



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**MEDICINA**

MEDICIÓN VISCOELÁSTICA DEL COÁGULO EN TIEMPO REAL Y LAS  
PRUEBAS CONVENCIONALES DE COAGULACIÓN EN PACIENTES  
SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA CON CIRCULACIÓN  
EXTRACORPÓREA QUE NECESITAN TRATAMIENTO CON  
HEMOCOMPONENTES

REAL-TIME VISCOELASTIC CLOT MEASUREMENT AND  
CONVENTIONAL COAGULATION TESTS IN PATIENTS UNDERGOING  
HEART SURGERY WITH EXTRACORPOREAL CIRCULATION WHO  
REQUIRE TREATMENT WITH HEMOCOMPONENTS

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA  
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN HEMOTERAPIA Y BANCO DE  
SANGRE

AUTORA

NORA BEATRIZ DE LA CRUZ FLORES

ASESOR

ERIK ALEXANDER SANCHEZ TREGGAR

LIMA - PERU

2024



**ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO**

**LIC. ERIK ALEXANDER SANCHEZ TREGEAR**

**ORCID: 0000-0001-6567-1639**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, a Solange mi hija querida por brindarme su tiempo, en favor de alcanzar una de mis metas, a Víctor mi esposo por la motivación, el amor y la comprensión para continuar con este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a dios por concederme la vida, salud, inteligencia y sabiduría.

Agradezco a mis docentes de la Segunda Especialidad de Hemoterapia y Banco de Sangre de la UPCH. Por todos los conocimientos impartidos en mi formación profesional.

Agradezco al Lic. Erik Alexander Sanchez Tregear, por compartir su apoyo y el aporte en el desarrollo de la presente monografía

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

El presente trabajo monográfico es autofinanciado.

## DECLARACIÓN DEL AUTOR

Yo, Nora Beatriz De La Cruz Flores, identificada con DNI. 20120812, Egresada del Programa de Segunda Especialidad Profesional en Hemoterapia y Banco de Sangre de Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el trabajo monográfico titulado: **“Medición viscoelástica del coágulo en tiempo real y las pruebas convencionales de coagulación en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea que necesitan tratamiento con Hemocomponentes”**.

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo monográfico es de mi autoría.
2. Se ha respetado los parámetros de citas y referencias de todas las fuentes bibliográficas.
3. El trabajo no ha sido autoplagiado, ni plagiado de ningún investigador.

Afirmo la autenticidad de esta monografía, y se han reconocido debidamente las contribuciones de otros autores cuando corresponde. Se ha seguido las directrices necesarias para cumplir con los estándares éticos de investigación, y este informe se utilizará en la obtención del título de Segunda Especialidad.

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

Facultad de  
MEDICINA

MEDICIÓN VISCOELÁSTICA DEL COÁGULO EN TIEMPO REAL Y LAS PRUEBAS CONVENCIONALES DE COAGULACIÓN EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA QUE NECESITAN TRATAMIENTO CON HEMOCOMPONENTES

REAL-TIME VISCOELASTIC CLOT MEASUREMENT AND CONVENTIONAL COAGULATION TESTS IN PATIENTS UNDERGOING HEART SURGERY WITH EXTRACORPOREAL CIRCULATION WHO REQUIRE TREATMENT WITH HEMOCOMPONENTS

TRABAJO ACADEMICO PARA OPTAR POR EL TITULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE

AUTORA

NORA BEATRIZ DE LA CRUZ FLORES

ASESOR

ERIK ALEXANDER SANCHEZ TREGAR

LIMA - PERU

2024

## 17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

### Top Sources

- 17% Internet sources
- 1% Publications
- 0% Submitted works (Student Papers)

### Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## TABLA DE CONTENIDOS

Introducción .....	1
Objetivos .....	3
Cuerpo.....	4
1. Medición viscoelástica del coágulo en tiempo real.....	4
a) Tromboelastografía (TEG).....	4
b) Aspectos Técnicos - Parámetros medibles .....	5
c) Tromboelastometría rotacional (ROTEM).....	6
2. Pruebas de la coagulación convencionales .....	9
a) Tiempo de protrombina (TP): .....	9
b) Tiempo de tromboplastina parcial activado (TTPa): .....	10
c) Tiempo de trombina (TT): .....	10
d) Fibrinógeno .....	11
e) Dímero D.....	12
3. Cirugía cardíaca asociada a circulación extracorpórea .....	12
4. La circulación extracorpórea.....	14
5. Riesgos y complicaciones asociados a transfusión .....	15
6. Hemocomponentes necesarios en la cirugía cardíaca .....	16
7. Importancia de la TEG en uso racional de Hemocomponentes .....	18
Conclusiones .....	20
Referencias bibliográficas.....	21
Anexos .....	27

## RESUMEN

El uso de pruebas viscoelásticas en tiempo real para evaluar la coagulación es esencial para tomar decisiones precisas sobre la transfusión de Hemocomponentes en pacientes, especialmente en cirugía cardíaca con extracción extracorpórea, que es uno de los procedimientos más complejos. Estas pruebas, como ROTEM y TEG, optimizan la gestión de Hemocomponentes y previenen reacciones postransfusionales. Además, las pruebas convencionales de coagulación siguen siendo valiosas para abordar trastornos hemostáticos con mayor precisión. El objetivo principal de esta investigación es definir la medición viscoelástica del coágulo en tiempo real y las pruebas convencionales de coagulación en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con extracción extracorpórea que requieren tratamiento con Hemocomponentes. Esta definición se basa en antecedentes sobre la importancia de una gestión precisa de la coagulación durante estos procedimientos, utilizando pruebas específicas y convencionales para garantizar la seguridad y eficiencia en la administración de Hemocomponentes. En la metodología, se incluyó la revisión exhaustiva de artículos científicos relacionados para fundamentar la selección y aplicación de las pruebas utilizadas, así como para respaldar las conclusiones y recomendaciones finales del estudio. Además, se llevaron a cabo procedimientos básicos de recolección de datos y análisis para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio.

