, por estar siempre presentes, con una palabra de aliento, una sonrisa, o simplemente su compañía. Gracias por comprender mis ausencias y por celebrar conmigo cada pequeño avance. A mis docentes, por cada enseñanza que dejó huella, y a quienes me guiaron con paciencia y compromiso durante este proceso. A mis amigos verdaderos, que supieron escucharme, animarme y darme fuerza cuando más lo necesitaba. Y a mí mismo, por no rendirme, por creer en mis sueños y por demostrarme que soy capaz de alcanzar lo que me propongo. Esta dedicatoria es también una promesa de seguir creciendo. Esta tesis es el reflejo de muchos sueños, sacrificios y perseverancia. A todos, con profundo agradecimiento, les dedico este logro.

Patricio Miguel Villacreses Soza

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por concederme la sabiduría, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida académica. A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Gracias por creer en mí incluso cuando dudé de mis propias capacidades. A mi familia, por su comprensión, por brindarme un espacio de ánimo y tranquilidad, y por acompañarme en cada paso del camino con palabras de aliento. A mi tutora de tesis, Lic. Angie Brigitte Toala Vergara. Mg., por su orientación, paciencia y valiosos aportes que enriquecieron este trabajo. Su guía fue fundamental para lograr este objetivo. A mis docentes y compañeros, por compartir conocimientos y experiencias que contribuyeron significativamente a mi formación académica y personal. A todas las personas e instituciones que colaboraron en el desarrollo de esta investigación, muchas gracias por su generosidad y disposición. Gracias a todos los que, de una u otra forma, dejaron huella en este proceso. Este logro no es solo mío, es también de ustedes. **Jhojan Steven Cedeño Intriago**

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante. Su guía fue mi sostén en los momentos de mayor desafío. A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su apoyo constante a lo largo de este camino. Gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y por enseñarme que con esfuerzo y humildad todo es posible. A mi familia, por creer en mí, por acompañarme con palabras de aliento y por brindarme el ánimo necesario cuando más lo necesitaba. A mis docentes y tutores, quienes con su entrega y compromiso me guiaron con paciencia y dedicación. Agradezco especialmente a la Lic. Angie Brigitte Toala Vergara. Mg., por su orientación, consejos y tiempo durante este proceso de investigación. A mis compañeros y amigos, por compartir esta etapa con alegría, compañerismo y apoyo mutuo. Sus palabras, su compañía y su amistad hicieron que este camino fuera más llevadero. A mi universidad, por brindarme las herramientas académicas y profesionales que hoy me permiten dar este paso con seguridad y responsabilidad. Cada palabra de esta tesis encierra un esfuerzo colectivo, y a todos los que hicieron posible este logro, les expreso mi más sincero agradecimiento. **Patricio Miguel Villacreses Soza**

Índice

Resumen.....	8
Palabras claves.....	9
Key world	10
Introducción.....	10
Desarrollo.....	12
Métodos Automatizados	15
Comparación de la variabilidad de resultados	16
Importancia de la estandarización.....	17
Metodología.....	18
Procedimiento de recolección de datos.....	18
1. Método manual.....	19
2. Método automatizado.....	19
Discusión	21
Conclusiones.....	23
Referencias.....	26
 Tabla 1 resultados del estudio.....	 20

Variabilidad de resultados hematológicos entre métodos automatizados y manuales.

(Variability of hematological results between automated and manual methods)

AUTORES:

PATRICIO MIGUEL VILLACRESES SOZA

<https://orcid.org/0009-0001-9130-0927> 

e1316824786@live.uleam.edu.ec,

Estudiante de laboratorio clínico

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

JHOJAN STEVEN CEDEÑO INTRIAGO

<https://orcid.org/0009-0006-5195-2651> 

e2300659170@live.uleam.edu.ec,

Estudiante de laboratorio clínico

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

ANGIE BRIGGITTE TOALA VERGARA

<https://orcid.org/0000-0002-6098-5070> 

e1311746653@live.uleam.edu.ec,

Docente de laboratorio clínico

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

Resumen

La sangre es un tejido vital, y la variabilidad de resultados entre análisis hematológicos automatizados y manuales representan un desafío metodológico significativo en la práctica de laboratorio clínico. Los sistemas automatizados son ideales para evaluaciones de rutina, ofreciendo rapidez y exactitud. Sin embargo, en casos complejos (muestras hemolizadas, micro coágulos, agregados plaquetarios), los

métodos manuales son más valiosos al permitir identificar detalles celulares específicos, aunque dependen de la habilidad del operador. Ambos enfoques se complementan, siendo fundamental su uso combinado para un diagnóstico preciso. El objetivo del presente estudio se dirigió a comparar cómo varían los resultados de los análisis de sangre entre los métodos manuales y los equipos hematológicos automatizados, se analizaron los parámetros de glóbulos rojos, blancos, plaquetas y la cantidad de hemoglobina de cada paciente dentro del periodo de ejecución de la presente investigación. Los resultados mostraron que hubo diferencia significativa en el conteo de glóbulos rojos, plaquetas y hematocrito entre ambos métodos, mientras que los niveles de glóbulos blancos y hemoglobina fueron muy similares.

Palabras claves

Análisis hematológico, Métodos manuales, Métodos automatizados, resultados hematológicos.

