

ARTÍCULO ORIGINAL

Impacto de estrategias multimodales de ahorro sanguíneo sobre el requerimiento transfusional y la morbilidad en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

Impact of multimodal blood-saving strategies on transfusion requirements and morbidity and mortality in cardiac surgery with extracorporeal circulation.

AUTORA: ELIANA MARILIN CERÓN LÓPEZ.

Clínica Guayaquil – Guayaquil, Ecuador.

RESUMEN

Introducción: La cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) conlleva un alto riesgo de consumo de hemoderivados debido a la hemodilución y a la coagulopatía asociadas a la circulación extracorpórea.

Materiales y métodos: Estudio observacional, analítico y retrospectivo realizado en 42 pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca en la Clínica Guayaquil, entre enero de 2024 y marzo de 2025. Los pacientes se dividieron en tres grupos según la cantidad de estrategias aplicadas (Grupo 1: una estrategia; Grupo 2: dos estrategias; Grupo 3: tres o más estrategias). Las técnicas incluyeron: reducción de la longitud de las tuberías, hemodilución normovolémica aguda (HDNVA), primado retrógrado autólogo (RAP), relleno anterógrado hemático (HAR), drenaje venoso asistido por vacío (DVAV), recuperador celular y ultrafiltración continua (CUF).

Resultados: La aplicación de tres o más estrategias (Grupo 3) redujo significativamente el requerimiento transfusional durante la CEC (33,3 % frente a 83,3 % en el Grupo 1; $p = 0,007$). Asimismo, el Grupo 3 presentó menor riesgo de mortalidad ($p = 0,004$) y menor duración de la ventilación mecánica (mediana: 6 horas; $p < 0,001$). No se observaron diferencias significativas en la estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) ni en la función renal o hepática.

Conclusiones: Un enfoque multimodal con más de tres estrategias de ahorro sanguíneo disminuye significativamente la hemodilución, la necesidad de transfusiones intraoperatorias, el tiempo de ventilación mecánica y la mortalidad hospitalaria.

Palabras clave: ahorro sanguíneo, circulación extracorpórea, transfusión, hemodilución, cirugía cardíaca.

ABSTRACT

Introduction: Cardiac surgery carries a high risk of blood product consumption due to hemodilution and coagulopathy associated with cardiopulmonary bypass (CPB).

Materials and Methods: This was an observational, analytical, and retrospective study of 42 adult patients undergoing cardiac surgery at Clínica Guayaquil between January 2024 and March 2025. Patients were divided into three groups according to the number of blood-sparing strategies applied (Group 1: one strategy; Group 2: two strategies; Group 3: three or more strategies). Techniques included tubing length reduction, acute normovolemic hemodilution (ANHD), autologous retrograde priming (ARP), blood antegrade refilling (BARF), vacuum-assisted venous drainage (VAVD), cell salvage, and continuous ultrafiltration (CUF).

Results: The application of three or more strategies (Group 3) significantly reduced transfusion requirements during cardiopulmonary bypass (33.3 % vs. 83.3 % in Group 1; $p = 0.007$). Group 3 also showed a lower risk of mortality ($p = 0.004$) and fewer hours of mechanical ventilation (median: 6 hours; $p < 0.001$). No significant differences were observed in ICU stay or renal or hepatic function.

Conclusions: A multimodal approach with more than three blood-sparing strategies significantly reduces hemodilution, the need for intraoperative transfusions, the duration of mechanical ventilation, and hospital mortality.

Keywords: blood conservation, extracorporeal circulation, transfusion, hemodilution, cardiac surgery.

INTRODUCCIÓN

La circulación extracorpórea (CEC) induce una serie de alteraciones fisiológicas, entre las que destacan la hemodilución y la respuesta inflamatoria sistémica, factores que con frecuencia conducen a anemia perioperatoria y coagulopatía. Históricamente, estas complicaciones se han manejado mediante transfusiones sanguíneas alogénicas; sin embargo, la evidencia actual asocia las transfusiones con un aumento de la morbilidad, de la estancia hospitalaria y de los costos¹.

Antiguamente, los circuitos eran cebados con sangre entera alogénica, práctica que demostró ser insostenible en el tiempo debido al incremento de la morbilidad, la estancia hospitalaria, las infecciones, la sepsis y la disfunción multiorgánica. En 1958, Zuhdi, Panico y Neptune informaron por primera vez el uso de una solución de cebado no hemática como alternativa para mejorar la reología y la microcirculación; sin embargo, reconocieron que la hemodilución afectaba la concentración de hemoglobina (Hb), principal transportador de oxígeno. En la actualidad, las soluciones de cebado con cristaloides y coloides son de uso habitual en la práctica clínica²⁻⁴.

En respuesta a estos desafíos, el concepto de *Patient Blood Management* (PBM) ha impulsado el desarrollo de técnicas de conservación sanguínea. Estrategias como el Cebado Retrógrado Autólogo (RAP), el Recebado Anterógrado Hemático (HAR), la miniaturización de los circuitos y la ultrafiltración han demostrado eficacia de forma individual. No obstante, persiste la necesidad de evaluar el impacto sinérgico de la combinación de estas técnicas en un entorno clínico real en Latinoamérica⁵.