**Palabras claves:** Cirugía cardíaca con extracción extracorpórea, Pruebas convencionales de la coagulación, Pruebas viscoelásticas, ROTEM, TEG.

## **ABSTRACT**

The use of real-time viscoelastic tests to assess coagulation is essential for making accurate decisions about transfusion of hemocomponents in patients, especially in cardiac surgery with extracorporeal extraction, which is one of the most complex procedures. These tests, such as ROTEM and TEG, optimize hemocomponent management and prevent post-transfusion reactions. In addition, conventional coagulation tests remain valuable to address hemostatic disorders more accurately. The main objective of this research is to define real-time viscoelastic clot measurement and conventional coagulation testing in patients undergoing cardiac surgery with extracorporeal extraction requiring Hemocomponent therapy. This definition is based on background on the importance of accurate coagulation management during these procedures, using specific and conventional tests to ensure safety and efficiency in the administration of Hemocomponents. The methodology included an exhaustive review of related scientific articles to support the selection and application of the tests used, as well as to support the final conclusions and recommendations of the study. In addition, basic data collection and analysis procedures were carried out to achieve the objectives proposed in this study.

**Key words:** Cardiac surgery with extracorporeal extraction, Conventional coagulation tests, Viscoelastic tests, ROTEM, TEG.

## INTRODUCCIÓN

Los profesionales de la salud deben mantenerse en constante actualización para incorporar métodos y técnicas innovadoras que redunden en beneficio de los pacientes y les permitan avanzar en su desarrollo profesional. Este requisito es fundamental para garantizar la atención médica de calidad.

En este contexto, se procederá a definir las mediciones viscoelásticas del coágulo en tiempo real, que se clasifican en dos principales técnicas: la “tromboelastometría rotacional” (ROTEM) y la “tromboelastografía” (TEG). Además, se ofrecerá una definición de las pruebas convencionales de la coagulación, entre las cuales se incluyen el “tiempo de protrombina” (TP), el “tiempo de tromboplastina parcial activada” (TTPA), el “tiempo de trombina” (TT), el fibrinógeno y el Dímero D. A lo largo de esta monografía, se profundizará en el análisis y la aplicación de estas pruebas.

Asimismo, se abordará la cirugía cardíaca con extracción extracorpórea como un procedimiento médico actualmente utilizado, describiendo las complicaciones que puede conllevar y la necesidad de un uso masivo de Hemocomponentes en este contexto.

El presente informe tiene como objetivo informar a los profesionales de la salud acerca de las nuevas metodologías utilizadas en la evaluación de trastornos de la coagulación, tales como ROTEM y TEG, las cuales ya están siendo empleadas en muchos hospitales del país que cuentan con la tecnología de tromboelastografía. Se busca resaltar la importancia de un uso adecuado de Hemocomponentes, ya que su

utilización masiva o indiscriminada puede ocasionar complicaciones post-transfusionales que comprometen la salud de los pacientes.

La justificación de este estudio se fundamenta en la necesidad de actualizar y ampliar el conocimiento de los profesionales de la salud respecto a las herramientas disponibles para evaluar la coagulación en tiempo real. La implementación de tecnologías como ROTEM y TEG permite una monitorización más precisa y dinámica de la coagulación durante procedimientos quirúrgicos, especialmente en cirugía cardiaca con circulación extracorpórea. Esto contribuye a mejorar la toma de decisiones clínicas y a optimizar la administración de hemocomponentes, disminuyendo los riesgos asociados a transfusiones inapropiadas y mejorando la atención y seguridad de los pacientes sometidos a estos procedimientos. Por consiguiente, se busca proporcionar a los profesionales de la salud información actualizada y pertinente que fomente la adopción de prácticas más precisas y seguras en el manejo de “trastornos de la coagulación” en el ámbito clínico.

Asimismo, el enfoque metodológico de este trabajo monográfico se basa en una revisión minuciosa y detallada de diversas fuentes bibliográficas de carácter académico y científico. Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de libros, revistas especializadas y trabajos de investigación relacionados con la temática en cuestión. La recopilación de información ha implicado la extracción y síntesis de datos relevantes provenientes de estas fuentes, con el propósito de obtener una visión comprensiva y actualizada sobre el tema de estudio.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

Describir la medición viscoelástica del coágulo en tiempo real y las pruebas convencionales de coagulación en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea que necesitan tratamiento con Hemocomponentes.

## **CUERPO**

### **1. Medición viscoelástica del coágulo en tiempo real**

El TP y TTPA son pruebas convencionales ampliamente utilizadas para evaluar la coagulación en pacientes con sangrado. No obstante, presentan diversas limitaciones al analizar de manera global la hemostasia en aquellos pacientes que necesitan tratamiento con componentes sanguíneos debido a hemorragias. Adicionalmente, los resultados del TP y el TTPA no se obtienen lo suficientemente rápidos como para permitir a los cirujanos y anestesistas tomar decisiones inmediatas en el quirófano.

Por otro lado, tanto la TEG como la ROTEM son pruebas de hemostasia global que comparten principios similares, permitiendo la medición en tiempo real de la viscoelasticidad de un coágulo. Estas evaluaciones emplean sangre completa y resultan altamente efectivas para discernir entre hemorragias originadas por coagulopatías y aquellas de naturaleza quirúrgica (1)

#### **a) Tromboelastografía (TEG)**

Este análisis, realizado en sangre completa con anticoagulante de citrato, constituye una evaluación completa de la coagulación. Permite supervisar y analizar el proceso de hemostasia en todas sus etapas, así como realizar un diagnóstico y tratamiento de manera inmediata en el lugar donde se encuentra el paciente. Su principio se basa en la medición de las variaciones en la elasticidad y viscosidad del coágulo en formación, que están directamente relacionadas con la polimerización de la fibrina. Además, esta prueba refleja las distintas fases del proceso de coagulación, incluyendo la formación, compactación y estabilización del coágulo, en las que

intervienen las plaquetas, la fibrina y el factor XIII, junto con la fase final de lisis del coágulo (2).

