



# Cambios hematológicos inducidos por la eritroféresis

Sindy Karina Ibeth Domínguez-Morales,<sup>a</sup> Luis Carlos Moreno-López,<sup>a</sup>  
Juan Manuel Gallardo,<sup>b</sup> José Ramón Paniagua<sup>b</sup>

## Hematological changes induced by erythrocytapheresis

**Background:** Although automated cell separators (apheresis) have undergone a lot of technical refinements, the effect of the procedure on hematological indices of donors is rarely taken into account. The purpose of this study is to identify potential hematologic changes in donors undergoing erythrocytapheresis.

**Methods:** 30 apparently healthy adult donors were evaluated. Erythrocytapheresis procedure was performed using automated equipment. Hematologic measurements (hemoglobin, hematocrit, white blood cells counts and platelets) were analyzed before and after erythrocytapheresis in all donors.

**Results:** We observed a significant decrease in the donors in hemoglobin ( $p < 0.0001$ ), hematocrit ( $p < 0.0001$ ), leukocytes ( $p < 0.0001$ ), lymphocytes ( $p = 0.0267$ ), and platelets ( $p < 0.0001$ ). On the other hand, we found no changes in segmented, monocytes, eosinophils and basophils post erythrocytapheresis.

**Conclusion:** In this study we found a significant drop in complete blood count in blood donation procedure by erythrocytapheresis; there are hematological changes in both red and white cells in all donors; however, none of donors manifested symptoms of thrombocytopenia or anemia. This study demonstrates hematological changes post-donation and therefore requires larger multicenter studies, in order to establish guidelines for donors' safety in apheresis and also help in assessing donor suitability, especially given the present trend of double product apheresis collections.

### Keywords Palabras clave

Blood donors	Donantes de sangre
Erythrocytes	Eritrocitos
Blood banks	Bancos de sangre
Blood component removal	Eliminación de componentes sanguíneos

La aféresis es un procedimiento cada vez más utilizado para la obtención general o específica de componentes de la sangre de un donador, tales como plasma, eritrocitos, leucocitos, o plaquetas, que puede ser separada o retenida, y el remanente retransfuido al donador.<sup>1</sup> Existen varios tipos de aféresis que incluyen la eritrocitoféresis, leucoféresis, plasmaféresis, y plaquetoféresis. Todos estos procedimientos son relativamente seguros para el donador.<sup>2,3</sup>

La eritroféresis además de servir para la obtención de derivados sanguíneos normales, también ha demostrado tener utilidad terapéutica fundamentalmente en el tratamiento de padecimientos como la poliglobulia,<sup>4</sup> la hemocromatosis hereditaria,<sup>5</sup> la hemocromatosis idiopática<sup>6</sup> y en muchas otras entidades nosológicas (cuadro I).

En los bancos de sangre modernos, el procedimiento de aféresis es cada vez más frecuente por las ventajas que presenta tanto para el receptor como para el donador. El efecto de la aféresis en el donador, ha sido un tema poco explorado ya que se trata de sujetos sanos con una sangría controlada de poco volumen y porque la atención del procedimiento se ha enfocado más en el receptor o en el paciente al que se somete a la plasmaféresis como un procedimiento terapéutico.<sup>7</sup>

Al buscar en Pubmed la palabra "erythropheresis" encontramos 21 artículos en total, de los que 17 se relacionan con humanos. Por otro lado, se ha reportado que la deficiencia de hierro podría ser una consecuencia importante para el donador,<sup>8</sup> por lo tanto, es posible que también se vean afectados otros componentes sanguíneos.

El propósito de este trabajo fue estudiar los cambios hematológicos que ocurren en el donador después de la eritroféresis.

## Métodos

### Diseño

Estudio transversal en donadores altruistas de sangre. El protocolo fue evaluado por la División de Educa-

<sup>a</sup>Laboratorio de Patología Clínica, Centro Médico "The American British Cowdray"

<sup>b</sup>Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Nefrológicas, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional "Siglo XXI", Instituto Mexicano del Seguro Social

Distrito Federal, México

Comunicación con: Juan Manuel Gallardo  
Teléfonos (55) 5627 6900, extensión 21371  
Correo electrónico: jmgallardom@gmail.com

**Resumen**

**Introducción:** El efecto del procedimiento en los índices hematológicos del donador rara vez se determina al finalizar una sesión de donación. El propósito de este estudio es identificar las posibles alteraciones hematológicas en los donadores sometidos a eritroféresis.

**Métodos:** Se evaluaron 30 donadores adultos, aparentemente sanos. El procedimiento de eritroféresis se realizó utilizando un equipo automatizado. Las mediciones hematológicas (hemoglobina, hematocrito, células blancas y plaquetas) se realizaron antes y después de la eritroféresis.

