

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**"CAMBIO EN LOS PARÁMETROS ERITROCITARIOS DE LA BIOMETRÍA
HEMÁTICA COMO SIGNO EN LA DETECCIÓN ANTICIPADA DEL
DESARROLLO DE ANEMIA ADQUIRIDA DURANTE EL MANEJO
HOSPITALARIO DE PACIENTES INTERNADOS EN LA UNIDAD DE
CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA UANL"**

TESISTA: DR. MIGUEL ANGEL PÁEZ BUENO

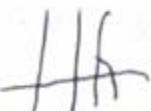
DIRECTORA DE TESIS: DRA. OLGA GRACIELA CANTÚ RODRÍGUEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA
EN MEDICINA INTERNA**

Aprobación de la tesis:



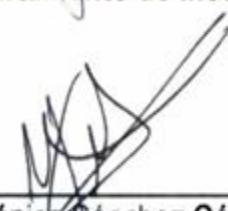
Dra. Olga Graciela Cantú Rodríguez
Director de tesis



Dr. med. Homero Nañez Terreros
Codirector de tesis



Dr. med. Luis Adrián Rendón Pérez
Jefe del Departamento de Medicina Interna



Dra. Mónica Sánchez Cárdenas
Jefe de Enseñanza del Departamento de Medicina Interna



Dr. med. Juan Fernando Góngora Rivera
Coordinador de Investigación del Departamento de Medicina Interna



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



UANL

HOJA CON LA DECLARACIÓN DE LOS LUGARES EN DONDE SE DESARROLLÓ EL TRABAJO, SEÑALANDO QUIENES FUERON LOS QUE DIRIGIERON EL TRABAJO.

CAMBIO EN LOS PARÁMETROS ERITROCITARIOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA COMO SIGNO EN LA DETECCIÓN ANTICIPADA DEL DESARROLLO DE ANEMIA ADQUIRIDA DURANTE EL MANEJO HOSPITALARIO DE PACIENTES INTERNADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA UANL.

Este trabajo fue realizado en la unidad de cuidados intensivos del Servicio de Neumología y medicina intensiva, en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección de la Dra. Olga Graciela Cantú Rodríguez y la codirección del Dr. Homero Nañez Terreros.

DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

- Dedico este trabajo de tesis primeramente a Dios, quien ha sido el que me ha permitido formarme como médico internista para poder servirlo a través de la atención de pacientes, sin él nada de esto podría ser posible.
- A mis padres y a mi hermana, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por enseñarme todos y cada uno de los valores que me forman hoy como persona, por enseñarme cómo comportarme ante las diversas situaciones que se me presentan en la vida y por poner como prioridad número uno mi desarrollo personal y profesional; por proveerme con su amor incondicional y hacer de mí una persona responsable y dedicada y mostrarme con su ejemplo que todo se puede lograr con esfuerzo y dedicación, los amare para toda la eternidad.
- A mi prometida, Brisa Isabel, por acompañarme en todo momento en estos 4 años de residencia, por estar en las buenas y en las malas, por escucharme y ser mi fortaleza. Por apoyarme, motivarme y no dejarme caer, siempre agradeceré el haber coincidido en esta vida.
- A la Dra. Olga Graciela Cantú Rodríguez por siempre estar presente durante mi formación como médico, desde médico interno de pregrado y ahora como residente de medicina interna, gracias infinitas por ser siempre esa apoyo y guía profesional en todo momento.
- Al Departamento de Medicina Interna, perteneciente a la UANL, por ser mi hogar estos 4 años, por darme la oportunidad de formarme en el Hospital Universitario, hogar de los mejores internistas del país.
- A los pacientes y sus familias, por brindarme la confianza de llevar el caso y permitirme formar un equipo mutuo en el cual ambos trabajamos en un ambiente de excelente comunicación para poder llegar al objetivo final, la sanación del paciente.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1

1. Introducción
 - 1.1 Marco Teórico
 - 1.2 Antecedentes
 - 1.3 Planteamiento del problema
 - 1.4 Justificación

CAPÍTULO 2

2. Hipótesis

CAPÍTULO 3

3. Objetivos
 - 3.1 Objetivo general
 - 3.2 Objetivos específicos

CAPÍTULO 4

4. Material y métodos
 - 4.1 Diseño del estudio
 - 4.2 Lugar y sitio
 - 4.3 Población de estudio
 - 4.4 Criterios de selección
 - 4.5 Técnica muestral
 - 4.6 Cálculo del tamaño mínimo de la muestra
 - 4.7 Variables
 - 4.8 Instrumentos de recolección de datos
 - 4.9 Procedimientos
 - 4.10 Plan de análisis
 - 4.11 Consideraciones éticas
 - 4.12 Bioseguridad

CAPÍTULO 5

5. Resultados

CAPÍTULO 6

6. Discusión

CAPÍTULO 7

7. Conclusiones

CAPÍTULO 8

8. Referencias

ANEXOS

Resumen

Título del estudio: “Cambio en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática como signo en la detección anticipada del desarrollo de anemia adquirida durante el manejo hospitalario de pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario de la UANL”.

Introducción y objetivo: La anemia hospitalaria (AAH) es altamente prevalente en UCI, con hasta 97 % de los pacientes afectados al octavo día. Su etiología es multifactorial, destacando las flebotomías como causa modificable. Se ha demostrado que, por cada 50 mL de sangre extraída, el riesgo de AAH aumenta 18 %. Este tipo de anemia se asocia a mayor mortalidad, estancia prolongada, infecciones y complicaciones como falla orgánica e imposibilidad de extubación. El objetivo del presente estudio fue determinar el cambio en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática como signo en la detección anticipada del desarrollo de anemia adquirida durante el manejo hospitalario de pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario de la UANL.

Material y métodos: Se realizó un estudio longitudinal y prospectivo en la Unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de junio del 2024 a octubre de 2025. Se incluyeron a pacientes >18 años, con al menos 48 horas en la UCI con niveles de Hemoglobina (Hb) en rangos no anémicos. Se excluyeron a aquellos con sangrado activo o reciente <3 meses, con trastornos de la coagulación o enfermedades que condicionaran anemia. Se calculó una muestra de 52 pacientes de los cuales se lograron incluir a 29 pacientes, de los que se registraron edad, sexo, talla, peso, diagnóstico de ingreso, comorbilidades, antecedentes transfusionales y se dio seguimiento a su estancia en la UCI por hasta 10 días.

Se registró el tipo de muestras sanguíneas con una estimación estándar del volumen obtenido en cada tubo según el tipo de muestra, así como el nivel de

hemoglobina, hematocrito, reticulocitos e índices eritrocitarios de la biometría hemática de manera diaria. Se realizó un análisis para estimar los cambios en los parámetros de la biometría hemática y el volumen de sangre extraído.

Resultados: Se incluyeron 29 pacientes, de los cuales el 48.3 % fueron mujeres. La edad media fue de 50.69 años \pm 17.35, la talla media de 167 cm \pm 0.47 y el peso medio de 75.2 kg \pm 13.42. La incidencia diaria de anemia fue 35.7 % al segundo día, 39.3 % al tercero, 36.4% al cuarto, 68.2 % al quinto, 57.1 % al sexto, 63.2 % al séptimo, 57.9 % al octavo, 47.4 % al noveno y 50 % al décimo día de estancia en la UCI, siendo la diferencia entre los distintos días significativa con un valor de p <0.0001. Existe una asociación entre el aumento de reticulocitos en el día +7 con la recuperación de hemoglobina el día +8. Ningún paciente recibió transfusiones ni suplementación con hierro o vitaminas. La mediana de mililitros de sangre extraída por día fue de 16.0 ml (RIC 11 – 22), siendo el primer día con la media más alta 23 ml (RIC 11.5 - 28). La mediana de sangre extraída durante todo el internamiento fue de 127ml (RIC 58.5 – 194). Mediante la curva ROC se analizó el volumen acumulado de sangre extraída durante el internamiento como clasificador de anemia durante el internamiento, encontrándose como punto con mayor rendimiento diagnóstico los 57.25ml. Los pacientes con volumen acumulado de sangre extraída \geq 57.25 ml tiene un OR de 4.918 (IC95% 2.568 – 9.417), p < 0.0001 de presentar anemia durante su estancia en UCI.

Conclusiones: A partir del quinto día de estancia en la UCI, se observó una alta frecuencia de anemia adquirida durante la hospitalización, probablemente relacionada con la toma diagnóstica de muestras sanguíneas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de prevención y monitoreo temprano para reducir el riesgo de anemia nosocomial en pacientes críticamente enfermos.

Abstract

Study Title: Changes in Red Blood Cell Parameters from the Complete Blood Count as Early Indicators of Hospital-Acquired Anemia in Critically Ill Patients at the University Hospital of UANL

Introduction: Hospital-acquired anemia (HAA) is a highly prevalent entity among critically ill patients, with up to 97% developing anemia by day eight of ICU admission. Its etiology is multifactorial, and diagnostic phlebotomy has shown to be a key modifiable contributor. Prior studies show that each 50 mL of blood drawn increases the risk of HAA by 18%. HAA has been associated with higher mortality, prolonged hospitalization, increased infection rates, organ dysfunction, and delayed weaning from mechanical ventilation. The objective of this study is to evaluate changes in red blood cell parameters from the complete blood count as early indicators of acquired anemia in ICU patients at the University Hospital of UANL.

Materials and Methods: We conducted a longitudinal prospective study in the Intensive Care Unit of the “Dr. José Eleuterio González” University Hospital from June 2024 to October 2025. Adults (>18 years) with at least 48 hours in the ICU and non-anemic baseline hemoglobin levels were eligible. Exclusion criteria included active or recent (<3 months) bleeding, coagulation disorders, or conditions associated with chronic anemia. A sample size of 52 patients was calculated, from which a total of 29 patients are currently enrolled. Baseline demographic and clinical variables (age, sex, height, weight, admission diagnosis, comorbidities, transfusion history) were collected. Patients were followed for up to 10 days and daily hemoglobin, hematocrit, reticulocyte count, and red cell indices were recorded. The type of blood samples collected each day was documented, and the volume per tube was estimated using standardized reference values. Analyses were performed to assess changes in hematologic parameters and the association between cumulative phlebotomy volume and anemia development.