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la implementación de estrategias de ahorro sanguíneo, tanto individuales como combinadas, sobre el requerimiento transfusional, la función orgánica postoperatoria y la mortalidad en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo observacional de cohorte retrospectiva. De un universo de 218 pacientes intervenidos entre enero de 2024 y marzo de 2025 en la Clínica Guayaquil (Ecuador), se seleccionaron 42 pacientes que cumplieron

los criterios de inclusión (cirugías electivas, estabilidad hemodinámica y hematocrito inicial >30 %) y de exclusión (falla renal o hepática previa y reoperaciones).

Los pacientes se estratificaron en tres grupos:

Grupo 1 (n = 6): aplicación de una estrategia.

Grupo 2 (n = 15): aplicación de dos estrategias.

Grupo 3 (n = 21): aplicación de tres o más estrategias.

Se creó un formulario en Microsoft Excel® (Office 2010) en el que se registraron las siguientes variables: edad, sexo, superficie corporal (SC), tipo de cirugía, hemoglobina, hematocrito, tasa de filtración glomerular (TFG), transaminasas (TGO y TGP), Vasoactive-Inotropic Score (VIS), tiempo de estancia en UCI, duración de la ventilación mecánica y requerimiento transfusional.

Las estrategias implementadas incluyeron: reducción de la longitud de las tuberías, hemodilución normovolémica aguda (HDNVA), primado retrógrado autólogo (RAP), recebado anterógrado hemático (HAR), drenaje venoso asistido por vacío (DVAV), uso de recuperador celular y ultrafiltración continua (CUF).

Se utilizó estadística descriptiva para las variables demográficas. Para la comparación entre grupos se emplearon pruebas de Chi cuadrado para variables cualitativas y ANOVA de una vía o prueba de Kruskal-Wallis para variables cuantitativas, considerándose estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

PASOS DE LAS ESTRATEGIAS UTILIZADAS PARA LA REDUCCIÓN DE CRISTALOIDE EN EL CIRCUITO EXTRACORPÓREO

Para reducir la hemodilución se recortó la longitud de la tubería, estableciendo una longitud total de 563 cm (rodillo arterial, tubería venosa y arterial).

Paso 1. Tras la recirculación de las tuberías, se clampean las líneas venosa y arterial y se cierran todos los shunts del circuito.

Paso 2. Una vez realizada la reducción de la tubería, se desclampea la línea venosa y se drena aproximadamente 200 ml de líquido.