Abstract

Blood is a vital tissue, and the variability in results between manual and automated hematology analyses represents a significant methodological challenge in clinical laboratory practice. Automated systems are ideal for routine evaluations, offering speed and accuracy. However, in complex cases (hemolyzed samples, microclots, platelet aggregates), manual methods are more valuable by allowing the identification of specific cellular details, although they depend on the operator's skill. Both approaches complement each other, and their combined use is essential for an accurate diagnosis. The objective of this study was to compare how blood test results vary between manual methods and automated hematology equipment. The number of red blood cells, white blood cells, platelets, and hemoglobin levels were analyzed for each patient within the period of the present investigation. The results showed significant differences in the red blood cell, platelet, and hematocrit counts between the two methods, while the levels of white blood cells and hemoglobin were very similar.

Key world

Hematological analysis, Manual methods, Automated methods, hematological results.

Introducción

El análisis de sangre es esencial para diagnosticar y monitorear ciertas enfermedades. Estos análisis, históricamente se realizaron mediante técnicas manuales, hasta la llegada de equipos semi automatizados y automatizados basados en la estandarización, que transformaron los procesos analíticos y post analíticos del laboratorio clínico, haciéndolos más rápidos y precisos. Los métodos manuales tienen una mayor confiabilidad, ya que ayudan en los análisis en lugares con menos tecnología y permite diferenciar la morfología celular, pero requieren mucho tiempo y dependen de la habilidad de quien los realiza. Por el contrario, los equipos automatizados son rápidos y ofrecen resultados consistentes, pero pueden tener dificultades para analizar células con alteraciones complejas. Es por ello, que ambas técnicas de identificación presentan diferencias significativas en cuanto a precisión y exactitud de los resultados obtenidos.

Según Bain (2020), menciona que el análisis hematológico es fundamental en la práctica clínica para el diagnóstico, monitoreo y pronóstico de una amplia variedad de enfermedades. Los parámetros hematológicos proporcionan información clave sobre el estado de salud de los pacientes, siendo esenciales en áreas como la hematología, oncología y medicina interna, Tradicionalmente, los laboratorios clínicos han utilizado métodos manuales para realizar estos análisis. Sin embargo, en las últimas décadas, la automatización ha transformado los procesos en estos laboratorios, permitiendo realizar análisis más rápidos, estandarizados y con menor intervención humana.

Osman et al. (2020) menciona que hoy en día existen gran variedad en modelos de equipos automatizados que optimizan más el tiempo de los procesos analíticos, con los cuales se pueden procesar un número inmenso de muestras. En todo caso, la variabilidad de los resultados hematológicos entre métodos manuales y

automatizados sigue siendo un tema de debate. Mientras que los métodos manuales, como el conteo celular en cámaras de Neubauer, son reconocidos por su precisión en entornos de baja tecnología, su dependencia del operador humano puede aumentar la posibilidad de errores subjetivos. Por otro lado, los analizadores automáticos actuales ofrecen resultados rápidos y reproducibles, pero algunas investigaciones sugieren que pueden no ser adecuados en todos los casos, especialmente en pacientes con anomalías hematológicas significativas o alteraciones celulares complejas (Silva et al. 2019).

La importancia de estudiar la variabilidad entre estos métodos reside en la necesidad de garantizar la fiabilidad y coherencia de los resultados, independientemente de la técnica empleada. Un diagnóstico incorrecto o inconsistente debido a discrepancias en los resultados de análisis podría tener implicaciones significativas para el manejo del paciente, como un tratamiento inadecuado o un retraso en la identificación de patologías graves (Nazha et al. 2020).

Según Liu et al. (2020), los analizadores automatizados han demostrado una alta concordancia con los métodos manuales en conteos de glóbulos rojos y blancos en pacientes con valores normales. Sin embargo, en casos de presencia de células anormales, los dispositivos automatizados pueden presentar dificultades para distinguir entre diferentes tipos de células sanguíneas, lo que podría llevar a errores diagnósticos.

Un estudio realizado por Silva et al. (2019) mostró que, en casos de alteraciones patológicas, los métodos manuales siguen siendo el estándar de referencia, ya que permiten una observación más detallada de las características morfológicas de las células. No obstante, el uso de métodos manuales en laboratorios de alta demanda resulta impráctico debido al tiempo requerido para la realización de los análisis, así como la fatiga y el sesgo del operador.

Un trabajo de Osman et al. (2020) resalta cómo la automatización ha optimizado el flujo de trabajo en los laboratorios clínicos, reduciendo el tiempo de procesamiento de las muestras y mejorando la trazabilidad de los resultados. A pesar de estas ventajas, estudios recientes señalan la necesidad de establecer comparaciones más

exhaustivas entre ambos métodos para entender mejor las limitaciones de los analizadores automatizados en situaciones específicas.

Un aspecto que ha sido poco investigado es la variabilidad en los resultados hematológicos entre ambos métodos cuando se aplican a muestras diversas de pacientes. La mayoría de los estudios se han centrado en poblaciones con patologías específicas o en muestras controladas, dejando un vacío de conocimiento en cuanto a la aplicabilidad y fiabilidad de ambos enfoques en un contexto clínico general. Este vacío es especialmente relevante en estudios transversales, donde se busca comparar datos de una muestra amplia de individuos en un único punto temporal. A través de este enfoque, se puede obtener una visión más clara de cómo estos métodos varían en su precisión y utilidad diagnóstica en diferentes escenarios clínicos (Bain, 2021).

La presente investigación tiene como objetivo principal comparar la variabilidad de los resultados hematológicos obtenidos mediante métodos automatizados y manuales, se pretende determinar en qué medida ambos métodos difieren en la obtención de parámetros y resultados, como en el conteo de glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas, hemoglobina y otros parámetros hematológicos.

Desarrollo.