**b) Aspectos Técnicos - Parámetros medibles**

**R:** El tiempo de reacción, medido en minutos, se encarga de evaluar la parte enzimática de la coagulación, específicamente la polimerización incipiente de fibrina, y es influenciado por los factores plasmáticos de la coagulación o la presencia de anticoagulantes. Un acortamiento en este tiempo implica una hipercoagulabilidad de cualquier origen. El rango de referencia para este parámetro es de 4 a 8 minutos (3)

**K:** El tiempo de coagulación se mide en minutos para alcanzar un nivel determinado de fuerza en el coágulo (20 mm). Representa la cinética de formación, polimerización de la fibrina y estabilización del coágulo. Su rango de referencia es de 1 a 4 minutos (3).

**Ángulo alfa:** Ángulo alfa es un indicador de la rapidez con la que se forma, acumula y se estructura la fibrina en el proceso de coagulación, así como la fortaleza del coágulo resultante. Muestra la interacción entre el fibrinógeno y las plaquetas, junto con la cinética de unión y compactación. Este ángulo aumenta en presencia de una agregación plaquetaria excesiva o un aumento en los niveles de fibrinógeno, y disminuye cuando hay presencia de anticoagulantes o “fármacos antiagregantes plaquetarios”. El rango referencial para este parámetro está entre 47 y 74 grados (3)

**MA:** La amplitud máxima se relaciona directamente con las propiedades dinámicas más altas de la fibrina y la unión de las plaquetas mediante la glicoproteína IIb/IIIa, representando la resistencia a la rotura del coágulo de fibrina. Se mide en milímetros

y proporciona información crucial sobre la firmeza y estabilización máximas del coágulo, a través del aumento de la polimerización de la fibrina (cantidad de fibrinógeno), la interacción con un adecuado recuento de plaquetas y el nivel del factor XIII. Su rango de referencia es de 55 a 73 mm (3).

**LY30:** Representa el porcentaje de lisis ocurrida a los 30 y 60 minutos después de alcanzar el MA. Se incrementa en procesos en los cuales existe algún grado de fibrinólisis secundaria. El valor de referencia para este parámetro es del 0 al 5% (3).

### **c) Tromboelastometría rotacional (ROTEM)**

Es un analizador de “hemostasia viscoelástica” que analiza sangre en su totalidad. Esta tecnología ha avanzado desde el sistema inicial de TEG presentado por Helmut Hartert en el año 1948. La versión actual del sistema ROTEM incluye una unidad de medición compacta con cuatro canales independientes y capacidad de ajuste de temperatura. Además, cuenta con elementos como una placa de precalentamiento, una bandeja de reactivos y una computadora personal integrada, lo que permite incluso la visualización remota. Para su funcionamiento, se dispone de una pantalla táctil incorporada y una pipeta automática asistida por software, simplificando su uso y disminuyendo la variabilidad en los resultados de las pruebas, tanto a nivel individual como entre diferentes operadores (4).

Este diseño facilita la utilización del dispositivo en entornos compartidos, como salas de urgencias, quirófanos o unidades de cuidados intensivos. Es esencial tener en cuenta que, a pesar de esta accesibilidad, no sustituye la necesidad de que el médico a cargo posea una adecuada formación en hemostasia y capacidad de toma de decisiones. Además, el ROTEM, al contar con cuatro canales independientes

para mediciones viscoelásticas, permite realizar pruebas específicas. Por ende, no se limita a identificar un único tipo de coagulopatía, sino que tiene la capacidad de distinguir entre varios tipos, tales como la hipofibrinogenemia y la trombocitopenia. Este diseño tiene como finalidad guiar el tratamiento hemostático en pacientes que presentan hemorragias (5)

Cada canal de medición consta de una cubeta desechable unida a un soporte de metal con temperatura ajustable. Dentro de esta cubeta se encuentra un perno desechable conectado a un eje móvil estabilizado mediante un cojinete de bolas. El eje del ROTEM realiza un movimiento oscilante, alternando entre adelante y atrás a una velocidad de 4.75 grados doce veces por minuto. En el inicio de la prueba, la sangre completa en la cubeta es recalificada y se añade un activador, como factor tisular o ácido elágico. A medida que se forman los filamentos de coágulo entre el perno y la pared de la cubeta, estos influyen gradualmente la rotación del perno. Estos cambios en el movimiento del perno son captados por un sistema de espejo con luz LED y reflejados en una señal que la computadora procesa, generando así una curva de tromboelastometría (6) .

Adicionalmente, la computadora realiza los cálculos de los parámetros específicos del ROTEM y los muestra en tiempo real en la pantalla táctil. Esta función permite una visualización instantánea y clara de los resultados de la prueba, proporcionando información valiosa de manera rápida y precisa a los profesionales de la salud.

En los análisis realizados con el sistema ROTEM, se emplea sangre completa tratada con citrato en una cantidad de 300 uL por cada prueba. Posteriormente, se lleva a cabo la recalificación y la activación de la muestra mediante la

incorporación de “factor tisular” (vía extrínseca), “ácido eláxico” (vía intrínseca) o ecarina (activación directa de la protrombina). En ciertos ensayos, pueden añadirse aditivos adicionales para lograr una evaluación precisa y detallada (7).

Además, el sistema ROTEM ofrece una variada gama de pruebas activadas que, al combinarse, mejoran notablemente la efectividad del diagnóstico. Entre estas pruebas se incluyen “EXTEM, FIBTEM, APTEM, INTEM y HEPTTEM”. Cada módulo del sistema ROTEM evalúa aspectos diferentes del proceso de coagulación. Es fundamental recalcificar cada muestra de sangre con  $\text{CaCl}_2$  antes de añadir el factor activador de coagulación específico correspondiente. En particular, el módulo INTEM es un análisis activado por contacto que evalúa la vía intrínseca, utilizando ácido eláxico como factor activador. Este módulo permite analizar los factores I, II, V, VIII, IX, X, XI y XII, así como las plaquetas y la fibrinólisis.(5).