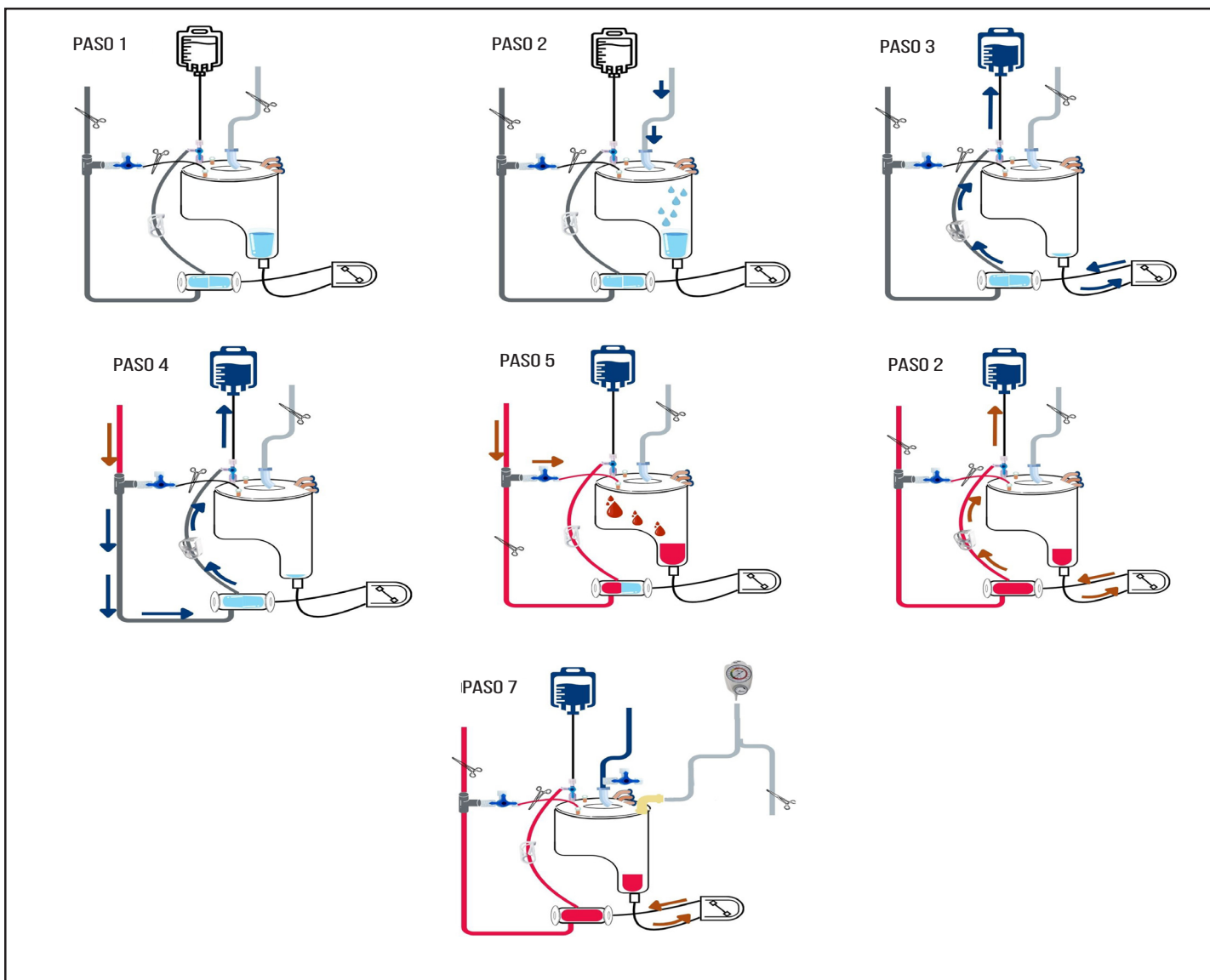


Figura 1. Pasos de las estrategias utilizadas para la reducción de cristaloides en el circuito extracorpóreo.

Paso 3. Se desplaza mediante el rodillo el volumen restante del reservorio hacia la bolsa recolectora a través de la línea de recirculación.

Paso 4. De forma retrógrada, desde la cánula aórtica, se desplaza el líquido presente en la tubería arterial, parte de la membrana y la recirculación hacia la bolsa recolectora (150–200 ml).

Paso 5. Se clampea la tubería posmembrana y, cerrando la recirculación, se abre la llave de tres vías ubicada entre la

tubería arterial y el reservorio para drenar sangre autóloga hacia el reservorio (200 ml).

Paso 6. Con el volumen sanguíneo contenido en el reservorio y con todos los shunts cerrados, se desplaza el cristaloides presente en el rodillo y el remanente de la membrana (300 ml).

Paso 7. Para el ingreso a la CEC se utiliza DVAV, colocado en el puerto de vacío del reservorio, controlando que la presión negativa no exceda -30 mmHg. (Figura 1).

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

La Tabla 1 muestra las características generales de la población estudiada. La edad fue similar entre los grupos. En cuanto al sexo, predominó el masculino en el Grupo 2 (13 pacientes; 86,7 %) y en el Grupo 3 (12 pacientes; 57,1 %). La hemoglobina basal fue comparable entre los grupos (12,0 ± 0,9; 12,4 ± 1,2; 12,3 ± 1,2, respectivamente). Los valores basales de TFG oscilaron entre 113 ± 26, 96 ± 15 y 101 ± 18 ml/min/1,73 m². Las transaminasas (TGO y TGP) presentaron valores basales similares. El peso y la superficie corporal mostraron diferencias estadísticamente significativas (p = 0,025 y p = 0,012, respectivamente).

REQUERIMIENTO TRANSFUSIONAL

Se observó una reducción estadísticamente significativa del uso de glóbulos rojos durante la CEC a medida que aumentó el número de estrategias aplicadas: 83,3 % en el Grupo 1, 53,3 % en el Grupo 2 y 33,3 % en el Grupo 3 (p = 0,007). En el período post-CEC y postoperatorio, aunque se evidenció una tendencia a la reducción, esta no alcanzó significación estadística. (Gráfica 1).

MORBIMORTALIDAD Y RECUPERACIÓN

Estancia en UCI y mortalidad: No se encontraron diferencias significativas en los días de estancia en UCI (p = 0,410); sin embargo, la aplicación de tres o más estrategias se asoció con una reducción significativa del riesgo de mortalidad, categorizado mediante el Vasoactive-Inotropic Score (VIS) (p = 0,004). (Gráfica 2).

Ventilación mecánica: El tiempo de intubación fue significativamente menor en el Grupo 3 (mediana: 6 horas), en comparación con el Grupo 1 (18 horas) y el Grupo 2 (24 horas) (p < 0,001). (Gráfica 3).

Función orgánica: No se observaron diferencias significativas en la tasa de filtración glomerular (p = 0,157) ni en las transaminasas (TGO/TGP) entre los grupos. (Gráfica 4, 5, 6).

El análisis secundario reveló que el sexo femenino (p = 0,005), la edad >60 años (p = 0,012) y una superficie corporal <1,71 m² (p = 0,013) se asociaron con mayores tasas de transfusión. La revascularización miocárdica fue el procedimiento con mayor requerimiento transfusional (66,6 %). (Gráficas 7, 8).