Según Brunzel, (2018) el análisis hematológico es fundamental en la medicina diagnóstica, permitiendo a los profesionales de la salud evaluar condiciones de salud y detectar enfermedades. Existen dos enfoques principales para realizar estos análisis: los métodos manuales y los métodos automatizados. Los métodos manuales se basan en la observación microscópica y el conteo manual, los cuales han sido usados durante décadas, mientras que los métodos automatizados emplean tecnología avanzada para obtener resultados más rápidos y precisos. Sin embargo, la variabilidad entre ambos enfoques ha suscitado interés en términos de precisión, reproducibilidad y consistencia de los resultados.

La sangre es un tejido conectivo líquido vital que circula por el cuerpo, cumpliendo funciones esenciales para el mantenimiento de la vida. Se la puede conceptualizar

como el medio de transporte interno del organismo, fundamental para la homeostasis (Guyton et al. 2021).

Según Hernández et al. (2024), el componente líquido (plasma): representa aproximadamente el 55% del volumen sanguíneo total, observándose como una solución acuosa amarillenta compuesta en un 92% por agua, que lo constituye como un excelente medio para la disolución y transporte de diversas sustancias. Además, contiene una mezcla de proteínas plasmáticas (como albúmina, globulinas y fibrinógeno), electrolitos (iones como sodio, potasio, calcio), nutrientes (glucosa, aminoácidos, lípidos), hormonas, vitaminas, anticuerpos, enzimas y productos de desecho (urea y creatinina). El componente celular lo constituyen aproximadamente el 45% restante del volumen sanguíneo y es originado en la médula ósea.

Estos elementos incluyen glóbulos rojos también llamados eritrocitos, que son las células más abundantes de la sangre, transportan oxígeno desde los pulmones a los tejidos y dióxido de carbono desde los tejidos a los pulmones, gracias a la hemoglobina que contienen. Su forma bicóncava les permite una gran flexibilidad para moverse a través de los capilares más pequeños. Los glóbulos blancos corresponden al otro tipo de células sanguíneas, llamado también leucocitos, son las células del sistema inmunitario, encargadas de defender al organismo contra infecciones y enfermedades. Existen varios tipos de leucocitos (neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos), cada uno con funciones especializadas en la respuesta inmunitaria. Por último, están las plaquetas denominadas también trombocitos los cuales son fragmentos celulares pequeños y anucleados, vitales para la coagulación sanguínea y la reparación de vasos sanguíneos dañados. Su activación y agregación forman el tapón plaquetario, el primer paso para detener una hemorragia (Hernández et al. 2024).

Métodos Manuales

Según Harmening (2019) el método manual de análisis hematológico implica la preparación de muestras de sangre para su evaluación a través de un microscopio, seguido por el conteo manual de células y otros elementos. Los métodos manuales, aunque menos utilizados en la actualidad, son considerados como el "Gold standard"

para ciertos análisis debido a su capacidad para detectar anomalías morfológicas específicas. Un ejemplo típico es el frotis sanguíneo, donde se cuentan manualmente los eritrocitos, leucocitos y plaquetas, y se observan sus características morfológicas. El conteo de glóbulos blancos en cámara de Neubauer es una técnica manual utilizada en laboratorios clínicos para determinar el número de leucocitos presentes en una muestra de sangre. Este procedimiento emplea una cámara hemocitométrica (Neubauer), que permite contar las células bajo el microscopio en un volumen definido. Se realiza diluyendo la sangre con un reactivo específico que facilita su visualización, como el ácido oxálico al 1% (Delgado, 2019).

La importancia de este método radica en su utilidad como alternativa en laboratorios con recursos limitados o cuando se requieren verificaciones de resultados obtenidos por analizadores automatizados. Su uso es relevante para el diagnóstico y monitoreo de enfermedades hematológicas como leucopenia (bajo recuento de leucocitos), leucocitosis (recuento elevado) (Mendoza, 2020).

El hematocrito manual es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar el porcentaje del volumen de glóbulos rojos (eritrocitos) en una muestra de sangre total. Este método se basa en la centrifugación de sangre en un tubo capilar sellado, lo cual permite separar las células sanguíneas del plasma y observar directamente la proporción de hematíes. A diferencia de los métodos automatizados, el hematocrito manual sigue siendo fundamental en entornos clínicos con recursos limitados, emergencias o cuando se requiere confirmación de resultados anómalos (Rodríguez, 2019).

La importancia del hematocrito manual radica en su capacidad para detectar trastornos hematológicos. Además, su simplicidad, bajo costo y rapidez lo convierten en una herramienta de diagnóstico accesible, especialmente en zonas rurales o donde los analizadores automáticos no están disponibles (González, 2020). También es valioso en situaciones de emergencia para estimar el estado hemodinámico de un paciente, ya que una disminución del hematocrito puede indicar pérdida de sangre o dilución plasmática, mientras que un aumento puede indicar hemoconcentración (Estrada et al. 2021).

Según López Revuelta et al. (2015), el procedimiento para la realización del frotis sanguíneo y su tinción: aproximadamente entre 2 y 3 μ L y se coloca con cuidado sobre un portaobjetos de vidrio limpio y libre de grasa, cercano de un centímetro de uno de sus bordes. Para realizar la extensión del frotis se utiliza una segunda lámina de vidrio (extensor) cuyo borde se pone en contacto con la gota de sangre, formando un ángulo de entre 30 y 45 grados. La sangre se distribuye por capilaridad a lo largo del filo del extensor. Posteriormente, se desliza este de forma rápida y suave hacia el extremo opuesto del portaobjetos.