**Resultados:** Existe disminución significativa en hemoglobina ( $p < 0.0001$ ), hematocrito ( $p < 0.0001$ ), leucocitos totales ( $p < 0.0001$ ), linfocitos ( $p = 0.0267$ ),

y plaquetas ( $p < 0.0001$ ) tras el procedimiento de donación. Por otro lado, los segmentados tienen un ligero aumento. No se encontraron cambios en monocitos, eosinófilos ni en basófilos poseritroféresis.

**Conclusiones:** durante el procedimiento de donación sanguínea mediante eritroféresis se producen cambios hematológicos tanto en la fórmula roja como blanca en los donadores estudiados, a pesar de ello, ninguno de los donadores manifestaron signos de trombocitopenia o anemia. Este trabajo demuestra que existen cambios hematológicos postdonación y por ello se requiere de estudios amplios y multicéntricos, con el fin de establecer directrices para establecer un procedimiento seguro para el donador y mejorar la evaluación de idoneidad de los donadores.

ción e Investigación del Centro Médico ABC, donde se revisaron y aprobaron tanto los procedimientos éticos como los técnicos.

**Donadores**

La población de donadores consistió de 30 sujetos, hombres, con edades entre los 18 y 65 años, aparentemente sanos que dieron su consentimiento informado para participar en este estudio. Todos los donadores fueron captados en un periodo de 31 días naturales y se cumplió con los requisitos solicitados en la Norma

Oficial Mexicana NOM-253-SSA-002 de la Secretaría de Salud, que regula las actividades relativas a la disposición de sangre y componentes sanguíneos con fines terapéuticos. En resumen, los donadores en México deben ser: mayores de edad y no tener más de 65 años, peso mayor a 50 kg, que estén libres de enfermedades infecciosas, sin consumo de antibióticos, que no se les haya practicado ninguna intervención odontológica en la última semana y que no padezcan de enfermedades crónico degenerativas, entre otras.<sup>9</sup>

Además de lo indicado en la NOM para donadores en México, todos los donadores recibieron una evalua-

**Cuadro I** Ejemplos de la utilidad clínica que se le ha dado a la aféresis en sus diferentes variantes

Autor	Procedimiento y utilidad
Pérez E, <i>et al.</i> <sup>20</sup>	Plasmaféresis en síndrome de Guillain Barre.
Gutiérrez J, <i>et al.</i> <sup>21</sup>	Plasmaféresis en pancreatitis aguda inducida por hipertrigliceridemia.
León A, <i>et al.</i> <sup>22</sup>	Plasmaféresis en glomerulonefritis rápidamente progresiva.
Lora CG, Navarro JR. <sup>23</sup>	Plasmaféresis en síndrome miasténico de Eaton-Lambert.
Daza J, Roncallo A. <sup>24</sup>	Plasmaféresis en neuromielitis óptica.
Conte A, <i>et al.</i> <sup>25</sup>	Plasmaféresis en síndrome de anticuerpos antifosfolípidos con desarrollo de síndrome catastrófico.
Martínez A, <i>et al.</i> <sup>26</sup>	Plasmaféresis en síndrome HELLP persistente.
Euler H, <i>et al.</i> <sup>27</sup>	Plasmaféresis en nefritis por lupus eritematoso sistémico.
Dau P. <sup>28</sup>	Recambio plasmático terapéutico en polimiositis y dermatomiositis.
Mellwig K, <i>et al.</i> <sup>29</sup>	Plasmaféresis como terapia para disminución de LDL-C en pacientes con hipercolesterolemia severa.
Mariani R, <i>et al.</i> <sup>30</sup>	Eritrocitaféresis en pacientes con hemocromatosis y daño orgánico severo.
Gutiérrez C, <i>et al.</i> <sup>31</sup>	Eritroféresis en policitemia neonatal.
Medina M. <sup>32</sup>	Recambio plasmático terapéutico en diferentes patologías: síndrome de Goodpasture, síndrome de hiperviscosidad, esclerosis múltiple, etc.
Black V, <i>et al.</i> <sup>33</sup>	Exanguíneo transfusión parcial de plasma en neonatos con síndrome de hiperviscosidad.

ción médica general que consistió en un interrogatorio médico para descartar consumo reciente (evaluación de un mes) de multivitamínicos, suplementos alimenticios, hierro, medicamentos, tabaco, alcohol, historia de sangrados gatrointestinales o genitourinarios, historia familiar o personal de anemia, alteraciones en la coagulación o sangrado, hemoglobinopatías, infecciones recientes de cualquier naturaleza, insuficiencia cardíaca, hepática, renal o venosa, enfermedades crónicas degenerativas como artritis, hipertensión arterial, diabetes mellitus y cáncer. En la misma norma se establece que para la donación de doble paquete eritocitario obtenido por aféresis, los donadores deberán tener un peso mayor a 70 kg y que en la postdonación, el sujeto tenga más de 11 g/dL de hemoglobina.<sup>9</sup>