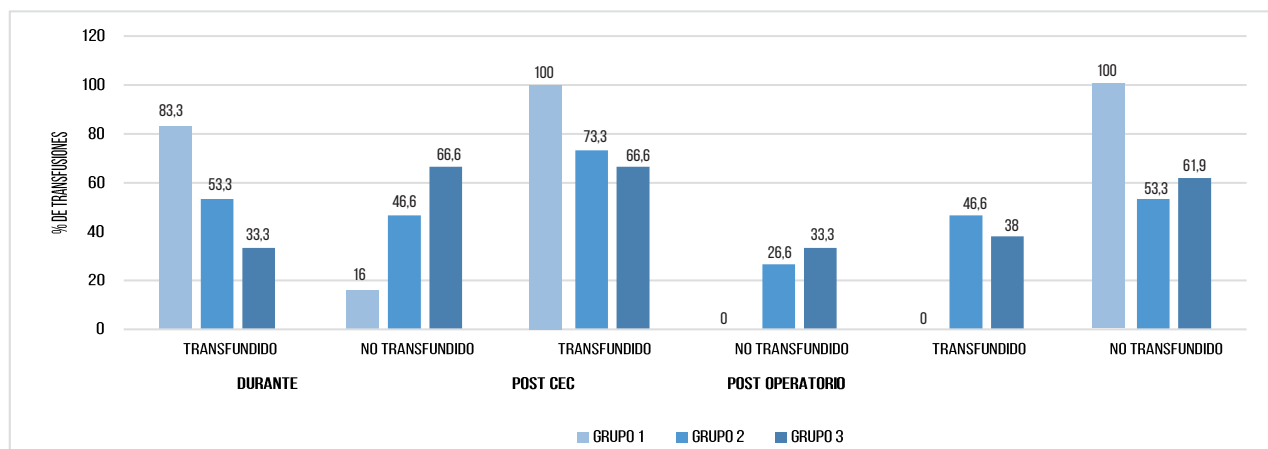
La cirugía de mayor transfusión representada por el 66,6% es la revascularización miocárdica, seguida del reemplazo de válvula aórtica con 30,7%, con minoría de transfusión en la CIA 33,3%.

DISCUSIÓN

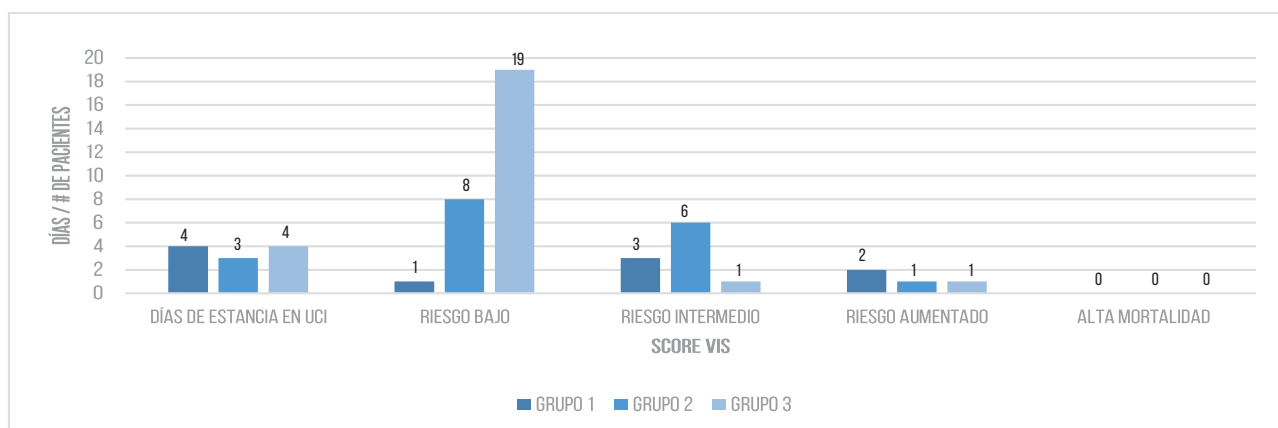
Este estudio demuestra que la combinación de estrategias de ahorro sanguíneo es superior a su uso aislado para reducir la transfusión alogénica intraoperatoria. Estos hallazgos coinciden con las directrices EACTS/EACTAIC 2024, que recomiendan la implementación de múltiples medidas institucionales para reducir la hemodilución durante la circulación extracorpórea, con el fin de disminuir la anemia, la transfusión y el sangrado postoperatorio, con un nivel de evidencia IB⁶.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.							
ESTRATEGIAS DE AHORRO SANGUÍNEO							
Variables	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		P
	N	%	N	%	N	%	
Nro de pacientes	6		15		21		-
Edad (años) (*)	55±18		56±14		55±13		0,978
Sexo							
Masculino	3	50	13	86,7	12	57,1	
Femenino	3	50	2	13,3	9	42,9	
Hemoglobina (mg)	12,0 ± 0,9		12,4 ± 1,2		12,3 ± 1,2		0,720
Hematocrito %	36 ± 3		37 ± 4		37 ± 4		
TFG	113 ± 26		96 ± 15		101 ± 18		0,178
TGO	24 ± 5		20 ± 8		22 ± 6		0,388
TGP	27 ± 9		25 ± 16		21 ± 7		0,504
Peso (kg) (**)	57 (47-64)		60 (55-67)		74 (62-85)		0,025
SC (m²) (**)	150 (1,39-1,64)		164 (1,51-1,75)		177 (1,64-191)		0,012