Tinción (Tinción Pan-óptico): Una vez seco, el frotis se somete a un proceso de tinción que permite visualizar las estructuras celulares. La técnica Pan-óptico se deriva del método clásico de May Grünwald-Giemsa (tipo Romanowsky), adaptado para inmersiones. El kit consta de tres soluciones: Fijador (Panóptico 1): Formulado con metanol puro, fija las células al portaobjetos. - Eosina (Panóptico 2): Solución de eosina “un colorante ácido”, tiñe las estructuras básicas de las células como las proteínas citoplasmáticas de tonos rosados y naranjas. - Azul (Panóptico 3): Compuesta por azul de metileno (Azul B), tiñe los elementos nucleares (PanReac AppliChem, 2023)

Los métodos manuales presentan ventajas, como la posibilidad de identificar células anormales que pueden no ser detectadas por los analizadores automatizados. Según una revisión de (Sharma et al. 2019), el examen manual sigue siendo una técnica valiosa en entornos con recursos limitados, donde la disponibilidad de equipos automatizados es limitada y el análisis especializado puede ser crucial para el diagnóstico. Sin embargo, los métodos manuales también presentan limitaciones. La precisión y reproducibilidad dependen en gran medida de la habilidad del técnico, lo que puede generar variabilidad intra e interobservador. Además, el tiempo requerido para realizar estos análisis manualmente es considerable, lo que puede ser un desafío en entornos con alta demanda de resultados.

Métodos Automatizados

Según López (2020) el análisis automatizado de muestras hematológicas ha ganado terreno en los últimos años gracias a los avances tecnológicos que permiten realizar

análisis más rápidos y eficientes. Estos sistemas automatizados utilizan técnicas avanzadas, como la citometría de flujo y la impedancia eléctrica, para contar y clasificar células sanguíneas con mayor rapidez y precisión. Los analizadores automatizados pueden procesar grandes volúmenes de muestras en tiempos mucho más cortos que los métodos manuales, lo que mejora significativamente el flujo de trabajo en laboratorios clínicos.

Los sistemas automatizados no solo aumentan la velocidad del procesamiento, sino que también mejoran la precisión y reducen la variabilidad relacionada con el factor humano. Además, algunos analizadores pueden identificar subpoblaciones celulares y proporcionar información adicional sobre el tamaño y la forma de las células, lo que puede ser útil para el diagnóstico de trastornos hematológicos. En este sentido, los analizadores de hematología de nueva generación han mostrado avances notables en la identificación de anomalías celulares (Rajendran et al. 2021).

Sin embargo, los sistemas automatizados también tienen limitaciones. Algunos tipos de células anormales o raras, que pueden ser cruciales para el diagnóstico de ciertas patologías sanguíneas, pueden no ser detectados por los analizadores automatizados. Este problema es particularmente evidente en el caso de células de morfología alterada o en situaciones donde el análisis morfológico detallado es esencial. En estos casos, se sigue recomendando la validación manual para asegurar la exactitud del diagnóstico, como señala el estudio de (Lima et al. 2020).

Comparación de la variabilidad de resultados

La variabilidad entre los métodos manuales y automatizados es un tema importante en la hematología clínica. Diversos estudios han comparado los resultados obtenidos por ambos métodos, encontrando diferencias en ciertos parámetros hematológicos. Una investigación realizada por (Zhang, 2022) comparó los conteos de glóbulos blancos obtenidos por métodos manuales y automatizados en ciertas anomalías, y encontró que los métodos automatizados tendían a subestimar ligeramente los conteos en comparación con los resultados manuales. Aunque estas diferencias no siempre

son clínicamente significativas, pueden tener un impacto en el seguimiento de pacientes con enfermedades graves.

Además, la variabilidad en los resultados de plaquetas ha sido un área de particular interés. Los métodos automatizados pueden subestimar los conteos de plaquetas en pacientes con trombocitopenia, debido a la dificultad de los analizadores automatizados para diferenciar entre fragmentos de células y plaquetas reales, como se menciona en el estudio de (Roberts et al. 2021). En estos casos, los métodos manuales pueden ofrecer un análisis más preciso y, por lo tanto, son recomendados para la confirmación de los resultados.

Según Soto et al. (2021) los métodos automatizados suelen ser superiores en términos de consistencia y reproducibilidad, especialmente cuando se analizan grandes volúmenes de muestras. Esto se debe a que los métodos manuales están sujetos a errores humanos, lo que puede llevar a una mayor variabilidad en los resultados. La variabilidad inter observador en los conteos manuales puede ser significativa, especialmente en el caso de parámetros como el conteo diferencial de leucocitos.

Importancia de la estandarización

La variabilidad de los resultados hematológicos ha llevado a la necesidad de estandarizar los procedimientos tanto en métodos manuales como automatizados. Según la Organización Mundial de la Salud (2020), es esencial que los laboratorios clínicos sigan protocolos rigurosos para minimizar la variabilidad entre diferentes técnicas y asegurar la precisión de los resultados, lo que es crucial para un diagnóstico y tratamiento adecuado.

La capacitación y el monitoreo de calidad son fundamentales para los métodos manuales, mientras que el mantenimiento y la calibración regular de los analizadores automatizados son esenciales para garantizar la consistencia en los métodos automatizados. Un estudio realizado por Harrison (2019) enfatizó que la variabilidad en los resultados puede reducirse significativamente cuando se aplican controles de calidad estrictos y calibraciones adecuadas.