#### Procedimiento de eritroféresis

Todos los pacientes donaron un volumen total de 400 mL (en dos paquetes globulares de 200 mL cada uno). La eritroféresis se realizó utilizando un dispositivo comercial (ALYX Sistema de Recolección de componentes, Fenwal, Inc. Lake Zurich, IL, USA). La separación celular se estableció como un procedimiento estándar en el banco de sangre del Centro Médico ABC en los sujetos voluntarios sanos. El procedimiento se llevó a cabo en condiciones de asepsia y antisepsia, y siguiendo las instrucciones del fabricante. Todas las muestras sanguíneas fueron colectadas momentos antes de iniciar la eritroféresis (de una vena del antebrazo) y posterior al procedimiento.

Todos los procedimientos de eritroféresis se realizaron siguiendo los procedimientos habituales utilizados en el banco de sangre y las indicaciones del fabricante del equipo utilizando un sistema de aféresis cerrado, con anticoagulación basado en el empleo de ácido citrato dextrosa (ACD) en proporción de 1:12.<sup>10</sup> El punto final de cada procedimiento se estableció cuando se hubieran obtenido 200 mL de eritrocitos por unidad (dos unidades por donador) y a un flujo de 40 mL/min.

En el cuadro II se muestra la duración y los volúmenes de sangre, anticoagulante y solución salina empleados durante el proceso de eritroféresis.

#### Análisis hematológicos y bioquímicos

Tanto la medición del hematocrito como la determinación de hemoglobina por el método de cianometahemoglobina,<sup>11</sup> así como plaquetas, leucocitos, segmentados, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos se analizaron utilizando un equipo automatizado (Cell-Dyn Ruby, Abbott laboratorios, Abbott Park, IL, USA), conforme a lo señalado por los fabricantes.

#### Análisis estadístico

Los valores obtenidos se expresan como promedio  $\pm$  desviación estándar. Para cada uno de los parámetros analizados pre y postdonación, se empleó la prueba de *t* de Student para datos pareados con la que se evaluaron las diferencias entre el inicio y el final de la obtención de paquete eritocitario. Se utilizó el 95 % como índice de confianza, considerando que toda probabilidad menor a 0.05 es significativa ( $p < 0.05$ ). La cuenta residual de células blancas se analizó después de su transformación logarítmica.

#### Resultados

En este estudio se encontró que los cambios hematológicos tienden a la disminución de manera significativa, y fueron evidentes en la hemoglobina ( $p < 0.0001$ ), hematocrito ( $p < 0.0001$ ), leucocitos ( $p < 0.0001$ ), plaquetas ( $p < 0.0001$ ) y linfocitos ( $p = 0.0267$ ). En el sentido contrario, los segmentados se incrementaron ( $p = 0.037$ ). Los monocitos, eosinófilos y basófilos no mostraron cambios después de realizada la eritroféresis.

A pesar de esos cambios, no se presentó ninguna manifestación clínica sintomática o medida que sugi-

**Cuadro II** Control del proceso de eritroféresis

	Duración (min)	Vol. anticoagulante (mL)	Vol. salina (mL)	Vol. sangre procesada (mL)
Promedio	24.77	120.13	466.00	953.53
D.E.	4.56	6.72	41.88	107.21
Máx	41	134	522	1069
Mín	20	106	377	460
<i>N</i> =	30	30	30	30

min: minutos, vol: volumen, mL: mililitros, D.E: desviación estándar, Máx: valor máximo, Mín: valor mínimo, *N*: numero

**Cuadro III** Características sociodemográficas de los donadores

No. de sujetos	30
Edad (rango), años	35.27 ± 8.91 (19-55)
Sexo	Masculino
Estatura (rango), cm	175.3 ± 7.39 (164-190)
Peso (rango), kg	86.73 ± 9.73 (71-108)
I.M.C. (rango) kg/m <sup>2</sup>	28.28 ± 2.69 (23.25-33.03)
Diámetro cintura (rango), cm	100.61 ± 6.83 (90-115)
Diámetro cadera (rango) cm	101.71 ± 8.2 (85-117)
Relación Cintura / Cadera (rango)	0.99 ± 0.05 (0.94-1.16)
Grasa corporal (rango), %	25.59 ± 3.88 (17.55-34.98)
Peso Magro (rango) %	6,435.16 ± 629.91 (5,353.31-8,027.79)
Presión arterial sistólica (rango) mmHg	121.83 ± 11.33 (100-140)
Presión arterial diastólica (rango) mmHg	78.83 ± 7.39 (70-90)
Presión arterial media (rango) mmHg	100.33 ± 8.8 (85-115)
Fumadores N, (%)	9, (30)
Bebedores sociales N, (%)	17, (56.6)