Dentro del sistema ROTEM, el módulo EXTEM evalúa la vía extrínseca del proceso de coagulación al utilizar factor tisular como activador, lo que conduce a la formación de un coágulo sanguíneo en un tiempo de aproximadamente 70 segundos. Durante este análisis se examinan los factores de coagulación “I, II, V, VII y X”, así como las plaquetas y la fibrinólisis (8)

Para el módulo FIBTEM se añadió factor tisular junto con citocalasina D. Esta combinación bloquea la función plaquetaria, lo que significa que la formación de coágulos depende completamente de la formación y polimerización de fibrina. Esta modificación es útil para determinar si la amplitud reducida de los resultados INTEM y EXTEM se debe a una falta de fibrinógeno o plaquetas.

En el módulo APTEM del sistema ROTEM se añade factor tisular, aprotinina o ácido tranexámico para inhibir el proceso fibrinolítico in vitro. Al comparar los resultados entre EXTEM y APTEM, es posible detectar la fibrinólisis y determinar si la terapia antifibrinolítica es efectiva o si se debe administrar fibrinógeno adicional (3). Por otro lado, el módulo HEPTEM incluye ácido elálgico y heparinasa, que inactiva la heparina de la muestra. El tiempo de coagulación fue evaluado por INTEM y HAPTEM. Si en INTEM se observa un tiempo de coagulación prolongado, pero HAPTEM se mantiene dentro de los límites normales, se puede concluir que la heparina tiene efecto sobre la coagulación (9).

## **2. Pruebas de la coagulación convencionales**

### **a) Tiempo de protrombina (TP):**

Para iniciar la evaluación del plasma tratado con citrato, se incorpora tromboplastina compuesta por factor tisular y una combinación rica en fosfolípidos. A esta mezcla se le agrega cloruro de calcio, dando lugar a la formación del coágulo. Este proceso depende indirectamente de la “actividad de la protrombina” (factor II), así como de los factores V, VII, X y del fibrinógeno. El resultado del tiempo de protrombina (TP) se expresa en segundos.

- El rango de referencia para el tiempo de protrombina está entre 11 y 14 segundos.
- La actividad de protrombina % se calcula en comparación con las curvas de referencia, obtenidas mediante la dilución de plasmas normales en solución fisiológica. Los valores de referencia oscilan entre el 65% y el 120%.

- La ratio representa la relación entre el tiempo que tarda el paciente problema en formar un coágulo, expresado en segundos, respecto al control normal o al pool de plasmas normales de referencia.
- La Razón Normalizada Internacional (INR) es un parámetro válido únicamente para el control de pacientes anticoagulados con AVK o fármacos antivitaminas K (10).

**b) Tiempo de tromboplastina parcial activado (TTPa):**

El “reactivo de tromboplastina” activada incluye una combinación de fosfolípidos y un agente activador de la fase de contacto, como sílice o caolín. Este agente activador inicia el proceso de coagulación al estimular factores de la fase de contacto, como “precalicreína”, “quininógeno de alto peso molecular” y el factor XII. Al agregar calcio al plasma junto con este reactivo, se desencadena la coagulación en un tiempo específico que está inversamente relacionado con la concentración de los factores de contacto, como “precalicreína”, “quininógeno de alto peso molecular” y los factores “XII, XI, IX y VIII”. Este tiempo de coagulación se registra en segundos, con un rango de referencia establecido entre 20 y 40 segundos (10).

**c) Tiempo de trombina (TT):**

Cuando se añade trombina en cantidades limitadas al plasma, se inicia el proceso de coagulación del fibrinógeno. El tiempo requerido para este proceso no solo está determinado por la concentración de fibrinógeno, sino también por la funcionalidad de la molécula y la existencia de inhibidores que puedan influir en la formación de

la fibrina. Un valor de referencia para este tiempo varía entre 15 a 25 segundos.

Esta prueba se utiliza para:

- Evaluar la coagulación intravascular diseminada (CID).
- Monitorizar la terapia con anticoagulantes de heparina y terapia trombolítica.
- Investigar la presencia de productos de degradación de fibrina / fibrinógeno (PDF), así como para analizar anomalías cualitativas y cuantitativas del fibrinógeno, ya sean adquiridas o de origen genético, y en casos de fibrinólisis aumentada (11).

#### **d) Fibrinógeno**

El análisis de fibrinógeno debe realizarse de manera regular en pacientes que presenten hemorragia o cirrosis hepática. Para determinar el fibrinógeno, se utiliza la prueba del tiempo de trombina (TT) mediante el método de Clauss. En este método, se genera una curva estándar usando calibradores conocidos y trombina bovina a una concentración muy alta de 50 U/ml (comparado con los 3-5 U/ml para el TT). Esto garantiza que el tiempo de coagulación sea independiente de la trombina. En la muestra del paciente, se añade trombina bovina y el tiempo de coagulación resultante se utiliza para calcular el valor del fibrinógeno a partir de la curva estándar. Es importante tener en cuenta que una alta concentración de inhibidor directo de la trombina puede dar lecturas falsamente bajas de fibrinógeno (1).

En el caso de hipofibrinogenemia, es más apropiado realizar la prueba de fibrinógeno directa en lugar de relacionarla con los valores de TP y TTPA, ya que estos últimos se mantienen dentro de los rangos de referencia. Anteriormente, los

ensayos de TP y TTPA se realizaban manualmente y se medían hasta que se formaba un coágulo sólido. Actualmente, los métodos automatizados basados en densidad óptica miden específicamente las hebras de fibrina, lo que acelera el tiempo de coagulación. Por lo tanto, los valores de TP y TTPA aparecen normales incluso en casos de hipofibrinogenemia leve a moderada (12).

#### e) **Dímero D**

Es generado por la acción de la “plasmina sobre el coágulo de fibrina”, desencadenando enlaces entrecruzados. Cuando hay un aumento de Dímero D, indica que está ocurriendo lisis en la circulación. Un anticuerpo monoclonal se une a la molécula de Dímero D, formando una malla de aglutinación que puede detectarse por densidad óptica. El resultado se obtiene a través de una curva estándar establecida utilizando un calibrador de concentración conocida (13).