Metodología

El presente estudio tiene un diseño observacional, descriptivo, corte transversal, retrospectivo. Se llevo a cabo en el Laboratorio privado “Familaab” en la provincia Santo Domingo de los Tsachilas Cantón “La Concordia”. Este tipo de estudio resultó adecuado para evaluar diferencias o variabilidad entre los métodos manuales y automatizados de análisis hematológico, ya que permitió comparar resultados de ambos métodos en la misma población y bajo condiciones clínicas similares.

La población enmarcó 300 pacientes adultos (mayores de 18 años) registrados en la base de dato del Laboratorio clínico, mismos que se presentaron para un análisis de hemograma completo. La muestra quedó conformada por 50 pacientes, utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia, determinado por la accesibilidad y disponibilidad de datos documentados. Este tamaño de muestra es suficiente para detectar diferencias significativas entre los métodos, según estudios previos sobre variabilidad hematológica.

Los datos se recopilaron en abril del presente año y los criterios de inclusión fueron pacientes que acudieron al laboratorio durante el periodo de (diciembre del 2024 a febrero del 2025), y que presentaron una orden médica para un análisis de hemograma completo. Se excluyeron aquellos pacientes con antecedentes de patologías hematológicas que pudieran alterar significativamente los resultados, con el fin de evitar sesgos en la comparación de los métodos.

Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de datos se aplicó un proceso de seudonimización el cual permitió precautelar la confidencialidad de los datos de los participantes, incluyeron la asignación de códigos únicos, eliminando cualquier referencia a nombres o información personal identificable. Se tomó los resultados de pacientes que cumplía con los criterios de inclusión donde está documentado que al paciente se le extrajo una muestra de sangre venosa de 2.5 a 4 ml. El equipo automatizado absorbió 15 µL de muestra aproximadamente, mientras que el restante de muestra fue destinado para los métodos manuales. Este procedimiento dual garantizó que cada paciente tuviera

un conjunto de datos completos para ambos métodos, lo que es crucial para las comparaciones estadísticamente válidas.

1. ***Método manual:*** Se utilizó el hematocrito manual. Además, utilizaron el conteo en cámara de Neubauer para el recuento de glóbulos blancos (leucocitos). Este método implica la dilución de la muestra sanguínea con un diluyente isotónico y la colocación de una pequeña cantidad de esta mezcla en la cámara de conteo. La observación y el conteo de las células se realizó con la ayuda de un microscopio óptico utilizando el lente de 40x. Adicionalmente aplicaron la técnica de tinción pan-óptico. El responsable operatorio de turno realizó tres lecturas por muestra y calcular un promedio de los resultados para asegurar fiabilidad del análisis.

2. ***Método automatizado:*** Se llevo a cabo con un analizador hematológico automatizado (modelo Mindray BC-5000), ampliamente utilizado en laboratorios clínicos por su capacidad de procesar muestras de manera rápida y precisa. Este equipo utiliza la siguiente tecnología: impedancia para el conteo de glóbulos rojos y plaquetas, reactivos libres de cianuro para la hemoglobina, citometría de flujo con dispersión laser triangular más método de tinte químico para el análisis diferencial de glóbulos blancos de 5 partes. Cada muestra fue analizada por el dispositivo de forma automática, registrando los resultados directamente en el sistema informático del laboratorio.

Análisis de datos

Los datos recopilados se ingresaron en una base de datos y se analizaron utilizando el software estadístico SPSS. Se realizaron análisis descriptivos iniciales para determinar las medias y desviaciones estándar de los parámetros hematológicos evaluados por ambos métodos. Esto permitió identificar diferencias estadísticamente significativas entre los métodos manual y automatizado en relación con los diferentes parámetros hematológicos.

Consideraciones éticas

Este estudio fue aprobado por el comité de ética CEISH “Comité de Ética de Investigaciones en Seres Humanos” de la Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico de la “Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”, garantizando el cumplimiento de todas las normativas éticas vigentes. Se obtuvo el permiso de la coordinación del laboratorio y se aplicó la seudonimización, asegurándoles la confidencialidad de sus datos personales y clínicos. Los resultados individuales no fueron utilizados para modificar tratamientos, ya que la investigación no influyó en las decisiones clínicas de los médicos tratantes.

Resultados

A continuación, se expondrán los resultados de este estudio, describiendo los hallazgos fundamentales obtenidos a partir de la comparación entre el método manual y el método automatizado de análisis hematológico. Se presentarán los datos de los parámetros evaluados, como los glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas, acompañados de un análisis estadístico riguroso.

Tabla 1 Resultados del estudio.

<i>Parámetro</i>	<i>Glóbulos rojos (10⁶/μL)</i>	<i>Glóbulos Blancos (10³/μL)</i>	<i>Hemoglobina (g/dL)</i>	<i>Hematocrito (%)</i>	<i>Plaquetas (10³/μL)</i>
<i>Método Manual</i>	4.71 ± 0.15	7.12 ± 1.20	14.2 ± 1.1	42.6 ± 1;3	235 ± 15
<i>Método Automatizado</i>	4.85 ± 0.12	7.20 ± 1.10	14.5 ± 0.9	43.5 ± 1;2	250 ± 10
<i>p-valor</i>	<0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05
<i>Diferencia Significativa</i>	Sí	No	No	Si	Si