Results: Of the 29 patients included, 48.3% were women. Mean age was 50.69 ± 17.35 years, mean height $167 \text{ cm} \pm 0.47$, and mean weight 75.2 ± 13.42 kg. The daily incidence of anemia increased over time, reaching 35.7% on day 2, 39.3% on day 3, 36.4% on day 4, 68.2% on day 5, 57.1% on day 6, 63.2% on day 7, 57.9% on day 8, 47.4% on day 9, and 50% on day 10 ($p < 0.0001$ across days). A rise in reticulocyte count on day 7 was associated with hemoglobin recovery on day 8. No patient received transfusions or iron/vitamin supplementation during the observation period. The median daily phlebotomy volume was 16.0 mL (IQR 11–22), with the highest volume on day 1 (median 23 mL, IQR 11.5–28). Total cumulative phlebotomy volume during ICU stay had a median of 127 mL (IQR 58.5–194). ROC curve analysis identified 57.25 mL as the optimal threshold for predicting anemia, yielding the highest diagnostic accuracy. Patients with cumulative phlebotomy ≥ 57.25 mL had significantly higher odds of developing anemia (OR 4.918; 95% CI 2.568–9.417; $p < 0.0001$).

Conclusions: Hospital-acquired anemia became highly frequent starting on the fifth day of ICU stay and was likely driven, at least in part, by diagnostic blood sampling. These findings highlight the need for early monitoring strategies, phlebotomy-sparing approaches, and preventive interventions to reduce the burden of nosocomial anemia in critically ill patients.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO TEÓRICO

La anemia representa una de las comorbilidades más frecuentes en el paciente hospitalizado, puede estar presente desde la admisión o desarrollarse en el internamiento. La anemia es definida por la OMS como la concentración de hemoglobina (hb) menor de 13 g/dl en hombres y menor de 12 g/dl en mujeres. La presencia de esta patología es frecuente y predomina en los pacientes que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con una prevalencia reportada hasta del 98% (1). El desarrollo de anemia en el paciente hospitalizado es multifactorial; se incluyen causas secundarias a patologías de base, deficiencias nutricionales, sepsis, anemia iatrogénica y entre otras (2).

La anemia adquirida en el hospital (AAH) se define como el desarrollo de anemia durante el internamiento hospitalario. Se ha descrito una prevalencia del 57 al 74% en pacientes no anémicos al ingreso, mientras que en pacientes con anemia previa hasta un 50% presenta un empeoramiento de esta. Puede ser secundario a hemodilución por la administración de fluidos intravenosos, fármacos con predisposición al sangrado, pérdida sanguínea por procedimientos, volumen y frecuencia de flebotomías y eritropoyesis alterada asociada a enfermedad crítica (3,4). La disminución en las concentraciones de hemoglobina durante la hospitalización ha demostrado ser congruente con la intensidad y cantidad de sangre extraída durante la práctica de flebotomías (5). La pérdida sanguínea iatrogénica por procedimientos diagnósticos ha sido descrita como un factor de riesgo de aparición y progresión de la AAH, particularmente en UCI (6).

La AAH se presenta con mayor frecuencia en la UCI y se ha descrito su desarrollo desde las 48 horas de la admisión (7). La proporción de pacientes que presenta anemia al ingreso en la UCI se describe como del 60-66%, y aumenta hasta el 90%

a las 72 horas, y 97% al día 8 (1). Se ha demostrado en múltiples estudios, que la anemia por sí misma se asocia a un aumento de la mortalidad especialmente en la población geriátrica, con enfermedad renal crónica, evento cerebrovascular, insuficiencia cardiaca e infarto agudo al miocardio (IAM) (8–11). Mientras que la AAH, además, se asocia a mayor estancia, mortalidad y cargos intrahospitalarios (12,13).

La AAH relacionada a la flebotomía fue reconocida desde 1973 en un grupo de pacientes admitidos a una unidad de cuidados coronarios y pulmonares (14). Otros de los factores que han sido asociados a la AAH en UCI, aunado a la frecuencia de flebotomías, han sido el volumen total extraído y los niveles de hemoglobina al ingreso (15). En pacientes que ingresan a la UCI con rango de hemoglobina en límites inferiores, asociado a eritropoyesis reducida y bajo peso corporal, que son características frecuentes en pacientes que requieren de UCI, el aumentar las tomas de muestras sanguíneas puede reducir la hemoglobina hasta 7.0 g/dL en 9-14 días (16). Algunos estudios han demostrado que por cada 50 mL de sangre extraída se incrementa el riesgo al menos 18% (RR 1.18, IC 95% 1.13-1.22) de desarrollar AAH, esto fue encontrado como un factor independiente que predice el desarrollo de anemia (17).

En algunos centros hospitalarios, el volumen total extraído durante la hospitalización puede superar entre 8.5 y 12 veces lo requerido para realizar los estudios de laboratorio, lo cual da como resultado el desecho de aproximadamente 3 ml de sangre por cada tubo recolectado (18,19). La cantidad promedio de sangre necesaria para la realización de estudios rutinarios, de acuerdo con los analizadores más utilizados, es por ejemplo para una biometría hemática de aproximadamente 100 a 200 μ L, lo cual representa aproximadamente veinte veces menos la cantidad recolectada en tubos estándar. Esto tiene como consecuencia que llegue a desecharse hasta el 90% de la sangre extraída (20).

La población en la que mayormente se ha analizado esta patología es en los pacientes ingresados con diagnóstico de IAM en donde se describió que el volumen de flebotomía está independientemente relacionado con el desarrollo de AHH

moderada-severa (21). La mayoría de los estudios en esta patología se han realizado en pacientes ingresados en la UCI, no obstante, en una cohorte retrospectiva se analizó en 59,715 pacientes el volumen promedio diario de flebotomía en distintos servicios de un hospital de tercer nivel (área médica general, área quirúrgica general, cuidados intermedios y UCI) en donde el mayor volumen de sangre promedio diario para muestras diagnósticas fue para la población de UCI en comparación con el resto de los servicios (8.5 ± 6.5 vs 27.2 ± 20 mL/día). La diferencia entre los volúmenes de flebotomía podría ser explicada debido a la complejidad y la intensidad que conlleva el cuidado en del paciente críticamente enfermo (22).

El volumen acumulado de sangre extraída puede alcanzar niveles clínicamente relevantes, especialmente en pacientes con estancias prolongadas en la UCI. Durante la estancia en la UCI, se ha estimado una pérdida acumulada de sangre superior a 200 mililitros en algunos pacientes, atribuible a la obtención de muestras para estudios de laboratorio. Esta pérdida es particularmente significativa en pacientes con ventilación mecánica prolongada, trastornos de la coagulación o antecedentes de múltiples intervenciones quirúrgicas, quienes presentan mayores volúmenes de sangre extraída mediante flebotomías (23).

El impacto de la anemia ha sido estudiado en diversos contextos hospitalarios, así como en múltiples enfermedades. Se ha asociado a un incremento en la estancia hospitalaria (24), imposibilidad de extubación (25), riesgo de IAM (26) y muerte (27,28).

El desarrollo o la exacerbación de la anemia durante la estancia en terapia intensiva es multifactorial, sin embargo, la pérdida sanguínea por pruebas de laboratorio es un problema actual y modificable.

1.2 ANTECEDENTES

Diversos estudios han evaluado el volumen diario, volumen acumulado del internamiento y el número de flebotomías, así como su asociación con anemia, transfusión y pronóstico. Sin embargo, a pesar de que existe poca información en áreas fuera de la UCI, un estudio realizado en un hospital de tercer nivel en Canadá valoró en 4 distintas áreas del hospital, la UCI representó el lugar con mayor proporción de pruebas de laboratorio diarias (6.3 ± 4.5). En otro estudio llevado a cabo en la UCI se reportó una pérdida de sangre total por flebotomía de 213 mL y una pérdida diaria de 25 mL al día. Además, se reportó que por cada incremento de 150 mL de pérdida de sangre acumulada secundario a flebotomía había un aumento de riesgo de transfusión sanguínea (HR 2.3; IC 95% 2-2.6) (29). En un estudio realizado por Chant et al., (2006) se encontró un volumen diario extraído por flebotomías significativo, el cual era de 13.3 ± 7.3 mL (30).

Por otro lado, en un estudio de Salisbury et al. en el que se evaluó la AAH secundaria a pérdida sanguínea por flebotomía en pacientes con IAM, encontraron que aquellos pacientes que desarrollaron anemia de moderada-severa (definida como hemoglobina <11 g/dL) habían tenido una pérdida de sangre media estimada de 100 mL más alta en comparación con el grupo sin anemia (volumen total promedio: 173.8 mL vs 83.5 mL respectivamente) (21).

Otra de las variables que se han evaluado es el requerimiento transfusional. En una cohorte retrospectiva de 428 pacientes ingresados en una UCI médica y quirúrgica se comparó a dos grupos (transfusión contra no transfusión (176/428)) y se reportó que el grupo que requirió de transfusión de glóbulos rojos tuvo volúmenes de flebotomía diarios totales promedios más altos en comparación con el grupo que no fue transfundido (57.5 vs 41.6 mL, $p<0,001$) (31). En el estudio de Chant et al., después del análisis multivariado, se encontraron como factores independientes de necesidad de transfusión la hemoglobina basal, el volumen diario de flebotomía, duración de estancia en la UCI y el uso de eritropoyetina. El incremento de al menos

3.5 mL por día extraídos en este grupo de pacientes incrementaron al doble las probabilidades de ser transfundidos (30).