### **3. Cirugía cardíaca asociada a circulación extracorpórea**

Hace cincuenta años, la cirugía cardíaca se encontraba restringida a unas pocas intervenciones efectivas en la aorta y el conducto arterioso, así como a procedimientos para aliviar temporalmente ciertas lesiones estenóticas. Se intentaba corregir defectos congénitos interauriculares, aunque en muchas ocasiones sin éxito (14).

El advenimiento de la circulación extracorpórea (CEC) representó un notable avance tecnológico que transformó la práctica de la cirugía cardíaca. Esta tecnología proporcionó a los cirujanos la capacidad de trabajar con un corazón detenido y sin sangre, lo cual simplificó las técnicas quirúrgicas (15).

En la actualidad, la cirugía cardíaca asistida por circulación extracorpórea (CEC) se ha consolidado como una disciplina bien definida y altamente sofisticada. Esto ha facilitado una amplia difusión de la cirugía cardiovascular, con miles de procedimientos realizados anualmente en todo el mundo, siendo muchos de ellos llevados a cabo con el auxilio de la CEC (16).

La situación se presenta de manera complicada, con notables fluctuaciones que van desde una tendencia protrombótica a un estado de hipercoagulabilidad y viceversa. Se ha comprobado que en las etapas iniciales, los pacientes presentan una hipercoagulabilidad cuando se aplican tratamientos adecuados y se gestionan de manera efectiva antes de la cirugía. Al entrar en circulación extracorpórea se produce un estado de hipocoagulabilidad por consumo, debido a la “activación de la coagulación” y de las plaquetas por el contacto de la sangre con superficies negativas (17). También sufre el daño tisular y activa la “vía extrínseca” de la coagulación y del “activador tisular del plasminógeno”, que conlleva a la hiperfibrinólisis primaria y todo este trastorno lleva consigo la disminución al 50% de los factores de la coagulación.

Por ello, resulta fundamental tener en cuenta el estudio llevado a cabo por Seema en 2018, en el cual se destaca la importancia de la monitorización perioperatoria de la coagulación para diagnosticar posibles causas de hemorragia, controlar la coagulopatía y guiar el tratamiento con hemoderivados en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. El propósito de este estudio fue evaluar la utilidad de la tromboelastografía (TEG) y las pruebas de coagulación de rutina (PCR) para analizar los cambios hemostáticos y predecir el sangrado posoperatorio en estos pacientes. Los hallazgos indicaron que las pruebas de

coagulación de rutina, como el “tiempo de protrombina” (PT), el “índice internacional normalizado” (INR) y el “tiempo de tromboplastina parcial activado” (APTT), no mostraron correlaciones significativas con los parámetros correspondientes de TEG en las muestras preoperatorias. Sin embargo, se observó una correlación significativa ( $p = 0,004$ ) entre el recuento de plaquetas y los valores de máxima amplitud (MA) en las muestras postoperatorias. También se encontró una correlación entre los niveles de fibrinógeno y los ángulos alfa, así como con el MA en ambas muestras de referencia pre y postoperatorias ( $p = 0,001$ ). Finalmente, se determinó que los parámetros del TEG, específicamente el tiempo de reacción (R) y los valores de MA en las muestras postoperatorias, fueron los únicos parámetros que predijeron con bastante precisión los episodios de sangrado (18).

#### **4. La circulación extracorpórea**

Se describe como un proceso en el que se extrae la sangre del sistema circulatorio del paciente y se dirige a un dispositivo para llevar a cabo procedimientos específicos antes de reintegrarla al sistema circulatorio. Su principal objetivo es suplantar tanto la función cardíaca como pulmonar, garantizando así una circulación sanguínea adecuada y el intercambio de gases. Esto establece un campo quirúrgico estable que facilita las intervenciones quirúrgicas (19).

Comúnmente, este procedimiento implica la inserción de una cánula en la vena cava para bloquear el flujo sanguíneo hacia la aurícula derecha. La sangre es desviada hacia una máquina que funciona como un corazón-pulmón artificial. Allí, la sangre es bombeada (a través de rodillos o una bomba centrífuga) y oxigenada (normalmente mediante oxigenadores de membrana) antes de ser reintroducida en

el sistema circulatorio por medio de una “cánula arterial” en la arteria aorta ascendente (14).

## **5. Riesgos y complicaciones asociados a transfusión**

Las personas que pasan por una intervención quirúrgica en el corazón enfrentan un riesgo notablemente elevado de sufrir alteraciones en su sistema de coagulación, lo que aumenta la probabilidad de necesitar transfusiones de elementos sanguíneos (20). Un estudio realizado en España con el propósito de evaluar las prácticas de transfusión y el nivel de estandarización en pacientes sometidos a “cirugía cardíaca” reveló que el 70% de los centros hospitalarios no contaban con protocolos o pautas específicas para el manejo de la hemostasia en este grupo de pacientes. Además, se identificó que el 47% de los hospitales logró admitir realizar transfusiones en más del 75% de sus pacientes (21).

Como se ha mencionado previamente, numerosos estudios han confirmado la relación entre la “transfusión de componentes sanguíneos” y el “aumento en la morbilidad y mortalidad” en cirugías cardíacas (22–24). Además, se ha observado una “correlación directa” entre la cantidad de componentes sanguíneos transfundidos y la gravedad de las complicaciones surgidas (25). Las complicaciones asociadas con las transfusiones, especialmente cuando son en gran cantidad, pueden abarcar desde reacciones leves como urticaria hasta problemas sumamente serios como la "triada letal" (que incluye acidosis, hipotermia y coagulopatía). Este último escenario se presenta con mayor frecuencia tras transfusiones masivas (26).

Su etiología puede ser inmunológica y no inmunológica, así como su momento de aparición inmediatas menor las 24 horas o tardías mayor de las 24 horas.