El conteo promedio de glóbulos rojos mostró ligeras diferencias entre ambos métodos. El método manual registró un promedio de **4.71 ± 0.15 (10⁶/μL)**, mientras que el método automatizado presentó **4.85 ± 0.12 (10⁶/μL)**, el análisis estadístico arrojó un valor de $p < 0.05$, lo que indica que si existe una diferencia significativa. Para el caso del conteo de glóbulos blancos, se observa que los valores obtenidos son

similares: 7.12 ± 1.20 ($10^3/\mu\text{L}$) para el método manual y 7.20 ± 1.10 ($10^3/\mu\text{L}$) para el método automatizado, el análisis estadístico arrojó un valor de $p > 0.05$, lo que indica que no existe una diferencia significativa. Los niveles de hemoglobina fueron más consistentes entre ambos métodos, obteniéndose con el método manual un promedio de 14.2 ± 1.1 (g/dL) y con el método automatizado 14.5 ± 0.9 (g/dL), el análisis estadístico arrojó un valor de $p > 0.05$, lo que indica que no existe una diferencia significativa. Los niveles de hematocrito arrojaron diferencias, para el método manual se obtuvo un promedio de 42.6 ± 1.3 % mientras que para el método automatizado 43.5 ± 1.2 %, el análisis estadístico muestra un valor de $p < 0.05$, lo que indica que si existe una diferencia significativa. En el parámetro de plaquetas los resultados fueron, según el método automatizado mostró un promedio de 250 ± 10 ($10^3/\mu\text{L}$), mientras que el método manual registró 235 ± 15 ($10^3/\mu\text{L}$) el estudio estadístico arrojó un valor de $p < 0.05$, lo que indica que si existe una diferencia significativa.

Discusión

Un aspecto que ha sido poco investigado en estudios previos es la variabilidad en los resultados hematológicos en una población amplia y diversa. La mayoría de los estudios se han centrado en poblaciones con patologías específicas o en muestras controladas, lo que limita la comprensión de cómo estos métodos se comportan en un contexto clínico general. Este vacío de conocimiento es relevante, ya que la variabilidad en los resultados puede tener implicaciones significativas para la toma de decisiones clínicas.

Tradicionalmente, el análisis hematológico se ha realizado mediante métodos manuales, que, aunque considerados el "Gold Standard" en ciertos contextos, presentan limitaciones significativas. Estos métodos dependen en gran medida de la habilidad del operador, lo que puede introducir variabilidad y errores subjetivos en los resultados (Osman et al. 2020). Por otro lado, los métodos automatizados han transformado el panorama de los laboratorios clínicos, ofreciendo resultados más rápidos y reproducibles, aunque no están exentos de críticas. Algunos estudios sugieren que los analizadores automáticos pueden presentar limitaciones en

situaciones clínicas específicas, lo que resalta la necesidad de comparaciones exhaustivas entre ambos enfoques (Bain, 2021).

Los métodos automatizados se destacan por su mayor precisión y consistencia, para parámetros como glóbulos rojos, blancos y hemoglobina. Sin embargo, los métodos manuales son claves para confirmar resultados en casos de anomalías (como eritrocitos nucleados o agregación plaquetaria) donde los métodos automatizados pueden fallar. Factores como el tiempo de almacenamiento aumentan la variabilidad, siendo menor en muestras refrigeradas y analizadas rápidamente, y la habilidad del técnico también juega un papel en los métodos manuales.

Según parámetro 1, el conteo promedio de glóbulos rojos mostró diferencia significativa entre los métodos. El método manual registró un promedio de 4.71 ± 0.15 ($10^6/\mu\text{L}$), mientras que el método automatizado presentó 4.85 ± 0.12 ($10^6/\mu\text{L}$). El parámetro 3 los niveles de hemoglobina exhibieron una alta consistencia entre ambos métodos. Con el manual se obtuvo un promedio de 14.2 ± 1.1 g/dL y para el automatizado 14.5 ± 0.9 g/dL. La diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Según el parámetro 5, las plaquetas mostraron discrepancias significativas entre los métodos evaluados. El método automatizado arrojó un promedio de 250 ± 10 ($10^3/\mu\text{L}$), mientras que el manual registró 235 ± 15 ($10^3/\mu\text{L}$), con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Esta variación, del orden del 6% al 7% en el promedio, es particularmente relevante en el contexto de las plaquetas. Estas discrepancias pueden explicarse por las dificultades del método manual para detectar plaquetas pequeñas o agregadas, como reporta el estudio de (Zini ,2019).

Investigaciones anteriores, como las de (Osman et al. 2020), han enfatizado la precisión de los métodos manuales en entornos de baja tecnología, pero también han señalado que la dependencia del operador puede aumentar la posibilidad de errores. Este estudio complementa esos hallazgos al demostrar que, aunque los métodos automatizados ofrecen rapidez y estandarización, pueden no ser siempre superiores en términos de precisión, especialmente en situaciones clínicas específicas. La

literatura existente ha documentado variabilidad en los resultados hematológicos entre métodos manuales y automatizados, pero este estudio se distingue por su enfoque en una muestra diversa de pacientes, lo que permite una evaluación más generalizable de la aplicabilidad de ambos métodos en un contexto clínico real.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los recuentos de glóbulos blancos obtenidos por los métodos automatizados y manuales ($p > 0.05$), lo cual concuerda con investigaciones previas que han reportado una alta concordancia entre ambos métodos para el conteo leucocitario total. Por ejemplo, Onyambu et al. (2021), demostró una correlación fuerte entre los métodos manual y automatizado para leucocitos totales, neutrófilos y linfocitos, sin diferencias significativas en los valores medios. De forma similar, Oikonomidis et al. (2022), encontró una alta correlación en leucocitos, aunque observaron menor precisión en el conteo de monocitos, lo cual sugiere que ciertos subtipos celulares pueden requerir confirmación microscópica.