Por otro lado, en un estudio multicéntrico de 145 UCI en Europa occidental, se relacionó positivamente el número de extracciones sanguíneas para muestreo (4.6 muestras/día) y la disfunción orgánica (medida por la puntuación SOFA) (32).

En diversos estudios se han propuesto estrategias dirigidas a la prevención de la anemia adquirida en el hospital, como la reducción del volumen sanguíneo tomado en las muestras mediante el uso de tubos pediátricos, dispositivos de conservación de sangre y uso de métodos cerrados que extraen sangre por vía arterial. Esto ha demostrado reducir la pérdida sanguínea en 82.8 ml para pacientes con estancias de 2 días, y hasta 824 ml en estancias igual o mayores a 11 días. (33). Por otro lado, se ha observado que el uso de tubos de bajo volumen (1.8 ml versus 3 ml) no afecta la calidad diagnóstica, pero si disminuye la pérdida de sangre relacionada con procedimientos diagnósticos en un 40% (34). El ensayo clínico STRATUS (Small-Volume Tubes to Reduce Anemia and Transfusion)—un estudio multicéntrico por conglomerados en pacientes ingresados en UCI—demostró que el uso de tubos de extracción de menor volumen se asoció con una reducción ajustada en la caída de hemoglobina de 0.17 g/dL en comparación con tubos estándar ($p=0.009$), sin comprometer la calidad de los estudios de laboratorio (5).

Las estrategias para disminuir la frecuencia de muestras de flebotomía han sido evaluadas mediante sesiones educativas, auditoría y retroalimentación sobre el volumen promedio de sangre recolectada al día al personal médico y de enfermería, alertas electrónicas en el sistema de orden de laboratorios, comunicaciones periódicas por correo electrónico con mensajes relacionados con la concientización sobre las órdenes de laboratorio diarias e incentivos financieros (35–38). Dichas intervenciones han mostrado resultados positivos respecto a la disminución del número de muestras solicitadas y costos intrahospitalarios en comparación con los grupos en los cuales no se realizaron dichas intervenciones.

En Canadá, la implementación de una estrategia educativa combinada con auditorías y retroalimentación dirigida al personal de UCI logró reducir

significativamente el volumen de sangre extraída por flebotomía, pasando de 46.98 ml a 36.0 ml por día por paciente. Asimismo, se observó una disminución en el número de flebotomías diarias, de 4.1 a 3.7 por paciente (35). La implementación de un programa educativo de dos meses de duración, basado en la difusión de mensajes mediante pancartas en áreas administrativos y correos electrónicos, tuvo como objetivo concientizar sobre las posibles consecuencias negativas para el paciente derivadas de la solicitud innecesaria de estudios de laboratorio. Esta intervención resultó en una reducción en la frecuencia de órdenes de laboratorio y, en consecuencia, en el número de muestras obtenidas. Además, se observó una disminución en los costos, con un ahorro estimado de \$6.33 USD por paciente-día, así como una reducción en la incidencia de anemia (37).

En pacientes en los que se detectó anemia durante su estancia en UCI, se requirió de al menos 11 semanas para recuperar niveles basales de hemoglobina, mientras que el 53% continuaban con anemia después de 6 meses de su egreso (39).

En un estudio realizado en Corea del Sur, de 3969 pacientes sobrevivientes de UCI, se encontró una mortalidad intrahospitalaria del 28.6%, así como una persistencia de la anemia del 65% después de 12 meses del alta hospitalaria. Ser mujer, tener diabetes mellitus, enfermedad renal crónica, tumores malignos sólidos se asociaron con agravación de la anemia (24).

En un estudio realizado en Canadá, de 17,030 pacientes, la anemia incrementó el riesgo de mortalidad con un HR de 4.29 (IC 95% 3.55 – 5.12), así como de hospitalización (HR 2.16, IC 95% 1.88-2.48) (27). En un estudio realizado en pacientes de la UCI que habían sido extubados o estaban próximos a serlo, un nivel de hemoglobina ≤10 G/dL se asoció como predictor independiente del resultado de extubación, siendo cinco veces más probable la imposibilidad de ser extubados exitosamente (25).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La anemia adquirida en el hospital es un problema frecuente y preocupante que afecta el bienestar y los resultados clínicos de los pacientes ingresados en centros de atención médica. La anemia puede provocar una mayor morbilidad, estancias hospitalarias prolongadas y una disminución de la calidad de vida de los pacientes. Un factor importante que contribuye a la anemia adquirida en el hospital es la flebotomía diagnóstica, que es esencial para obtener muestras de sangre para diversas pruebas de laboratorio y seguimiento durante la hospitalización de un paciente.

Si bien la flebotomía diagnóstica es crucial para diagnosticar y controlar afecciones médicas, las prácticas excesivas de muestreo de sangre pueden provocar anemia iatrogénica, particularmente en poblaciones vulnerables como los ancianos, los pacientes pediátricos y aquellos con enfermedades crónicas. Al identificar las mejores prácticas, definir umbrales seguros e implementar un monitoreo proactivo, que pueda determinar mediante parámetros de laboratorio y volúmenes extraídos, el momento en el que una intervención pueda limitar el desarrollo de anemia, esta investigación busca mejorar la atención al paciente y los resultados clínicos.

Al abordar este tema crítico, podemos mejorar la calidad general de la atención y los resultados de los pacientes y al mismo tiempo, reducir la carga económica del sistema de atención médica asociada con la anemia adquirida en el hospital.

De acuerdo con esto, surgen las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son los cambios en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática durante su estancia hospitalaria que pueden anticipar el desarrollo de anemia en estos pacientes?
2. ¿Cuál es la incidencia de anemia iatrogénica en los pacientes ingresados a la UCI?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La anemia adquirida en el hospital es común y su persistencia se asocia con peores resultados clínicos y resultados cardiovasculares adversos. Así mismo, las transfusiones de glóbulos rojos para corregir la anemia también tienen importantes riesgos para la salud, además de ser significativamente una carga para el sistema sanitario (4). La implementación de estrategias simples para la prevención de AAH como la determinación de volúmenes de flebotomía y su asociación con cambios tempranos en los parámetros eritrocitarios previos al desarrollo de anemia pueden ayudar en el futuro a tomar acciones preventivas o correctivas tempranas que limiten los riesgos asociados al desarrollo de anemia nosocomial.

CAPÍTULO 2

HIPÓTESIS

Hipótesis alterna. Los cambios en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática, junto con la cuantificación del volumen total de sangre extraído previo al desarrollo de anemia nosocomial, pueden anticipar su desarrollo durante el manejo hospitalario de pacientes en la unidad de cuidados intensivos.

Hipótesis nula. Los cambios en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática, junto con la cuantificación del volumen total de sangre extraído previo al desarrollo de anemia nosocomial, no pueden anticipar su desarrollo durante el manejo hospitalario de pacientes en la unidad de cuidados intensivos.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

1. Determinar el cambio en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática como signo en la detección anticipada del desarrollo de anemia adquirida durante el manejo hospitalario de pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario de la UANL (ejemplo: reticulocitos, hemoglobina, etc).

3.2 Objetivos específicos

1. Estimar el volumen **promedio diario** de flebotomía en la UCI.
2. Estimar el volumen **promedio total** de flebotomía por estancia en la UCI.
3. Determinar la **incidencia de anemia adquirida** en pacientes hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”, evaluando los cambios en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática durante su estancia hospitalaria.

CAPÍTULO 4

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Diseño del estudio. Observacional, Analítico, Longitudinal, Prospectivo.

4.2 Lugar y sitio. Unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

4.3 Población de estudio. Pacientes que ingresen a la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos que cumplan con los criterios de inclusión.

4.4 Criterios de selección

Inclusión

- Pacientes mayores de 16 años.
- Paciente que cumple más de 48 horas de internamiento en la UCI.
- Pacientes con hemoglobina >13 g/dl (hombres) y >12 g/dl (mujeres), (Sin anemia).

Exclusión

- Pacientes con sangrado activo o reciente <3 meses.
- Pacientes con trastornos de la coagulación.
- Pacientes con enfermedad hematológica y/o metabólica que condiciona anemia.
- Pacientes en tratamiento con eritropoyetina y/o agentes anabólicos.
- Pacientes embarazadas.

Eliminación

- Pacientes con información incompleta de alguna de las variables de interés.
- Pacientes a los que se les haya realizado transfusión al ingreso a la UCI o en el transcurso del mes previo.

- Pacientes a los que se les haya realizado flebotomía terapéutica durante la estancia hospitalaria.

4.5 Técnica muestral. No probabilístico, por conveniencia.

4.6 Cálculo del tamaño mínimo de la muestra.

Se utilizó una fórmula de estimación de una proporción en una población infinita, con el objetivo primario de: Determinar la incidencia de anemia iatrogénica en pacientes ingresados a la UCI.

Esperando una proporción del 74% de pacientes que desarrollen anemia intrahospitalaria, con un poder del 95%, se necesitan por lo mínimo 52 sujetos de estudio, con base en los parámetros establecidos por Koch CG et al. (2013) (4).