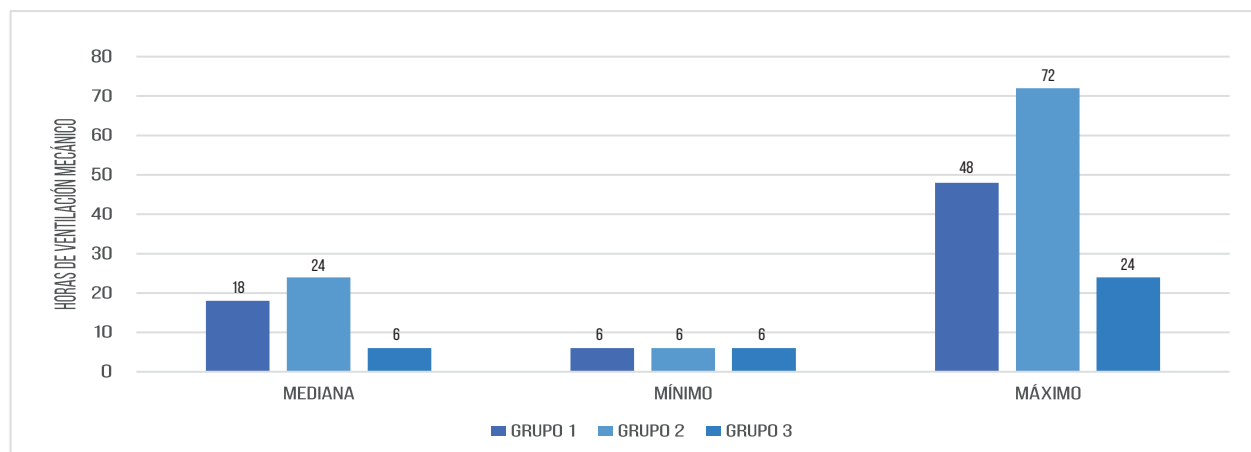
Fuente: Hospital Clínica Guayaquil, Servicio de Cirugía Cardíaca, Elaborado por: E. Cerón (2025)



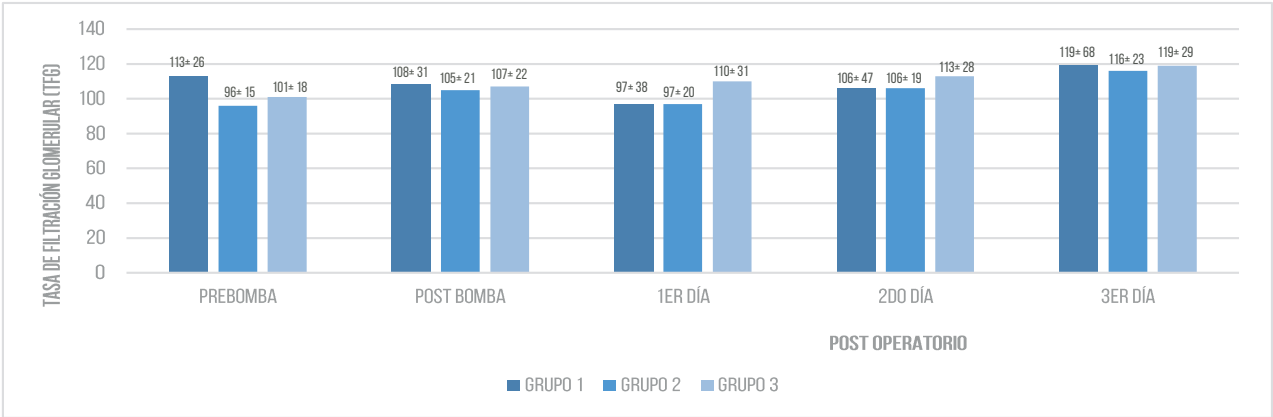
Gráfica 1: Requerimiento transfusional de glóbulos rojos durante, después de CEC y en el postoperatorio en pacientes a los que se les realiza una (1), dos (2), tres (3) o más estrategias.



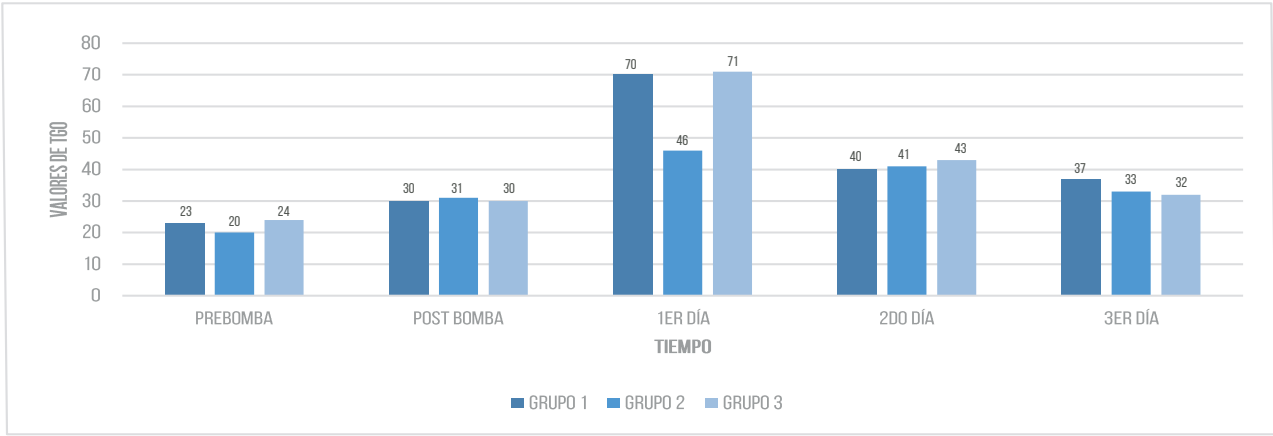
Gráfica 2: Eficacia de las estrategias de ahorro sanguíneo en relación al tiempo de estancia en UCI y mortalidad.