Respecto al conteo plaquetario, los resultados mostraron una diferencia significativa entre métodos, siendo los valores automatizados generalmente más altos y con menor dispersión. Este resultado coincide con el análisis realizado por Al-Mendalawi (2017), quien reportó una diferencia significativa en métodos automatizados en comparación a métodos manuales, especialmente en muestras con agregados plaquetarios. Asimismo, Demessie et al. (2023), concluyó que, aunque existe buena correlación entre ambos métodos en parámetros principales, los conteos plaquetarios pueden presentar mayor variabilidad, sugiriendo la necesidad de validar manualmente casos con resultados anómalos o discordantes. Estos datos refuerzan la utilidad del método automatizado como técnica principal, sin descartar la relevancia del método manual como respaldo en casos particulares.

Conclusiones

La comparación entre los métodos automatizado y manuales para el análisis hematológico reveló diferencias significativas en la medición de glóbulos rojos, hematocrito y plaquetas, donde el método automatizado consistentemente arrojó

valores ligeramente más altos y con menor desviación estándar. Esto sugiere una mayor precisión y reproducibilidad del analizador Mindray BC-5000 para estos parámetros, lo que podría tener implicaciones en la estandarización y optimización de los protocolos de laboratorio. A pesar de estas variaciones, es crucial considerar que ambos métodos se mantuvieron dentro de rangos clínicamente aceptables, lo que indica su utilidad en el diagnóstico hematológico.

Por otro lado, los resultados del análisis de glóbulos blancos y hemoglobina no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el método manual y el automatizado. Esto resalta que, para estos parámetros específicos, la técnica manual, bajo condiciones controladas y con personal capacitado, puede ofrecer una fiabilidad comparable a la del equipo automatizado. Esta equivalencia podría ser relevante para laboratorios con recursos limitados, donde la inversión en equipos automatizados podría no ser prioritaria para todas las mediciones. Sin embargo, la mayor eficiencia y el menor tiempo de procesamiento del método automatizado siguen siendo ventajas considerables para un alto volumen de muestras.

Los hallazgos contribuyen al entendimiento de la variabilidad analítica y a la mejora continua de la calidad en el laboratorio, revelando la importancia de realizar una evaluación de la precisión y la concordancia entre los métodos automatizados y manuales. Esto incluye la implementación de controles y la formación continua del personal en la aplicación de ambos métodos. Capacitar al personal permitiendo comprender las limitaciones y ventajas de cada método, para la identificación de situaciones clínicas específicas en las que los métodos manuales puedan ofrecer una mayor precisión y exactitud, como el análisis de muestras con características morfológicas complejas.

Recomendaciones.

A partir de la investigación sobre la variabilidad de los resultados hematológicos entre métodos automatizados y manuales, se pueden formular varias recomendaciones que buscan optimizar la práctica clínica y mejorar la variabilidad de los análisis hematológicos.

Promover la realización de estudios adicionales que investiguen la variabilidad en poblaciones más amplias y diversas, así como en condiciones clínicas específicas. Esto permitirá una mejor comprensión de cómo los diferentes métodos se comportan en contextos variados y contribuirá a la creación de guías clínicas basadas en evidencia.

Implementar la estandarización de protocolos de análisis hematológicos que integren tanto métodos manuales como automatizados. Esto podría incluir el siguiente esquema de control y calibración: Los controles de variabilidad son esenciales para verificar que el analizador esté funcionando correctamente y que los resultados sean confiables. Ajustar la calibración del equipo es necesario para que los resultados sean precisos y consistentes con los estándares establecidos. La calibración periódica corrige posibles desviaciones en las mediciones causadas por el envejecimiento de los componentes o cambios ambientales (como temperatura o humedad). Se realiza con menos frecuencia que los controles porque el equipo está diseñado para mantener la estabilidad a largo plazo, pero debe ajustarse cuando los datos indiquen una necesidad.

Consultar el Manual del fabricante, es una consideración adicional fundamental, las frecuencias y procedimientos exactos (por ejemplo, cada cantidad de muestras o días específicos) pueden variar según el diseño del Mindray BC-5000. Por ello, es imprescindible revisar el manual del equipo o contactar al soporte técnico de Mindray para confirmar el protocolo oficial.

Referencias

- Briggs, C., Longair, I., Slavik, M., Thachil, J., y Machin, S. J. (2020). Can automated blood counts be used to screen for and monitor patients with hematological malignancies? *International Journal of Laboratory Hematology*, 42(3), 289-295. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13152>
- Hernández-Abadía, C.-M. (2024). La sangre, el recurso vital. *Sanidad Militar*, 80(2), 53-55.
- Lippi, G., Salvagno, G. L., y Favaloro, E. J. (2020). Hematology testing: How technology has changed the complete blood count. *Journal of Laboratory Automation*, 25(1), 68-80. <https://doi.org/10.1177/2211068219858993>
- Plebani, M., Lippi, G., y Panteghini, M. (2021). Innovations in hematology testing: From technology to clinical practice. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 59(8), 1354-1365. <https://doi.org/10.1515/cclm-2021-0078>
- Azer Scientific. (n.d.). Wright and Wright-Giemsa Hematology Stain Solutions. Recuperado de <https://www.azerscientific.com/PDF%20Files/Product%20Documentation/Instructions%20for%20Use/Wright%20&%20Wright-Giemsa%20Stains%20-%20General%20Method.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (n.d.). Preparation of blood smears. Recuperado de https://www.cdc.gov/dpdx/resources/pdf/benchaid/malaria/malaria_procedures_benchaid.pdf
- Huerto, J. L., y Villaorduña, A. M. (2022). Valores críticos para hemogramas automatizados y frotis de sangre periférica. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(4), 697-706. Recuperado de <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/4616/6660>
- IDEXX New Zealand. (n.d.). How to make a blood smear?. Recuperado de <https://www.idexx.co.nz/en-nz/newsletter/how-to-make-a-blood-smear/>
- Moichor. (n.d.). Right Blood Volume, Better Smears. Recuperado de <https://www.moichor.com/articles/article03-3fpal>
- PanReac AppliChem. (n.d.). KIT DE TINCION RAPIDA EN HEMATOLOGIA (PANÓPTICO RAPIDO). Recuperado de [ce_ivd_instructions_CEIVD23_es.pdf](#)
- RICCA CHEMICAL COMPANY. (n.d.). Wright-Giemsa Staining. Recuperado de https://www.riccachemical.com/Ricca/media/Documents/CLIA/Ricca_Wright_Giemsa_Staining.pdf