4.7 Variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidades de medida
Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.	Numérica discreta	Años
Sexo	Condición orgánica que distingue a los machos de las hembras.	Categórica nominal	Masculino Femenino
Talla	Estatura en centímetros	Numérica continua	cm
Peso	Peso corporal en kilogramos	Numérica continua	Kg
Diagnóstico	Enfermedad que origina el internamiento	Categórica	Enfermedad
Cuenta de eritrocitos	Número de glóbulos rojos	Numérica continua	$10^6/\mu\text{L}$

Anemia	Disminución en el número de glóbulos rojos	Categórica nominal	Si/No
Hemoglobina	Nivel de Hemoglobina reportado en la Biometría Hemática	Numérica continua	G/dL
Hematocrito	Cantidad de Hematocrito reportado en la Biometría Hemática	Numérica continua	Porcentaje %
VCM	Volumen corpuscular medio	Numérica continua	fL
HCM	Hemoglobina corpuscular media	Numérica continua	pG
CMHC	Concentración media de hemoglobina corpuscular	Numérica continua	G/dL
MCHr	Hemoglobina reticular	Numérica continua	μ G/L
RETIC	Cuenta de reticulocitos totales	Numérica continua	Porcentaje %
% R	Porcentaje de reticulocitos	Numérica continua	Porcentaje %
IRF	Reticulocitos inmaduros	Numérica continua	
NRBC	Células rojas nucleadas	Numérica continua	$10^3/\mu$ L
Volumen de Sangre Diario	Cantidad de Sangre recolectada diariamente para estudios	Numérica continua	Mililitros
Volumen de Sangre Total	Cantidad total de Sangre recolectada para estudios	Numérica continua	Mililitros

Días de Hospitalización	Número de días de estancia en el hospital	Numérica discreta	Días
Estudios realizados diariamente	Tipo de estudios que se realizaban todos los días	Categórica nominal	Tipo de estudio

4.8 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos consistió en una hoja en el cubículo de cada paciente de la UCIA, que contenía los datos de identificación del paciente y una tabla en la que se localizaban los días consecutivos de estancia, la fecha y las muestras obtenidas en el día. En esta última columna se anotaban el número de tubos obtenidos, el tipo de tubo (rojo, morado, jeringas, etc.) y los mL obtenidos.

Posteriormente, los datos fueron transcritos a una hoja de Excel para su posterior limpieza y codificación.

4.9 Procedimientos

Se corroboró que los pacientes ingresados a la UCIA cumplieran con un mínimo de 48 horas de internamiento sin desarrollar anemia y esto fue evaluado mediante la plataforma SOME (utilizada en el Hospital Universitario). Posterior a que los pacientes cumplieran con los criterios de inclusión del estudio, sus niveles de hemoglobina y volúmenes extraídos se calcularon de dos maneras una mediante el formato de enfermería y otra mediante la cuantificación por Laboratorio Central.

Al momento del ingreso de los pacientes a la UCI se obtuvo su nivel de Hb diario por medio de la plataforma SOME, en la cual un día abarca desde las 00:00 hrs. hasta las 23:59. Posteriormente se registró en la base de datos aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión. Se evaluaron los niveles de Hb y el volumen extraído de los pacientes de manera simultánea mediante la participación del personal de enfermería de la UCI y Laboratorio Central del Hospital Universitario. El seguimiento de cada paciente fue diario y durante un periodo de diez días.

El personal de enfermería agregó fichas de recolección de datos del paciente para que el personal registrara los niveles de hemoglobina y los volúmenes extraídos (en mililitros). El equipo de trabajo acudió de manera diaria a registrar en la base de datos los niveles de hemoglobina y los volúmenes extraídos y al finalizar los 10 días de seguimiento se realizó un gráfico en Microsoft Excel.

Posteriormente en Laboratorio Central se registró de manera diaria los niveles de hemoglobina y los volúmenes extraídos acompañados del personal en turno. Para calcular el volumen sanguíneo del paciente se utilizó el valor promedio de cada tipo de tubo (gases arteriales 1 mL, perfil bioquímico 5 mL, biometría hemática 5 mL, hemocultivo 5 mL) y se obtuvo el volumen total diario.

El conteo de reticulocitos se llevó a cabo por el Laboratorio Central con un tubo morado con EDTA como anticoagulante, siendo esta muestra sanguínea parte de las ya indicadas normalmente en la UCIA, evitando una indicación adicional de flebotomía y por tanto el agravamiento de la anemia. Dicha medición de reticulocitos se realizó el día de ingreso, el tercer y el octavo día de internamiento.

4.10 Plan de análisis

En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables numéricas, medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil).

En la estadística inferencial se evaluó la distribución de la muestra por medio de la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Se compararon variables categóricas por medio de la prueba de Chi cuadrado de Pearson o test exacto de Fisher, de acuerdo con la normalidad de la distribución. Para comparar variables numéricas entre grupos independientes se utilizaron las pruebas de t-Student o U de Mann Whitney. La prueba de McNemar se utilizó comparar variables categóricas dependientes. Para comparar variables numéricas dependientes se utilizaron las pruebas de t-Student y/o prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Se utilizaron coeficientes de correlación de Pearson y/o Spearman para medir el grado de asociación entre variables numéricas. Se utilizaron modelos de regresión logística como modelos predictivos.

Se consideró un valor de $p \leq 0.05$ y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativo. Se utilizará el paquete estadístico SPSS versión 25.

4.11 Consideraciones éticas

De Acuerdo con los principios establecidos en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial adoptada por 52va Asamblea General, en Edimburgo, Escocia en el año 2000 en su artículo 11, considerando también el artículo 13, el 15 y las últimas enmiendas de la declaración; que señalan que la investigación debe basarse en un conocimiento cuidadosos del campo científico, se revisó detalladamente la bibliografía para redactar los antecedentes y la metodología del proyecto.

Esta investigación está de acuerdo con el Reglamento de la Ley General de la Salud en Materia de Investigación para la Salud" en su Título 2do, Capítulo 1ro, Artículo 17, fracción I, se considera como investigación sin riesgo.

La información de los pacientes fue utilizada y revelada sólo para las actividades y operaciones que estuvieran relacionadas con el protocolo de investigación, así como en circunstancias limitadas, como cuando sea requerido por ley. El uso y revelación de datos sobre los pacientes se limitó al estándar del "mínimo necesario" y fue utilizada sólo por los investigadores relacionados con el protocolo de investigación. No se incluyeron datos personales del paciente en la base de datos y se utilizó un código identificador único para la identificación de cada paciente. Solo tuvieron acceso a la base de datos los miembros del equipo de investigación.

4.12 Bioseguridad

No aplica

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

Se incluyeron 29 pacientes, de los cuales el 48.3 % fueron mujeres. La edad media fue de 50.69 años \pm 17.35, la talla media de 167 cm \pm 0.47 y el peso medio de 75.2 kg \pm 13.42. La incidencia diaria de anemia fue 35.7 % al segundo día, 39.3 % al tercero, 36.4% al cuarto, 68.2 % al quinto, 57.1 % al sexto, 63.2 % al séptimo, 57.9 % al octavo, 47.4 % al noveno y 50 % al décimo día de estancia en la UCI, siendo la diferencia entre los distintos días significativa con un valor de $p < 0.0001$.

En las figuras 1 y 2 se ilustran los cambios diarios en los niveles de hemoglobina y el porcentaje de reticulocitos durante la hospitalización.

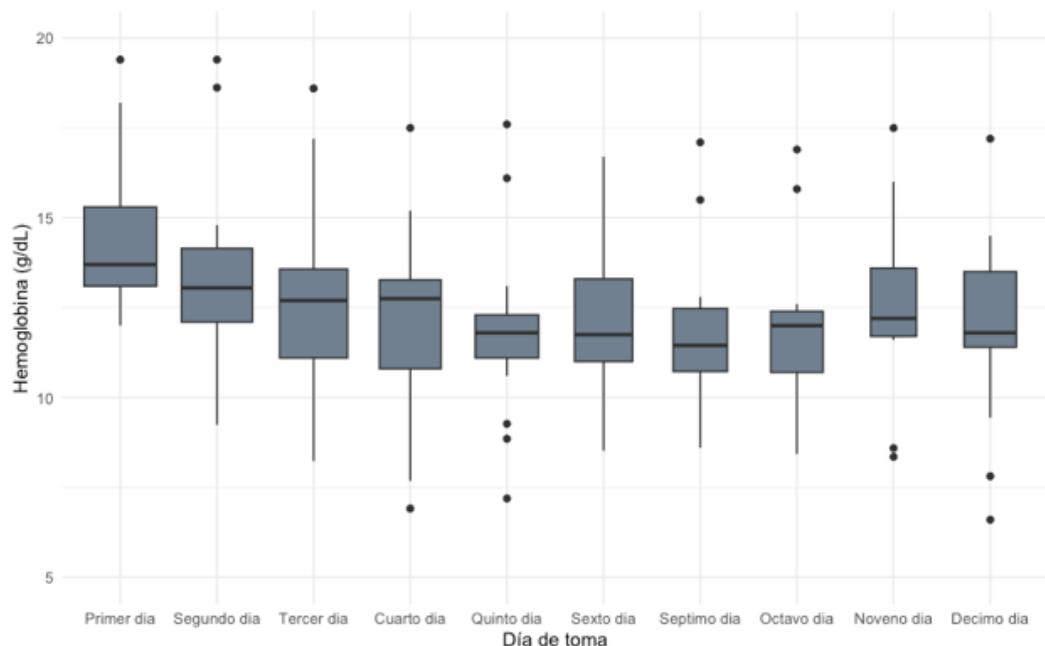


Figura 1. Niveles de hemoglobina por día de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa mediante la prueba de Kruskal Wallis al comparar los niveles de hemoglobina entre los días de internamiento, con un valor de $p < 0.001$.