## **6. Hemocomponentes necesarios en la cirugía cardíaca**

**El concentrado hemático:** derivado de la sangre total, se obtiene a través de un proceso de centrifugación que elimina la mayor parte del plasma, resultando en un concentrado con un hematocrito que oscila entre el 70 y el 80% (27). El propósito principal de la transfusión de concentrado de hematíes es mejorar la capacidad de transporte de oxígeno. Esto implica que se administra cuando la anemia alcanza un nivel lo suficientemente grave como para presentar signos y síntomas de insuficiencia de oxígeno. Sin embargo, en pacientes con sangrado activo, los valores de “hemoglobina” (Hb) y “hematocrito” (Hto) pueden no reflejar con precisión la verdadera cantidad de sangre circulante y la entrega de oxígeno (28).

En el pasado, se solía pensar que cualquier paciente con una concentración de hemoglobina por debajo de 10 g/dl debía recibir una transfusión antes de una cirugía. No obstante, en la actualidad se reconoce que, en casos de anemia, es más adecuado utilizar concentrado de hematíes en lugar de sangre total. La administración de concentrado de hematíes junto con soluciones salinas resulta tan efectiva para tratar el sangrado posterior a la cirugía como la transfusión de sangre total (29).

**El plasma fresco congelado (PFC):** se obtiene tras la centrifugación de sangre total, extrayendo los primeros 200 a 260 ml del líquido sobrenadante. Para mantener la estabilidad de los factores de coagulación, especialmente el factor V y VIII, se congela a -20 °C o menos en las primeras ocho horas posteriores a la recolección,

según el tipo de bolsa y anticoagulante usado. El PFC puede almacenarse hasta un año y su composición incluye aproximadamente un 90% de agua, alrededor del 8% de proteínas, además de pequeñas cantidades de “carbohidratos y lípidos” (30).

Para su administración, se procede a descongelar a 37 °C con una agitación suave y constante, debiendo transfundirse dentro de las primeras 24 horas si se mantiene en un rango de 1° a 6° C. Cada mililitro de “Plasma Fresco Congelado” (PFC) equivale a una unidad de actividad de coagulación. Es fundamental destacar que el PFC no debe usarse como fuente de nutrición proteica. Su principal aplicación se encuentra en pacientes con sangrado y múltiples deficiencias de factores de coagulación, situaciones comúnmente asociadas a enfermedades hepáticas, “coagulación intravascular diseminada” (CID), “coagulopatía dilucional” por transfusiones masivas de glóbulos rojos, o para detener sangrados en casos de deficiencias de factores “I, V, XI, XIII” o antiplasmina. Asimismo, se considera tratamiento para hemofilia A o B, aunque su uso está limitado debido a la disponibilidad de concentrados de factores de coagulación libres de virus en el mercado. Esto busca evitar sobrecarga de líquidos, reacciones alérgicas y transmisión de enfermedades (31). Un estudio realizado por Concha y colaboradores observó que, en pacientes con un perfil de tromboelastografía (TEG) hipocoagulable, el valor de R era normal, lo que sugiere que la alteración no se debe a la falta de factores de coagulación y, por lo tanto, no se corrige con el uso de plasma fresco congelado (PFC). Este hallazgo resalta la importancia del TEG en la toma de decisiones sobre la “transfusión de hemocomponentes”.

## **7. Importancia de la TEG en uso racional de Hemocomponentes**

La toma de decisiones sobre transfusiones de componentes sanguíneos debe estar respaldada por una minuciosa evaluación de indicaciones clínicas y pruebas de laboratorio. Aunque la responsabilidad de la prescripción recae en los profesionales de la salud, su utilización adecuada es parte esencial de una estrategia global. La implementación de protocolos de transfusión basados en “pruebas viscoelásticas”, como la "tromboelastografía" (TEG), puede tener un impacto positivo al reducir el sangrado durante la cirugía y disminuir la necesidad de transfusiones de hemoderivados alogénicos. La inclusión de TEG como herramienta adicional para evaluar las propiedades viscoelásticas de la sangre ha simplificado la identificación de diversos trastornos de coagulación. Esto permite ajustar de forma más precisa la reposición de componentes sanguíneos a las necesidades individuales del paciente, generando así una reducción de costos al utilizar de manera más eficiente estos productos (32).

En la práctica, es fundamental realizar pruebas de TEG en momentos clave durante la cirugía y el postoperatorio. Estos momentos incluyen el inicio de la cirugía, situaciones de sangrado significativo (con sospecha de fibrinólisis), tras intervenciones con hemocomponentes o agentes procoagulantes, al final de la operación y en el período postoperatorio para evaluar la posibilidad de hipercoagulabilidad. Varios estudios, especialmente en cirugía cardíaca y trasplante hepático, han subrayado el valor del TEG en la toma de decisiones clínicas. La información detallada y los gráficos proporcionados por el tromboelastógrafo permiten un tratamiento personalizado, evitando transfusiones innecesarias. Estas mejoras en la administración de componentes sanguíneos, impulsadas por la

información precisa que brinda el TEG, tienen el potencial de mejorar significativamente los resultados clínicos de los pacientes (33).

## CONCLUSIONES

En la actualidad, se dispone de dos pruebas viscoelásticas clave: la TEG y la ROTEM, ambas con metodologías similares que evalúan las características del coágulo, como viscosidad, tiempo de formación de la fibrina y disolución del coágulo. A pesar de su utilidad, las pruebas convencionales de coagulación siguen siendo fundamentales, ya que la TEG y la ROTEM no son tan específicas para determinar las coagulopatías como estas pruebas, por lo que se complementan mutuamente.

En el contexto de la cirugía cardíaca con “circulación extracorpórea”, un procedimiento esencial pero complejo, que implica detener el corazón y evitar la exanguinación para facilitar la intervención quirúrgica, se presentan complicaciones como la hipocoagulabilidad y trastornos de la coagulación. Estas complicaciones a menudo resultan en un uso masivo de hemocomponentes, siendo los concentrados hemáticos y el plasma fresco congelado los más utilizados en este ámbito.