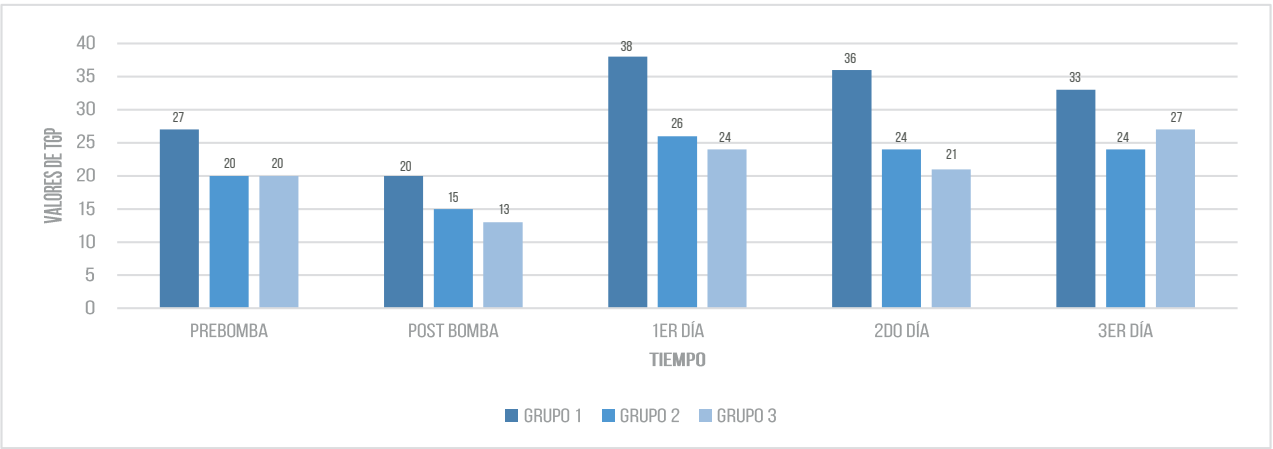
Gráfica.3 Estrategias de ahorro sanguíneo y su impacto en las horas de ventilación mecánica.



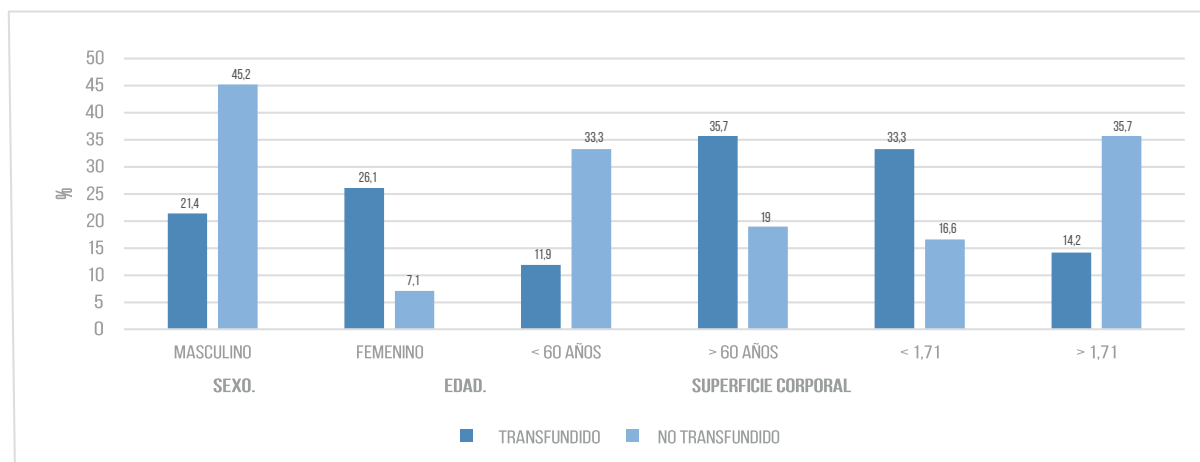
Gráfica 4. Estrategias de ahorro sanguíneo y su impacto en la TFG.