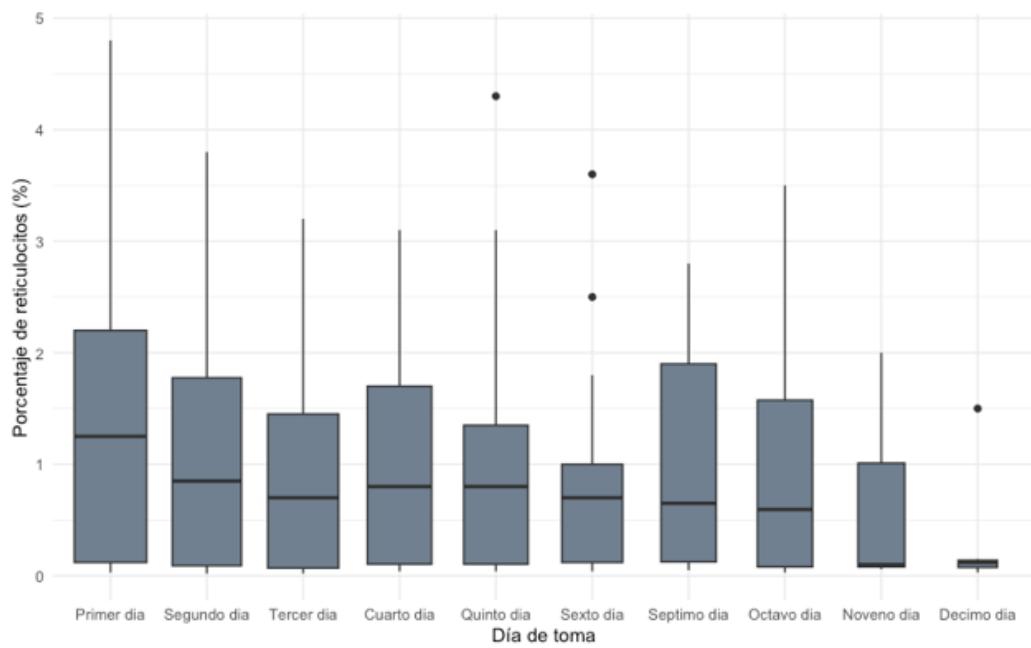


Figura 2. Porcentaje de reticulocitos por día de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. No se encontró una diferencia estadísticamente significativa en los porcentajes de reticulocitos mediante la prueba de Kruskal Wallis, con un valor de $p = 0.402$.

Existe una asociación entre el aumento de reticulocitos en el día +7 con la recuperación de hemoglobina el día +8. Ningún paciente recibió transfusiones ni suplementación con hierro o vitaminas. La mediana de mililitros de sangre extraída por día fue de 16.0 ml (RIC 11 – 22), siendo el primer día con la media más alta 23 ml (RIC 11.5 - 28) (figura 3). Los milímetros acumulados de sangre extraída se pueden visualizar en la figura 4.

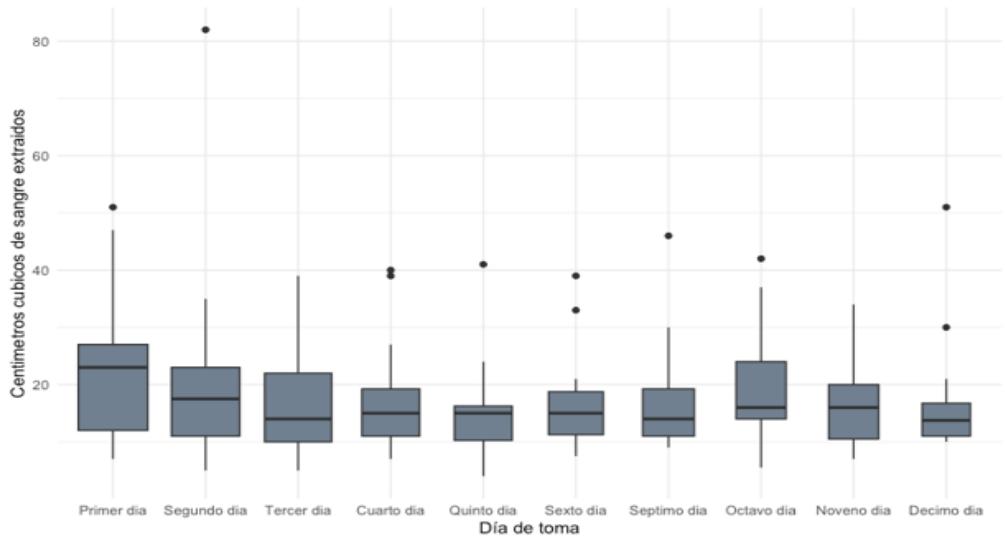


Figura 3. Centímetros cúbicos (cc) de sangre extraída por flebotomía por día de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. No se encontró una diferencia entre los cc de sangre extraídos mediante la prueba de Kruskal Wallis, con un valor de $p = 0.469$.

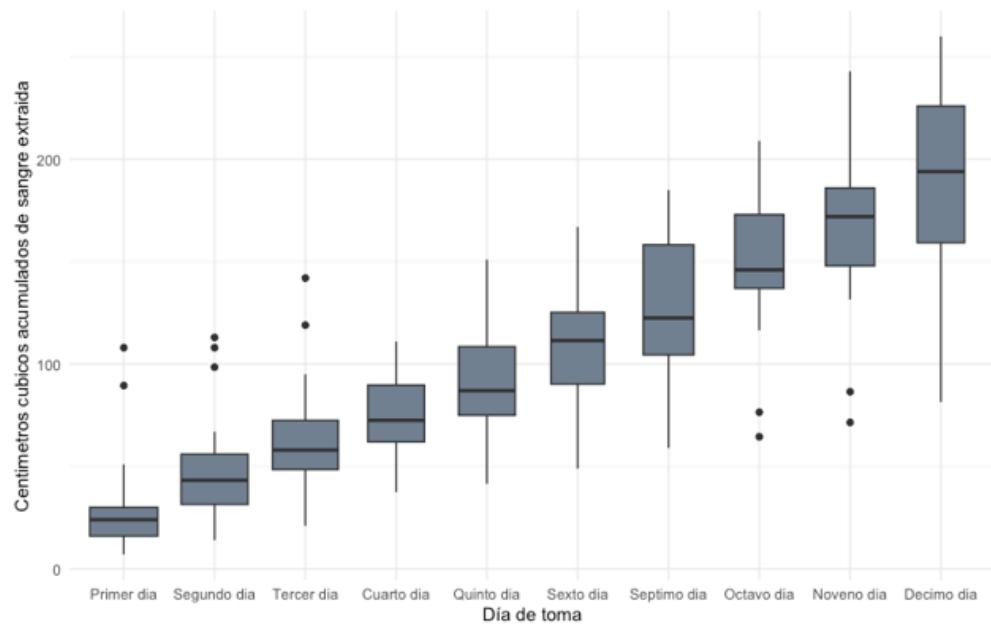


Figura 4. Centímetros cúbicos (cc) acumulados de sangre extraída por flebotomía por día de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. Se encontró un aumento diario estadísticamente significativo mediante la prueba de Kruskal Wallis con un valor de $p <0.001$.

La mediana de sangre extraída durante todo el internamiento fue de 127ml (RIC 58.5 – 194).

En la figura 5 se aprecia la relación entre el volumen total extraído y los niveles de reticulocitos. Mediante la curva ROC se analizó el volumen acumulado de sangre extraída durante el internamiento como clasificador de anemia durante el internamiento, encontrándose como punto con mayor rendimiento diagnóstico los 57.25ml. (figura 6). Los pacientes con volumen acumulado de sangre extraída ≥ 57.25 ml tiene un OR de 4.918 (IC95% 2.568 – 9.417), $p < 0.0001$ de presentar anemia durante su estancia en UCI.

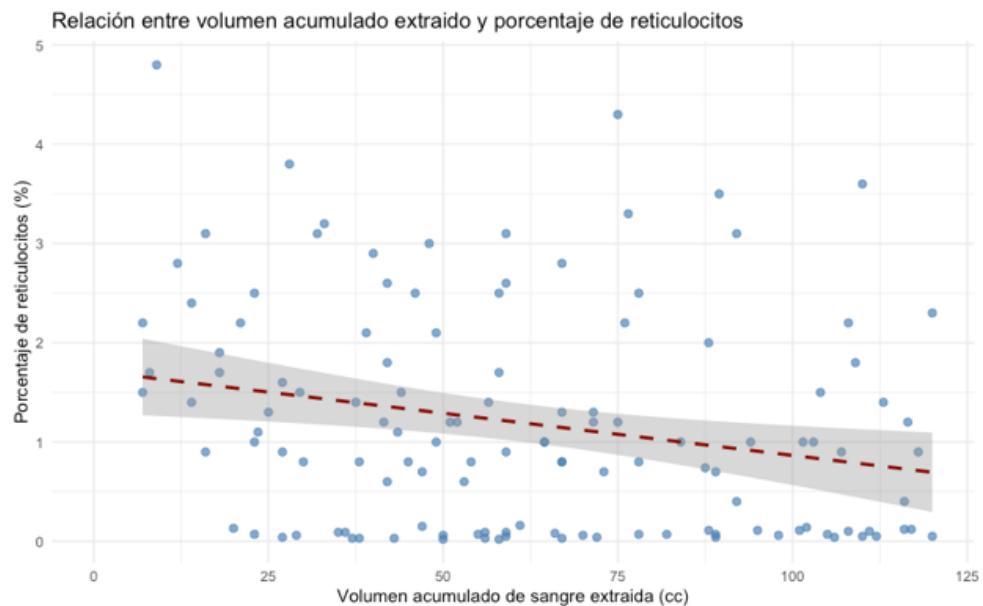


Figura 5. Relación entre volumen acumulado extraído y porcentaje de reticulocitos. La regresión lineal univariada mostró una asociación positiva débil entre el volumen acumulado extraído y el porcentaje de reticulocitos ($R = 0.385$, $R^2 = 0.148$, $p < 0.001$), lo que indica que el volumen explica aproximadamente el 15% de la variación en el porcentaje de reticulocitos.

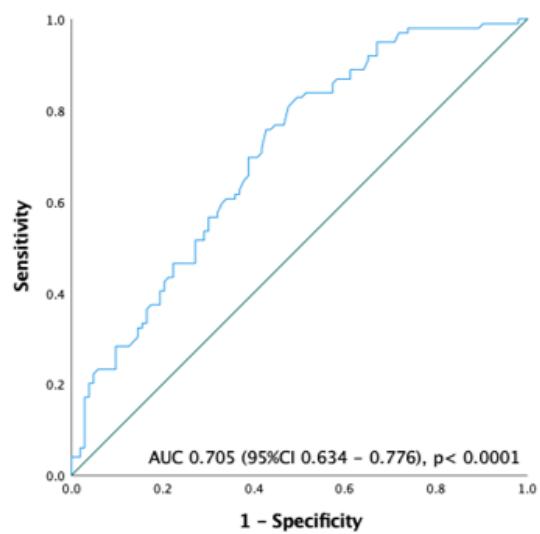


Figura 6. Curva ROC de centímetros cúbicos acumulados extraídos como clasificador de la presencia de anemia durante la estancia en cuidados intensivos.