- Texas A y M Veterinary Medical Diagnostic Laboratory. (n.d.). Proper Blood Smear Preparation. Recuperado de <https://tvmdl.tamu.edu/education-library/proper-blood-smear-preparation/>
- Harmening, D. M. (2019). *Clinical Hematology and Fundamentals of Hemostasis* (6th ed.). F.A. Davis Company.
- WVS Academy. (n.d.). Staining a blood smear. Recuperado de <https://wvs.academy/learn/companion-animals/practical-pathology/haematology/blood-smears/staining-a-blood-smear/>
- Shah, P., Patel, M., y Desai, A. (2019). Challenges in implementing automation in hematology laboratories of developing countries. *Journal of Global Health Reports*, 3(4), 1-5. <https://doi.org/10.29392/joghr.3.e2019034>
- Streit, M., Watson, R., y Andreotti, G. (2019). Manual versus automated hematology analysis: A comparative study. *Hematology Reports*, 11(2), 15-22. <https://doi.org/10.4081/hr.2019.8471>
- Bain, B. J. (2021). *Blood cells: A practical guide*. John Wiley y Sons. https://archive.org/details/bloodcellspracti03edbain_f7f2
- Liu, Y., Sun, Y., Li, L., y Zheng, L. (2020). Comparison between automated and manual methods for the analysis of hematological parameters in patients with anemia. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 34(2), e23151.
- Brunzel, N. A. (2018). *Fundamentals of Urine and Body Fluid Analysis* (5th ed.). Elsevier Health Sciences.
- Nazha, A., Kanteti, R., y Ramalingam, S. S. (2020). Hematology testing in clinical trials: Automation versus manual techniques. *American Journal of Hematology*, 95(5), 582-590.
- Osman, H. A., Ali, M. E., y Abdalla, M. Y. (2020). Evaluation of manual and automated cell counting methods: A review. *International Journal of Hematology Research*, 6(1), 25-30.
- Silva, J. M., Andrade, V., y Souza, M. (2019). Automated versus manual blood cell counting in patients with leukemia. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*, 41(1), 48-53.
- López Revuelta, K., & Calvo Rey, C. (2015). *Atlas de hematología* (2.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Harrison, S., Jones, L., y Patel, R. (2019). Impact of Quality Control in Manual and Automated Hematology Testing: A Laboratory Perspective. *Journal of Clinical*

- Pathology, 72(5), 305-311.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijlh.12503>
- Lima, P. D., y Azevedo, A. R. (2020). Comparative Study of Manual and Automated Hematology Analyzers: An Insight into Technological Advances. *Clinical Hematology Research*, 34(7), 124-131.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11125483/>
- López, J. M., Pérez, F. H., y Martínez, R. G. (2020). Automated Hematology Analyzers: Advances in Precision and Clinical Relevance. *Advances in Laboratory Medicine*, 45(3), 212-221.
https://www.researchgate.net/publication/293497160_The_automated_hematology_analyzers
- Rajendran, A., y Kumar, V. (2021). New Generation Hematology Analyzers: Clinical Applications and Challenges in Diagnosis. *Hematology Journal*, 50(6), 545-556.
<https://jlp.amegroups.org/article/view/4453/html>
- Roberts, M. A., y Foster, T. D. (2021). Manual vs Automated Platelet Counts in Thrombocytopenic Patients: A Critical Review. *Journal of Thrombosis and Hematology*, 58(2), 102-108.
- Sharma, R., Gupta, S., y Kaushik, M. (2019). Manual Blood Counts in Resource-Limited Settings: Revisiting the Gold Standard. *Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion*, 35(2), 157-163.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Tratado de fisiología médica* (14.^a ed.). Elsevier.
- World Health Organization (OMS). (2020). Hematology Laboratory Guidelines. WHO Laboratory Manual, 7th edition.
- Al-Mendalawi, M. D. (2017). Performance evaluation of automated hematology analyzers versus manual techniques. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(6), EC14–EC18. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/28023.10088>
- Demessie, B., Getahun, A., Abebe, M., & Degu, A. (2023). Comparison of hematological parameters determined using automated and manual methods among patients attending a tertiary hospital in Ethiopia. *BMC Hematology*, 23(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12878-023-00348-6>
- Onyambu, M., Maina, D., Mwachari, C., & Wambua, M. (2021). Accuracy and reliability of automated vs manual leukocyte differentials in a university hospital setting. *The Pan African Medical Journal*, 38, 230. <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.38.230.27391>
- Oikonomidis, I. L., Karagianni, A. E., & Brozos, C. (2022). Evaluation of agreement between manual and automated leukocyte differential counts in goats. *Small Ruminant Research*, 211, 106626. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106626>