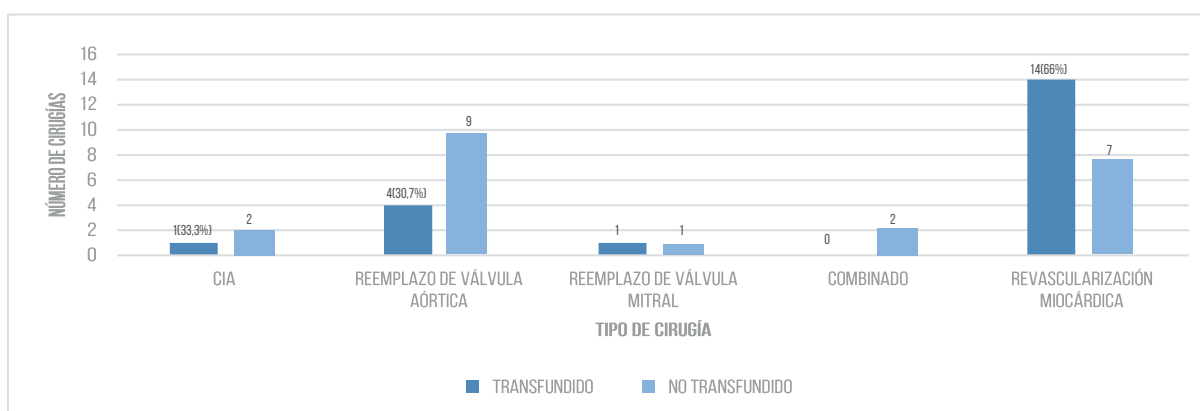
Gráfica 5. Estrategias de ahorro sanguíneo y su impacto en la TGO.



Gráfica 6. Estrategias de ahorro sanguíneo y su impacto en la TGP.



Gráfica 7. Requerimientos transfusionales de glóbulos rojos según características demográficas y antropométricas.



Gráfica 8. Requerimiento transfusional de glóbulos rojos según tipo de cirugía.

A pesar de que el Grupo 3 incluyó pacientes con mayor superficie corporal —lo que teóricamente permitiría una mayor tolerancia a la hemodilución—, la reducción significativa de la ventilación mecánica y del riesgo de mortalidad sugiere que evitar la sobrecarga de volumen y la exposición a hemoderivados confiere una protección pulmonar y sistémica relevante⁷.

La función renal y hepática puede verse alterada durante el uso de la CEC. Las estrategias de ahorro sanguíneo se han convertido en una alternativa para disminuir la hemodilución, la cual afecta el aporte de oxígeno al reducir los valores de hematocrito, lo que puede provocar hipoperfusión e hipoxemia⁸.

La perfusión renal durante la cirugía cardíaca con CEC depende de múltiples factores fisiológicos y técnicos, como el flujo de bomba, la presión arterial media, la resistencia vascular renal, el grado de hemodilución, la entrega de oxígeno (DO₂) y la respuesta inflamatoria sistémica inducida por la CEC⁹.

La elevación de las enzimas hepáticas en este contexto es multifactorial y se relaciona con alteraciones hemodinámicas, fenómenos de isquemia-reperusión, respuesta inflamatoria sistémica y el uso de fármacos vasoactivos. Durante la CEC se produce una redistribución del flujo sanguíneo hepático, con incremento del flujo portal y disminución del flujo arterial hepático, lo que reduce la perfusión y oxigenación de los

hepatocitos, especialmente en la zona centrolobulillar, la más vulnerable a la hipoxia. Esta alteración se correlaciona con el aumento de las transaminasas; la TGP se eleva de forma más específica por daño hepatocelular, mientras que la TGO también puede aumentar por daño muscular o cardíaco en el postoperatorio inmediato¹⁰⁻¹³.

Aunque no se observaron diferencias significativas en la función renal y hepática, las estrategias de perfusión guiadas por objetivos de entrega de oxígeno (DO₂) parecen proteger estos órganos, independientemente del grado de hemodilución leve o moderada.

Factores de riesgo como la edad avanzada, el sexo femenino y una superficie corporal <1,73 m² se asocian con un mayor riesgo transfusional. Los pacientes de 60 a 75 años presentan mayor fragilidad y comorbilidades; en las mujeres, una menor masa eritrocitaria, menor hemoglobina preoperatoria y menor índice de masa corporal (IMC) explican este hallazgo. La superficie corporal se comporta como un predictor independiente de mayor riesgo de transfusión¹⁴⁻¹⁷.

La revascularización miocárdica fue el tipo de cirugía con mayor frecuencia y mayor requerimiento transfusional (66,6 %), debido a factores como la edad avanzada, comorbilidades asociadas (hipertensión arterial, diabetes, anemia preoperatoria) y la propia técnica quirúrgica. La manipulación y luxación cardíaca dificultan el drenaje venoso adecuado, lo que genera un volumen mínimo en el reservorio e impide alcanzar flujos óptimos. Para mantener parámetros adecuados de perfusión tisular se requiere, en estos casos, la administración de glóbulos rojos con el fin de asegurar volumen en el reservorio y aumentar el contenido arterial de oxígeno (DO₂). Estos resultados concuerdan con la recomendación de Angel O et al., quienes sugieren un umbral transfusional de 9-10 g/dL en pacientes críticos con síndrome coronario agudo sometidos a cirugía, para garantizar un adecuado aporte de oxígeno al miocardio¹⁸.