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN

El presente estudio piloto tuvo como objetivo determinar el cambio en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática como signo en la detección anticipada del desarrollo de anemia adquirida durante el manejo hospitalario de pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario de la UANL, así como estimar el volumen de sangre obtenido asociado al número de flebotomías realizadas durante su estancia.

La pérdida sanguínea iatrogénica secundaria a procedimientos diagnósticos representa un factor significativo en la aparición y progresión de la anemia adquirida en el hospital, en particular en la UCI (6). Se ha estimado que hasta en un tercio de los pacientes en UCI, la presencia de anemia se relaciona a flebotomías (40). Pacientes en la UCI pierden desde 340 a 660 mL de sangre por semana debido a la toma de muestras para estudios diagnósticos (20,41), con un aumento de 18% en el riesgo de anemia por cada 50 ml de sangre perdida (17). Modelos matemáticos han sugerido que, en pacientes con concentraciones de hemoglobina en el límite inferior al ingreso en UCI, eritropoyesis reducida y bajo peso corporal—características frecuentes en este tipo de pacientes—un aumento en la toma de muestras sanguíneas puede llevar a una disminución de la hemoglobina hasta 70 g/L o menos en un periodo de 9 a 14 días (16).

La incidencia de anemia en la UCI varía entre estudios, alcanzando hasta un 98%, predominante en pacientes del sexo masculino y una media de edad en la cohorte de 56.5 ± 14.8 años (42). Un estudio internacional identificó que el 26% de los pacientes ingresados a la UCI presentan una hemoglobina <9 g/dL al momento de su admisión y el 44.1% llegan a presentarlo a lo largo de su estancia (43). En una cohorte retrospectiva de 188,447 hospitalizaciones, se observó que el 74% desarrollaron anemia atribuible a atención hospitalaria (4). Inclusive, el 70% de los pacientes se encuentran anémicos al segundo día posterior al ingreso y

aproximadamente la mitad de ellos terminan siendo trasfundidos (44). Entre los factores que se asociaron de manera significativa con la aparición de anemia se identificaron el volumen total de sangre extraída durante la hospitalización y los niveles de hemoglobina al ingreso. En contraste, variables como el sexo, la edad y la presencia de comorbilidades—incluyendo diabetes mellitus, cáncer o insuficiencia cardiaca—no mostraron una asociación estadísticamente significativa (15). A comparación, en pacientes con COVID-19 ingresados a la UCI por insuficiencia respiratoria aguda, se determinó que la edad, además del volumen de sangre extraído por día y niveles de hemoglobina elevados, se identificaron como factores de riesgo para una reducción en la hemoglobina (45).

La disminución en las concentraciones de hemoglobina durante la hospitalización ha demostrado ser congruente con la intensidad y cantidad de sangre extraída durante la práctica de flebotomías (5). En una cohorte en la que el volumen promedio diario sangre extraída fue de 13.3 ± 7.3 ml, los niveles de hemoglobina se estabilizaron a partir del séptimo día de estancia, con un valor medio de 9.4 ± 1.4 g/dl (30). Un estudio canadiense reportó una concentración media de hemoglobina de 125.6 g/L al ingreso, que descendió a 117.6 g/L al momento del alta hospitalaria ($p < 0.0001$), con una reducción promedio de 7.9 g/L. El hematocrito, por su parte, presentó una disminución media de 2.1% ($p < 0.0001$), reflejando el impacto que tienen las flebotomías repetitivas en los parámetros hematológicos (46).

Se ha documentado que, por cada 100 ml de sangre extraída, el número de unidades de concentrado eritrocitario trasfundidas aumenta en 1.15 (95% IC 1.14-1.17; $p < .001$). Los pacientes quirúrgicos en UCI presentaron mayor frecuencia de flebotomías. No obstante, el mayor volumen diario de sangre extraída se registró en la UCI médica. De manera paralela, los pacientes con mayores volúmenes de extracción sanguínea tuvieron estancias hospitalarias más prolongadas y unas menores cifras de hemoglobina (13). De forma complementaria, en pacientes que requirieron más de 60 extracciones mediante flebotomía durante su estancia, se documentó una relación dosis-dependiente entre el volumen de sangre extraída y la magnitud de caída de la hemoglobina (47). Aunque la disminución de la

hemoglobina no puede atribuirse exclusivamente a las flebotomías, esto subraya la importancia de optimizar las prácticas de muestreo sanguíneo para prevenir la aparición de anemia.

Diversos estudios han documentado una amplia variabilidad en el volumen diario de flebotomía. En una serie, el número mediano de extracciones fue de 41(18-88) durante la hospitalización, con un volumen mediano total de 232 mL, lo que equivale a 5.2 (2.6-8.8) extracciones y 29 mL (19-43) por día. El volumen de desecho representó el 10.8% del volumen extraído (13). De manera comparativa, los volúmenes promedio diarios de flebotomía reportados en la literatura han mostrado variabilidad. Un estudio informó un volumen promedio de 77.7 mL por día (48), mientras que otros trabajos han documentado valores de 55.7 mL (49). En una UCI de un hospital académico de tercer nivel en Canadá se registró una media de 46.8 mL de sangre recolectada por paciente-día (35). Se ha reportado que un volumen promedio de flebotomía de 13.3 ± 7.3 ml por día se asocia, mediante análisis de regresión logística multivariada, con un mayor requerimiento de transfusiones sanguíneas. Además del volumen diario extraído, otros factores relacionados fueron la hemoglobina basal, la duración de la estancia hospitalaria y el uso de eritropoyetina (30).

El volumen acumulado de sangre extraída puede alcanzar niveles clínicamente relevantes, especialmente en pacientes con estancias prolongadas en la UCI. Durante la estancia en la UCI, se ha estimado una pérdida acumulada de sangre superior a 200 ml en algunos pacientes, atribuible a la obtención de muestras para estudios de laboratorio. Esta pérdida es particularmente significativa en pacientes con ventilación mecánica prolongada, trastornos de la coagulación o antecedentes de múltiples intervenciones quirúrgicas, quienes presentan mayores volúmenes de sangre extraída mediante flebotomías (23). En algunos centros hospitalarios, el volumen total extraído durante la hospitalización puede superar entre 8.5 y 12 veces lo requerido para realizar los estudios de laboratorio, lo cual da como resultado el desecho de aproximadamente 3 ml de sangre por cada tubo recolectado (18,19).

La cantidad promedio de sangre necesaria para la realización de estudios rutinarios, de acuerdo con los analizadores más utilizados, es de aproximadamente 100 a 200 μL , lo cual representa aproximadamente veinte veces menor la cantidad recolectada en tubos estándar. Esto tiene como consecuencia que llegue a desecharse hasta el 90% de la sangre extraída (20). Diversas estrategias como el uso de dispositivos de recolección cerrados y tubos de bajo volumen ha demostrado reducir la pérdida sanguínea en 82.8 mL para pacientes con estancias en de 2 días, y hasta 824 mL en estancias igual o mayores a 11 días (50). Por otro lado, se ha observado que el uso de tubos de bajo volumen (1.8 mL vs 3 mL) no afecta la calidad diagnóstica, pero si disminuye la pérdida de sangre relacionada con procedimientos diagnósticos en un 40% (34).

Diversas intervenciones han sido propuestas para mitigar la anemia iatrogénica por flebotomías, especialmente en pacientes críticos, con el objetivo de reducir la pérdida sanguínea y así mejorar el estado clínico de los pacientes. Un estudio realizado en pacientes con anemia moderada o severa evaluó el impacto de una estrategia de intervención que incluía la optimización de toma de muestra sanguíneas, apoyo en la toma de decisiones clínicas y tratamiento farmacológico. En comparación con el manejo habitual a discreción del equipo médico, los pacientes del grupo de intervención mostraron niveles más altos de hemoglobina al mes posterior al egreso hospitalario (51). Se ha demostrado que, aunque la implementación de estas estrategias no siempre se traduce en un aumento significativo en los niveles de hemoglobina, estas son factibles y pueden contribuir a una menor necesidad de transfusiones en pacientes en la UCI (52). El ensayo clínico STRATUS (Small-Volume Tubes to Reduce Anemia and Transfusion)—un estudio multicéntrico por conglomerados en pacientes ingresados en UCI — demostró que el uso de tubos de extracción de menor volumen se asoció con una reducción ajustada en la caída de hemoglobina de 0.17 g/dL en comparación con tubos estándar ($p=0.009$), sin comprometer la calidad de los estudios de laboratorio (5).

En Canadá, la implementación de una estrategia educativa combinada con auditorías y retroalimentación dirigida al personal de UCI logró reducir significativamente el volumen de sangre extraída por flebotomía, pasando de 46.98 mL a 36.0 mL por día por paciente. Asimismo, se observó una disminución en el número de flebotomías diarias, de 4.1 a 3.7 por paciente (35). La implementación de un programa educativo de dos meses de duración, basado en la difusión de mensajes mediante pancartas en áreas administrativos y correos electrónicos, tuvo como objetivo concientizar sobre las posibles consecuencias negativas para el paciente derivadas de la solicitud innecesaria de estudios de laboratorio. Esta intervención resultó en una reducción en la frecuencia de órdenes de laboratorio y, en consecuencia, en el número de muestras obtenidas. Además, se observó una disminución en los costos, con un ahorro estimado de \$6.33 USD por paciente-día, así como una reducción en la incidencia de anemia asociada (37).