En este escenario, la tromboelastografía se posiciona como una herramienta crucial al brindar una evaluación rápida y global de la hemostasia, permitiendo tomar decisiones ágiles y precisas sobre el uso adecuado de los hemocomponentes durante la cirugía cardíaca. Esta integración efectiva de tecnologías y enfoques es fundamental para optimizar los resultados clínicos y mejorar la seguridad de los pacientes en este complejo escenario quirúrgico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. McPherson R, Pincus M. Diagnóstico clínico y técnicas de laboratorio. 24a ed. Vol. 1. Elsevier; 2022. 1–1688 p.
2. Kozek-Langenecker S. Perioperative coagulation monitoring. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. marzo de 2010 [citado el 12 de septiembre de 2023];24(1):27–40. Disponible en: [10.1016/j.bpa.2009.09.009](https://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.09.009)
3. Vargas-Ruiz Á. Evaluación preoperatoria de la hemostasia. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2012;50(3):261–6.
4. Selby R. “TEG talk”: expanding clinical roles for thromboelastography and rotational thromboelastometry. *Hematology* [Internet]. el 4 de diciembre de 2020 [citado el 12 de septiembre de 2023];2020(1):67–75. Disponible en: [10.1182/hematology.2020000090](https://doi.org/10.1182/hematology.2020000090)
5. White N. Mechanisms of trauma-induced coagulopathy. *Hematology* [Internet]. el 6 de diciembre de 2013 [citado el 12 de septiembre de 2023];2013(1):660–3. Disponible en: [10.1182/asheducation-2013.1.660](https://doi.org/10.1182/asheducation-2013.1.660)
6. Carrillo-Esper R, Mejía-Gómez LJ, Pérez-Calatayud ÁA. Tromboelastometría rotacional, el electrocardiograma de la coagulación. *Revista Mexicana de Anestesiología* [Internet]. 2022 [citado el 12 de septiembre de 2023];45(3):184–7. Disponible en: <https://doi.org/10.35366/105591>
7. Qin J, Zhang J, Jiang J, Zhang B, Li J, Lin X, et al. Direct chemical reprogramming of human cord blood erythroblasts to induced megakaryocytes that produce platelets. *Cell Stem Cell* [Internet]. agosto de

- 2022 [citado el 12 de octubre de 2023];29(8):1229-1245.e7. Disponible en: 10.1016/j.stem.2022.07.004
8. Perez MH, Longchamp D, Amiet V, Natterer J, Ferry T, Boegli Y, et al. Point-of-care HEMOstasis in children with congenital heart disease, the POCHEMO study: Rotational thromboelastometry and impedance aggregometry in children with cyanotic and non-cyanotic congenital heart disease. *International Journal of Cardiology Congenital Heart Disease* [Internet]. junio de 2022 [citado el 12 de octubre de 2023];8:100383. Disponible en: 10.1016/j.ijcchd.2022.100383
  9. Carrillo-Esper R, Mejía-Gómez L, Pérez-Calatayud Á. Tromboelastometría rotacional, el electrocardiograma de la coagulación. *Rev Mex Anestesiología* [Internet]. 2022 [citado el 12 de octubre de 2023];45(3):184–7. Disponible en: 10.35366/105591
  10. Álvarez M. Guías españolas para el manejo del paciente con hemofilia [Internet]. Vol. 1. España: Real Fundación Victoria Eugenia; 2022 [citado el 12 de septiembre de 2023]. 1–190 p. Disponible en: [https://rfve.es/wp-content/uploads/GUIAS-espanolas-hemofilia-23\\_03.pdf](https://rfve.es/wp-content/uploads/GUIAS-espanolas-hemofilia-23_03.pdf)
  11. Bronić A, Coen Herak D, Margetić S, Milić M. Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine: National recommendations for blood collection, processing, performance and reporting of results for coagulation screening assays prothrombin time, activated partial thromboplastin time. *Biochem Med (Zagreb)* [Internet]. 15 de junio de 2019 [citado el 12 de septiembre de 2023];29(2):262–83. Disponible en: <https://doi.org/10.11613/BM.2019.020503>

12. Simurda T, Asselta R, Zolkova J, Brunclikova M, Dobrotova M, Kolkova Z, et al. Congenital Afibrinogenemia and Hypofibrinogenemia: Laboratory and Genetic Testing in Rare Bleeding Disorders with Life-Threatening Clinical Manifestations and Challenging Management. *Diagnostics* [Internet]. el 19 de noviembre de 2021 [citado el 22 de septiembre de 2023];11(11):2140. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11112140>
13. Ghosh K, Ghosh K. D-Dimer: an analyte with increasing application in Covid-19 infection. *Expert Rev Hematol*. el 4 de marzo de 2022;15(3):243–51.
14. Gomar C, Mata M, Pomar J. Fisiopatología y técnicas de circulación extracorpórea. En: *Función renal y técnicas de apoyo durante la circulación extracorpórea*. 1a ed. Barcelona: Asociación Española de Perfusionistas; 2012. p. 222–92.
15. Mestres C, Domenech A. Cirugía Cardiovascular, pasado, presente y futuro. *Rev Fed Arg Cardiol*. 2015;44(1):57–63.
16. Mestres C, Domenech A. Cirugía Cardiovascular, pasado, presente y futuro. *Rev Fed Arg Cardiol*. 2015;44(1):57–63.
17. Bustamante-Munguira J, Centella T, Polo L, Hornero. F. Cirugía cardiovascular en España en el año 2014. Registro de intervenciones de la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular. *Cirugía Cardiovascular* [Internet]. noviembre de 2015 [citado el 19 de septiembre de 2023];22(6):297–313. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.circv.2015.09.008>