CONCLUSIÓN

La implementación de un protocolo que combine tres o más estrategias de ahorro sanguíneo, incluyendo HAR, RAP, DVAV y miniaturización del circuito, es efectiva para reducir el requerimiento transfusional durante la circulación extracorpórea, disminuir la duración de la ventilación mecánica y reducir el riesgo de mortalidad en pacientes adultos, sin comprometer la función renal ni hepática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Provaznik Z, Unterbuchner C, Philipp A, Foltan M, Creutzenberg M, Schopka S, Camboni D, Schmid C, Floerchinger B. Conventional or minimized cardiopulmonary bypass support during coronary artery bypass grafting? - An analysis by means of perfusion and body mass index. *Artif Organs*. 2019 Jun;43(6):542-550.
2. Falter F, Perrino AC, Baker RA, De Somer F, Young R. Priming solutions for cardiopulmonary bypass circuits. In: De Somer F, Young R, editors. *Cardiopulmonary Bypass*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. p. 42-48.
3. Gloria G, Oscar C, Bugue G, Pastoriza S., Romao F., Vidma GL., et al. Eficacia de un programa de gestión de sangre en pacientes sometidos a cirugía cardíaca. *Rev Argent Anestesiología*. 2017;75(3):100-105.
4. Böttcher W. The history of extracorporeal circulation. In: *Extracorporeal Circulation in Theory and Practice*. Berlin: Springer; 2012. p. 31.
5. Tibi P; Scott R; Huang J; Baker RA; Fitzgerald D; Mazer D; et al. STS/SCA/AmSECT/SABM update to the clinical practice guidelines on patient blood management. *J Extra Corpor Technol*. 2021;53(2):97-124.
6. Casselman FPA, Lance MD, Ahmed A, Ascari A, Blanco-Morillo J, Bolliger D, et al. 2024 EACTS/EACTAIC Guidelines on patient blood management in adult cardiac surgery in collaboration with EBCP. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2025 May 6;67(5):eaze352.
7. LaPar DJ, Crosby IK, Ailawadi G, Ad N, Choi E, Spiess BD, et al. Blood product conservation is associated with improved outcomes and reduced costs after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Mar;145(3):796-803; discussion 803-4.
8. Garg AX, Badner N, Bagshaw SM, Cuerden MS, Fergusson DA, Gregory AJ, et al. Safety of a Restrictive versus Liberal Approach to Red Blood Cell Transfusion on the Outcome of AKI in Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Randomized Clinical Trial. *J Am Soc Nephrol*. 2019 Jul;30(7):1294-1304.
9. Wijk J, Cordefeldt-Keiller A, Bragadottir G, Redfors B, Ricksten SE, Lannemyr L. Effects of Increased Cardiopulmonary Bypass Pump Flow on Renal Filtration, Perfusion, Oxygenation, and Tubular Injury in Cardiac Surgical Patients: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*. 2025 Oct 1;143(4):906-916.
10. Theodoraki K, Theodorakis I, Chatzimichael K, Matiatou S, Niokou D, Rokkas C, Stachtos G, et al. Ultrasonographic evaluation of abdominal organs after cardiac surgery. *J Surg Res*. 2015 Apr;194(2):351-360.

11. Shteyer E, Yatsiv I, Sharkia M, Milgarter E, Granot E. Serum transaminases as a prognostic factor in children post cardiac surgery. *Pediatr Int.* 2011 Oct;53(5):725-728.
 12. Chin JH, Jo JY, Lee EH, Kim WJ, Choi DK, Sim JY, Choi KT, Choi IC. Prognostic Impacts of Increases in Amino Transaminases Following Coronary Artery Bypass Grafting on Mortality. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018 Jun;32(3):1236-1242.
 13. Holndonner-Kirst E, Nagy A, Czobor NR, Fazekas L, Lex DJ, Sax B, et al. Higher Transaminase Levels in the Postoperative Period After Orthotopic Heart Transplantation Are Associated With Worse Survival. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018 Aug;32(4):1711-1718.
 14. Alonso-Tuñón O, Bertomeu-Cornejo M, Castillo-Cantero I, et al. Blood cell transfusion risk in cardiac surgery. *J Clin Med.* 2023;12(16):5345.
 15. Räsänen J, Ellam S, Hartikainen J, Juutilainen A, Halonen J. Sex differences in red blood cell transfusion and mortality after cardiac surgery. *J Clin Med.* 2023;12(24):7674.
 16. Edgerton JR, Filardo G, Pollock BD, da Graca B, Ogola GO, DiMaio JM, et al. Risk of Transfusion in Isolated Coronary Artery Bypass Graft: Models Developed From The Society of Thoracic Surgeons Database. *Ann Thorac Surg.* 2024 Oct;118(4):920-930.
 17. De Santo LS, Amarelli C, Della Corte A, Scardone M, Bancone C, Carozza A, et al. Blood transfusion after on-pump coronary artery bypass grafting: focus on modifiable risk factors. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013 Feb;43(2):359-66.
 18. Coz Yataco AO, Soghier I, Hébert PC, Belley-Cote E, Disselkamp M, Flynn D, et al. Red Blood Cell Transfusion in Critically Ill Adults: An American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline. *Chest.* 2025 Feb;167(2):477-489.
- Fecha de recepción: 10 de diciembre de 2025.
- Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2025.