A pesar del reconocimiento del impacto clínico de la anemia iatrogénica, la evidencia relacionada con el costo-efectividad respecto a las técnicas orientadas a reducir estas pérdidas en pacientes críticos es aún limitada, lo cual subraya la necesidad de realizar estudios adicionales en esta área. Asimismo, la implementación de estas intervenciones podría tener un beneficio ambiental adicional al reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), asociadas con el manejo de componentes sanguíneos (53). En este contexto, resulta fundamental la implementación de programas integrales de manejo de sangre orientados a minimizar las pérdidas asociadas a la flebotomía, los cuales deben contemplar estrategias de ahorro sanguíneo, capacitación continua del personal y el uso de sistemas de recolección de bajo volumen (2).

En nuestro estudio piloto fueron enrolados 29 pacientes y es importante destacar que el 48.3% fueron mujeres y 51.7% fueron hombres, lo que nos permite determinar que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre ambos sexos, además la edad media fue de 50.69 años ± 17.35, la talla media de 167 cm ± 0.47 y el peso medio de 75.2 kg ± 13.42.

Destaca que la incidencia diaria de anemia fue 35.7 % al segundo día, 39.3 % al tercero, 36.4% al cuarto, 68.2 % al quinto, 57.1 % al sexto, 63.2 % al séptimo, 57.9 % al octavo, 47.4 % al noveno y 50 % al décimo día de estancia en la UCI, siendo la diferencia entre los distintos días significativa con un valor de $p <0.0001$.

Así mismo otro dato contundente obtenido es que la mediana de mililitros de sangre extraída por día fue de 16.0 ml (RIC 11 – 22), siendo el primer día con la media más alta 23 ml (RIC 11.5 - 28) y que la mediana de sangre extraída durante todo el internamiento fue de 127ml (RIC 58.5 – 194).

Otro hallazgo relevante es que mediante la curva ROC se analizó el volumen acumulado de sangre extraída durante el internamiento como clasificador de anemia durante el internamiento, encontrándose como punto con mayor rendimiento diagnóstico los 57.25ml. Los pacientes con volumen acumulado de sangre extraída ≥ 57.25 ml tiene un OR de 4.918 (IC95% 2.568 – 9.417), $p < 0.0001$ de presentar anemia durante su estancia en UCI.

Es importante mencionar que como limitante importante y debilidad en nuestro estudio podemos encontrar que sería necesario la medición de otros parámetros como la hepcidina y cinética de hierro que inciden directamente en la aparición de anemia en enfermos graves y que en caso de tenerlos darían peso y fortalecerían los hallazgos encontrados. Sin embargo, se planea continuar con el estudio de dichos parámetros y continuar reclutando pacientes para nutrir nuestra población muestra.

Así como se encuentra limitantes también encontramos fortalezas, como por ejemplo que los hallazgos son trascendentales ya que en nuestro medio no existe una estadística que nos oriente a analizar de manera adecuada la incidencia de anemia por flebotomía, el promedio de sangre extraído al día y en total en su estancia en la UCI, así como cantidad de sangre extraída que es necesaria para aumentar el riesgo de presentar anemia iatrogénica por flebotomía, al obtener toda esta información podemos planear realizar a futuro programas en los que limitemos la cantidad de sangre por toma de muestra a la mínima necesaria para su procesamiento, así como poder implementar el uso de tubos más pequeños para el depósito y transporte de muestra, que nos permita disminuir considerablemente la cantidad

de sangre total extraída y con esto disminuir la incidencia y prevalencia de anemia iatrogénica por flebotomía.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

A partir del quinto día de estancia en la UCI, se observó una alta frecuencia de anemia adquirida durante la hospitalización, probablemente relacionada con la toma diagnóstica de muestras sanguíneas.

La incidencia diaria de anemia fue 35.7 % al segundo día, 39.3 % al tercero, 36.4% al cuarto, 68.2 % al quinto, 57.1 % al sexto, 63.2 % al séptimo, 57.9 % al octavo, 47.4 % al noveno y 50 % al décimo día de estancia en la UCI, siendo la diferencia entre los distintos días significativa con un valor de $p <0.0001$.

El volumen acumulado de sangre extraída durante el internamiento como clasificador de anemia durante el internamiento, encontrándose como punto con mayor rendimiento diagnóstico los 57.25ml. Los pacientes con volumen acumulado de sangre extraída ≥ 57.25 ml tiene un OR de 4.918 (IC95% 2.568 – 9.417), $p < 0.0001$ de presentar anemia durante su estancia en UCI.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de prevención y monitoreo temprano para reducir el riesgo de anemia nosocomial en pacientes críticamente enfermos.

CAPÍTULO 8

REFERENCIAS

1. McEvoy MT, Shander A. Anemia, Bleeding, and Blood Transfusion in the Intensive Care Unit: Causes, Risks, Costs, and New Strategies. *Am J Crit Care*. 2013 Nov;22(6):eS1–13.
2. Helmer P, Hottenrott S, Steinisch A, Röder D, Schubert J, Steigerwald U, et al. Avoidable Blood Loss in Critical Care and Patient Blood Management: Scoping Review of Diagnostic Blood Loss. *J Clin Med*. 2022 Jan;10(2):320.
3. Bressman E, Jhang J, McClaskey J, Ginzburg YZ. Tackling the unknowns in understanding and management of hospital acquired anemia. *Blood Rev*. 2021 Sep;49:100830.
4. Koch CG, Li L, Sun Z, Hixson ED, Tang A, Phillips SC, et al. Hospital-acquired anemia: Prevalence, outcomes, and healthcare implications. *J Hosp Med*. 2013 Sep;8(9):506–12.
5. Siegal DM, Belley-Côté EP, Lee SF, Hill S, D’Aragon F, Zarychanski R, et al. Small-Volume Blood Collection Tubes to Reduce Transfusions in Intensive Care: The STRATUS Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2023 Nov 21;330(19):1872.
6. Holland J, Peralta RM, Moss RL, Feane K, Uprichard J. A single-centre review of iatrogenic anaemia in adult intensive care. *Transfus Med*. 2020 Jun;30(3):196–200.
7. Savage DG, Lindenbaum J, Stabler SP, Allen RH. Sensitivity of serum methylmalonic acid and total homocysteine determinations for diagnosing cobalamin and folate deficiencies. *Am J Med*. 1994 Mar;96(3):239–46.
8. Groenveld HF, Januzzi JL, Damman K, Van Wijngaarden J, Hillege HL, Van Veldhuisen DJ, et al. Anemia and Mortality in Heart Failure Patients. *J Am Coll Cardiol*. 2008 Sep;52(10):818–27.
9. Patel KV. Epidemiology of Anemia in Older Adults. *Semin Hematol*. 2008 Oct;45(4):210–7.
10. Hao Z, Wu B, Wang D, Lin S, Tao W, Liu M. A cohort study of patients with anemia on admission and fatality after acute ischemic stroke. *J Clin Neurosci*. 2013 Jan;20(1):37–42.
11. Stirnadel-Farrant HA, Luo J, Kler L, Cizman B, Jones D, Brunelli SM, et al. Anemia and mortality in patients with nondialysis-dependent chronic kidney disease. *BMC Nephrol*. 2018 Dec;19(1):135.
12. Romero-Brufau S, Morlan BW, Johnson M, Hickman J, Kirkland LL, Naessens JM, et al. Evaluating Automated Rules for Rapid Response System Alarm Triggers in Medical and Surgical Patients. *J Hosp Med*. 2017 Apr;12(4):217–23.

13. Matzek LJ, LeMahieu AM, Madde NR, Johanns DP, Karon B, Kor DJ, et al. A Contemporary Analysis of Phlebotomy and Iatrogenic Anemia Development Throughout Hospitalization in Critically Ill Adults. *Anesth Analg*. 2022 Sep;135(3):501–10.
14. Eyster E, Bernene J. Nosocomial anemia. *JAMA*. 1973 Jan 1;223(1):73–4.
15. Villani R, Romano AD, Rinaldi R, Sangineto M, Santoliquido M, Cassano T, et al. Prevalence and risk factors for hospital-acquired anemia in internal medicine patients: learning from the “less is more” perspective. *Intern Emerg Med*. 2023 Jan;18(1):177–83.
16. Lyon AW, Chin AC, Slotsve GA, Lyon ME. Simulation of repetitive diagnostic blood loss and onset of iatrogenic anemia in critical care patients with a mathematical model. *Comput Biol Med*. 2013 Feb;43(2):84–90.
17. Salisbury AC. Diagnostic Blood Loss From Phlebotomy and Hospital-Acquired Anemia During Acute Myocardial Infarction. *Arch Intern Med*. 2011 Oct 10;171(18):1646.
18. Dale JC, Ruby SG. Specimen Collection Volumes for Laboratory Tests. *Arch Pathol Lab Med*. 2003 Feb 1;127(2):162–8.
19. Levi M. Twenty-five million liters of blood into the sewer. *J Thromb Haemost*. 2014 Oct;12(10):1592.
20. Sanchez-Giron F, Alvarez-Mora F. Reduction of Blood Loss From Laboratory Testing in Hospitalized Adult Patients Using Small-Volume (Pediatric) Tubes. *Arch Pathol Lab Med*. 2008 Dec 1;132(12):1916–9.
21. Salisbury AC, Reid KJ, Amin AP, Spertus JA, Kosiborod M. Variation in the Incidence of Hospital-Acquired Anemia During Hospitalization With Acute Myocardial Infarction (Data from 57 US Hospitals). *Am J Cardiol*. 2014 Apr;113(7):1130–6.
22. Quinn JG, Levy AR, Cheng CK, Doucette S, Theriault C, Doiron D, et al. A contemporary description of patients’ estimated blood losses from diagnostic phlebotomy in a census of hospital episodes from a Canadian tertiary care center. *Transfusion (Paris)*. 2019 Sep;59(9):2849–56.
23. Wisser D, Van Ackern K, Knoll E, Wisser H, Bertsch T. Blood Loss from Laboratory Tests. *Clin Chem*. 2003 Oct 1;49(10):1651–5.
24. Yoon KW, Park S, Park CM. Prevalence and factors influencing anemia recovery after intensive care. *Transfus Apher Sci*. 2024 Jun;63(3):103922.

25. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of Extubation Outcome in Patients Who Have Successfully Completed a Spontaneous Breathing Trial. *Chest*. 2001 Oct;120(4):1262–70.
26. Task Force Members, Thygesen K, Alpert JS, White HD, Biomarker Group, Jaffe AS, et al. Universal definition of myocardial infarction: Kristian Thygesen, Joseph S. Alpert and Harvey D. White on behalf of the Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task Force for the Redefinition of Myocardial Infarction. *Eur Heart J*. 2007 Sep 7;28(20):2525–38.
27. Cullerton BF, Manns BJ, Zhang J, Tonelli M, Klarenbach S, Hemmelgarn BR. Impact of anemia on hospitalization and mortality in older adults. *Blood*. 2006 May 15;107(10):3841–6.
28. Lenler-Petersen P. Anemia and 90-day mortality in COPD patients requiring invasive mechanical ventilation. *Clin Epidemiol*. 2010 Dec;1.
29. Jackson Chornenki NL, James TE, Barty R, Liu Y, Rochwerg B, Heddle NM, et al. Blood loss from laboratory testing, anemia, and red blood cell transfusion in the intensive care unit: a retrospective study. *Transfusion (Paris)*. 2020 Feb;60(2):256–61.
30. Chant C, Wilson G, Friedrich JO. Anemia, transfusion, and phlebotomy practices in critically ill patients with prolonged ICU length of stay: a cohort study. *Crit Care*. 2006 Sep 26;10(5):R140.
31. Bodley T, Chan M, Levi O, Clarfield L, Yip D, Smith O, et al. Patient harm associated with serial phlebotomy and blood waste in the intensive care unit: A retrospective cohort study. Serra R, editor. *PLOS ONE*. 2021 Jan 13;16(1):e0243782.
32. Vincent JL. Anemia and Blood Transfusion in Critically Ill Patients. *JAMA*. 2002 Sep 25;288(12):1499.
33. Vlaar AP, Oczkowski S, De Bruin S, Wijnberge M, Antonelli M, Aubron C, et al. Transfusion strategies in non-bleeding critically ill adults: a clinical practice guideline from the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2020 Apr;46(4):673–96.
34. Adam E, Zacharowski K, Hintereder G, Raimann F, Meybohm P. Validation of a New Small-Volume Sodium Citrate Collection Tube for Coagulation Testing in Critically Ill Patients with Coagulopathy. *Clin Lab [Internet]*. 2018 [cited 2025 Aug 3];64(06/2018). Available from: <http://www.clin-lab-publications.com/article/2759>
35. Levi O, Chan M, Bodley T, Orla S, Sholzberg M, Swift S, et al. Reducing Repetitive and Reflexive Diagnostic Phlebotomy in an Intensive Care Unit: A

- Quality Improvement Project. *Blood*. 2019 Nov 13;134(Supplement_1):3406–3406.
36. Harb R, Hajdasz D, Landry ML, Sussman LS. Improving laboratory test utilisation at the multihospital Yale New Haven Health System. *BMJ Open Qual*. 2019 Sep;8(3):e000689.
 37. Thakkar RN, Kim D, Knight AM, Riedel S, Vaidya D, Wright SM. Impact of an Educational Intervention on the Frequency of Daily Blood Test Orders for Hospitalized Patients. *Am J Clin Pathol*. 2015 Mar 1;143(3):393–7.
 38. Yarbrough PM, Kukhareva PV, Horton D, Edholm K, Kawamoto K. Multifaceted intervention including education, rounding checklist implementation, cost feedback, and financial incentives reduces inpatient laboratory costs. *J Hosp Med*. 2016 May;11(5):348–54.
 39. Bateman AP, McArdle F, Walsh TS. Time course of anemia during six months follow up following intensive care discharge and factors associated with impaired recovery of erythropoiesis*: *Crit Care Med*. 2009 Jun;37(6):1906–12.
 40. Hayden SJ, Albert TJ, Watkins TR, Swenson ER. Anemia in Critical Illness: Insights into Etiology, Consequences, and Management. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012 May 15;185(10):1049–57.
 41. Ba VN, Bota DP, Mélot C, Vincent JL. Time course of hemoglobin concentrations in nonbleeding intensive care unit patients: *Crit Care Med*. 2003 Feb;31(2):406–10.
 42. Thomas J, Jensen L, Nahirniak S, Gibney RTN. Anemia and blood transfusion practices in the critically ill: A prospective cohort review. *Heart Lung*. 2010 May;39(3):217–25.
 43. On behalf of the ICON Investigators, Vincent JL, Jaschinski U, Wittebole X, Lefrant JY, Jakob SM, et al. Worldwide audit of blood transfusion practice in critically ill patients. *Crit Care*. 2018 Dec;22(1):102.
 44. Corwin HL, Gettinger A, Pearl RG, Fink MP, Levy MM, Abraham E, et al. The CRIT Study: Anemia and blood transfusion in the critically ill—Current clinical practice in the United States*: *Crit Care Med*. 2004 Jan;32(1):39–52.
 45. Oguz KARCIOGLU, Ayse Muge KARCIOGLU, Derya GOKCINAR. Iatrogenic Anemia in Covid-19 Patients Admitted to the Intensive Care Unit. *International Journal of Hematology and Oncology*. 2022;32(4).
 46. Thavendiranathan P, Bagai A, Ebidia A, Detsky AS, Choudhry NK. Do blood tests cause anemia in hospitalized patients?: The effect of diagnostic phlebotomy on hemoglobin and hematocrit levels. *J Gen Intern Med*. 2005 Jun;20(6):520–4.

47. Hansen MF, Munk JK, Lind B, Bathum L, Buhl H, Jørgensen HL. Hospital-acquired anemia among patients in a university hospital and the affiliated general practices in the capital region of Denmark, 2019. *Scand J Clin Lab Invest.* 2022 Jul 1;82(4):277–82.
48. Pitima Tosiri, Nonglak Kanitsap, Apichart Kanitsap. Approximate Iatrogenic Blood Loss in Medical Intensive Care Patients and the Causes of Anemia. *J Med Assoc Thai.* 2010;93(7):271–6.
49. Tarpey J, Lawler PG. Iatrogenic anaemia? A survey of venesection in patients in the Intensive Therapy Unit. *Anaesthesia.* 1990 May;45(5):396–8.
50. Neef V, Himmelle C, Piekarski F, Blum LV, Hof L, Derwich W, et al. Effect of using smaller blood volume tubes and closed blood collection devices on total blood loss in patients undergoing major cardiac and vascular surgery. *Can J Anesth Can Anesth.* 2024 Feb;71(2):213–23.
51. Warner MA, Johnson ML, Hanson AC, Fortune E, Flaby GW, Schulte PJ, et al. Practical Anemia Bundle and Hemoglobin Recovery in Critical Illness: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2025 Mar 28;8(3):e252353.
52. Simonowicz PJ, Bott K, Elwell J, Jaffa MN. Reducing Blood Loss From Phlebotomy in Adult Neurocritical Care Patients: An Evidence-Based Practice Project. *J Neurosci Nurs.* 2025 Feb;57(1):21–5.
53. Raurell-Torredà M, Fernández-Castillo R, Rodríguez-Delgado M, Arias-Rivera S, Basco-Prado L. Best practices for iatrogenic anaemia prevention in the intensive care unit: Blood-sparing techniques. *Nurs Crit Care.* 2025 Jan;30(1):47–52.

ANEXOS

A. FORMATO DE ENFERMERÍA



HOSPITAL UNIVERSITARIO
"Dr. José Eleuterio González"
Francisco I. Madero pte. y Av. Gonzalitos s/n
Col. Mitrás Centro, C.P. 64460
Monterrey, NL Tel: (81) 83-89-11-11

Nombre: _____
Registro: _____
Edad: _____ Sexo: M: ___ F: ___
Departamento de: _____
Fecha: ____/____/____ Hora: ____/____

PROTOCOLO ANEMIA NOSOCOMIAL: DR. HOMERO NAÑEZ, DRA. OLGA CANTÚ, DR. MIGUEL PÁEZ, DR. ANTONIO MELÉNDEZ

REGISTRO DE MUESTRAS RECIBIDAS PARA ANALISIS.

DÍAS	FECHA	MUESTRAS
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

NOTA: FAVOR DE LLENAR EN EL ESPACIO DE "MUESTRAS" TODA MUESTRA DE SANGRE QUE SE OBTENGA DEL PACIENTE, ESPECIFICAR TUBO USADO (LILA, ROJO, JERINGA DE GASES ARTERIALES, HEMOCULTIVOS, ETC) Y CANTIDAD OBTENIDA DE CADA MUESTRA.

Registro MI24-00007

Favor de colocar este sello

**PROTOCOLO ANEMIA
NOSOCOMIAL**
Comité de ética MI24-00007
Dra. Olga Cantú,
Dr. Homero Nañez

**A todas las ordenes de laboratorio para cualquier
muestra sanguínea durante su estancia en la
unidad**

(Sello disponible en la estación de enfermería)

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Dr. Miguel Angel Páez Bueno

Candidato para el Grado de Especialista en Medicina Interna

Tesis: “Cambio en los parámetros eritrocitarios de la biometría hemática como signo en la detección anticipada del desarrollo de anemia adquirida durante el manejo hospitalario de pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Universitario de la UANL”.

Datos Personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, el 21 de febrero de 1997. Hijo de Miguel Angel Páez Rubio y de Gloria Bueno Jasso.

Educación: Graduado de la carrera de medicina por la Facultad de medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Experiencia Profesional: la adquirida en mi adiestramiento y entrenamiento durante la residencia en el Hospital Universitario de la UANL.