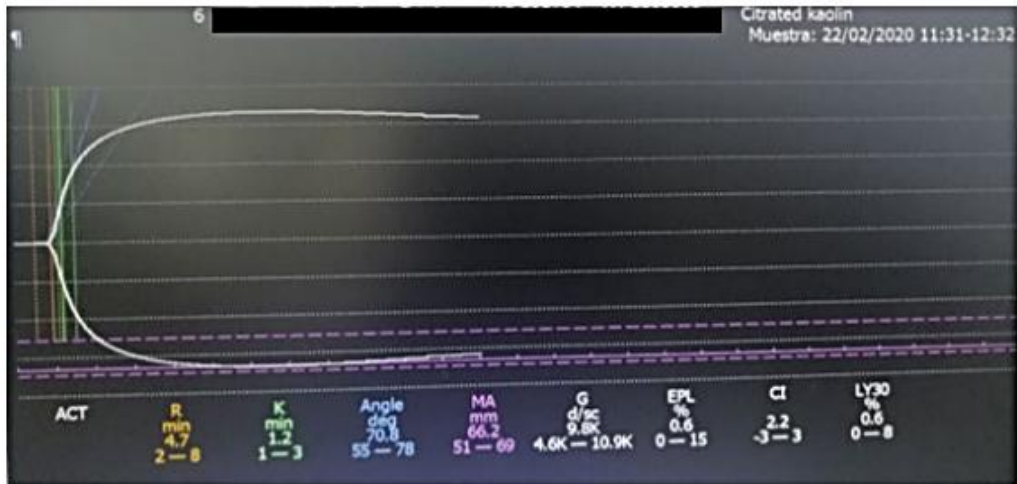
18. Soto I. Hemostasia y trombosis en la práctica clínica. Vol. 1. Ergon; 2018. 1–580 p.
19. Gravlee GP, Davis RF, Kurusz M, Utley JR. Cardiopulmonary Bypass Principles and Practice, 2<sup>nd</sup> Edition. J Extra Corpor Technol. el 14 de diciembre de 2000;32(4):224–6.
20. Buffolo E, Branco JNR, Gerola LR, Aguiar LF, Teles CA, Palma JH, et al. Off-Pump Myocardial Revascularization: Critical Analysis of 23 Years' Experience in 3,866 Patients. Ann Thorac Surg [Internet]. enero de 2006 [citado el 12 de septiembre de 2023];81(1):85–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.07.032>
21. Basora M, Fita G, Panigua P, Litvan H, Fló A, Reverter JC. Encuesta de hemostasia y transfusión perioperatoria en cirugía cardíaca: ¿cómo actuamos los anestesiólogos? Rev Esp Anesthesiol Reanim. enero de 2010;57(1):3–10.
22. Rogers M, Blumberg N, Saint SK, Kim C, Nallamotheu BK, Langa KM. Allogeneic blood transfusions explain increased mortality in women after coronary artery bypass graft surgery. Am Heart J [Internet]. diciembre de 2006 [citado el 12 de septiembre de 2023];152(6):1028–34. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2006.07.009>
23. Koch C, Li L, Duncan AI, Mihaljevic T, Cosgrove DM, Loop FD, et al. Morbidity and mortality risk associated with red blood cell and blood-component transfusion in isolated coronary artery bypass grafting\*. Crit Care Med [Internet]. junio de 2006 [citado el 12 de octubre de 2023];34(6):1608–16. Disponible en: [10.1097/01.CCM.0000217920.48559.D8](https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000217920.48559.D8)

24. Kuduvalli M, Oo A, Newall N, Grayson A, Jacksom M, DESMOND M, et al. Effect of peri-operative red blood cell transfusion on 30-day and 1-year mortality following coronary artery bypass surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. abril de 2005;27(4):592–8.
25. Leal S, Muñoz M, Campanario A. Transfusión en el paciente crítico. *Med Intensiva [Internet]*. 2004 [citado el 12 de octubre de 2023];28(9):464–9. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-transfusion-el-paciente-critico-articulo-13069507>
26. Martínez A, Rivero R, Fernández N. Efectos adversos en la cadena transfusional en el Instituto de Hematología e Inmunología. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia [Internet]*. 2015 [citado el 12 de octubre de 2023];31(3):288–300. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-02892015000300007&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-02892015000300007&script=sci_arttext&tlng=en)
27. Linares J. *Inmunoematología y transfusión. Principios y Procedimientos* Cromotip Ed Venez.;
28. Tsai A, Hofmann A, Cabrales P, Intaglietta M. Perfusion vs. oxygen delivery in transfusion with “fresh” and “old” red blood cells: The experimental evidence. *Transfusion and Apheresis Science*. agosto de 2010;43(1):69–78.
29. Marik PE. *Transfusion of Blood and Blood Products*. En: *Evidence-Based Critical Care*. 1a ed. Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 585–619.
30. El-Ekiaby M, Sayed MA, Caron C, Burnouf S, El-Sharkawy N, Goubran H, et al. Solvent-detergent filtered (S/D-F) fresh frozen plasma and

- cryoprecipitate minipools prepared in a newly designed integral disposable processing bag system. *Transfusion Medicine*. febrero de 2010;20(1):48–61.
31. Khawar H, Kelley W, Stevens JB, Guzman N. Fresh Frozen Plasma (FFP). 2023.
  32. Klein AA, Arnold P, Bingham RM, Brohi K, Clark R, Collis R, et al. AAGBI guidelines: the use of blood components and their alternatives 2016. *Anaesthesia*. julio de 2016;71(7):829–42.
  33. Lloyd-Donald P, Lee WS, Liu GM, Bellomo R, McNicol L, Weinberg L. Thromboelastography in elective total hip arthroplasty. *World J Orthop*. el 18 de agosto de 2021;12(8):555–64.

## ANEXOS

### N° 01: Curva tromboelastografía normal



Descripción: representación del gráfico que se usó Citrato kaolin. Parámetros (R, K, ángulo alfa, MA, CI y LY30) dentro de sus valores normales, con estado de hemostasia normal, por lo que no necesita ningún Hemocomponentes.

**N° 02: Complicaciones asociadas a la transfusión**

<b>Complicaciones</b>			
<b>Agudas (menor 24 H)</b>		<b>Retardadas (mayor 24 H)</b>	
<b>Origen inmunológico</b>	<b>Origen no inmunológico</b>	<b>Origen inmunológico</b>	<b>Origen no inmunológico</b>
Reacción febril no hemolítica	Contaminación bacteriana	Reacción hemolítica retardada	Agentes infecciosos
Reacción hemolítica aguda	TACO	Aloinmunización frente Ag	Hemosiderosis Postransfusional
TRALI	Reacciones hipotensivas	Purpura Postransfusionales	
Destrucción plaquetaria		EICH-AT	
		TRIM	

*Nota.* Elaboración propia (2023)