Los valores se presentan como el promedio más menos la desviación estándar y entre paréntesis el rango. No.: numero, cm: centímetros, kg: kilogramos, I.M.C: Índice de masa corporal, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, %: porcentaje, mmHg: milímetros de mercurio, N: numero

riera malestar en el paciente o cambios hematológicos importantes tales como anemia o trombocitopenia. Durante el procedimiento regular de eritroféresis ninguno de los pacientes requirió de procedimientos adicionales. Tampoco se presentaron efectos adversos (ni leves ni serios), solo se presentaron variaciones en el acceso venoso (un caso) y un único donador presentó un flujo más lento en comparación con el resto de los donadores.

Las características socio-demográficas de los sujetos estudiados se muestran en el cuadro III. Las variables hematológicas del paquete globular se muestran en el cuadro IV, que en general tuvieron un promedio de 19 g/dL para hemoglobina, 60 % de hematocrito, una cuenta  $9.6 \times 10^9$  por mL de plaquetas, y con 31 % de segmentados, 41 % de linfocitos, 0.7 % de monocitos y 24 % de eosinófilos. Los leucocitos y los basófilos prácticamente fueron de 0%.

Los cambios hematológicos previos y posteriores al procedimiento de eritroféresis se muestran en la figura 1, donde se aprecia una disminución estadísticamente significativa en hemoglobina ( $p < 0.0001$ ), hematocrito ( $p < 0.0001$ ), leucocitos ( $p < 0.0001$ ), linfocitos ( $p = 0.0267$ ) y plaquetas ( $p < 0.0001$ ), en tanto que aumenta en los segmentados ( $p < 0.037$ ) cuando

se comparan el valor previo con el valor obtenido al final de la eritroféresis.

En el cuadro V se presentan los valores previos y finales de los elementos de la fórmula blanca (monocitos, eosinófilos y basófilos) que no mostraron cambios durante el procedimiento.

Las variables que reportó el equipo de aféresis durante el proceso de la obtención de dobles rojos se muestran en el cuadro II; en términos generales el promedio de duración fue de 25 minutos, se utilizaron 120 mL de anticoagulante con ácido citrato y dextrosa, y se infundieron 466 mL de solución salina a los donadores. El volumen de sangre procesada fue en promedio 954 mL.

## Discusión

En este estudio encontramos que los cambios hematológicos tienden a la disminución de manera significativa, y fueron evidentes en la hemoglobina ( $p < 0.0001$ ), hematocrito ( $p < 0.0001$ ), leucocitos ( $p < 0.0001$ ), plaquetas ( $p < 0.0001$ ) y linfocitos ( $p = 0.0267$ ). En el sentido contrario, encontramos que los segmentados se incrementaron ( $p = 0.037$ ). Los monocitos, eosinófilos

**Cuadro IV** Mediciones hematológicas en la unidad eritrocitaria

	Hb (g/dL)	Hto (%)	Plaq (x10 <sup>3</sup> /μL)	Leu (x10 <sup>3</sup> /μL)	Seg (%)	Lin (%)	Mon (%)	Eos (%)	Bas (%)
Promedio	19.34	60.217	9.654	0.004	31.060	41.150	0.667	23.78	0
D.E.	0.68	1.981	6.045	0.003	28.937	30.334	3.651	27.04	0
Máx	20.6	63.4	26.2	0.013	100	100	20	100	0
Mín	18.1	55.7	1.4	0	0	0	0	0	0
N =	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Hb: hemoglobina, Hto: hematocrito, Plaq: plaquetas, Leu: leucocitos, Seg: segmentados, Lin: linfocitos, Mon: monocitos, Eos: eosinófilos, Bas: basófilos, g: gramos, dL: decilitro, μL: microlitro, %: porcentaje, D.E: desviación estándar, Máx: valor máximo, Mín: valor mínimo N: número

y basófilos no mostraron cambios después de realizada la eritroféresis. En la figura 1 se muestran estos cambios, las variaciones estadísticas que se muestran son resultado evidente del procedimiento de la eritroféresis y que, debido a que esas variables suelen ser fisiológicamente muy conservadas, los cambios mínimos son suficientes para que se encuentren diferencias estadísticas significativas. Es importante recalcar que no se encontraron manifestaciones clínicas sintomáticas o alguna medida que sugiriera malestar en el paciente, o cambios hematológicos importantes como la anemia o trombocitopenia.

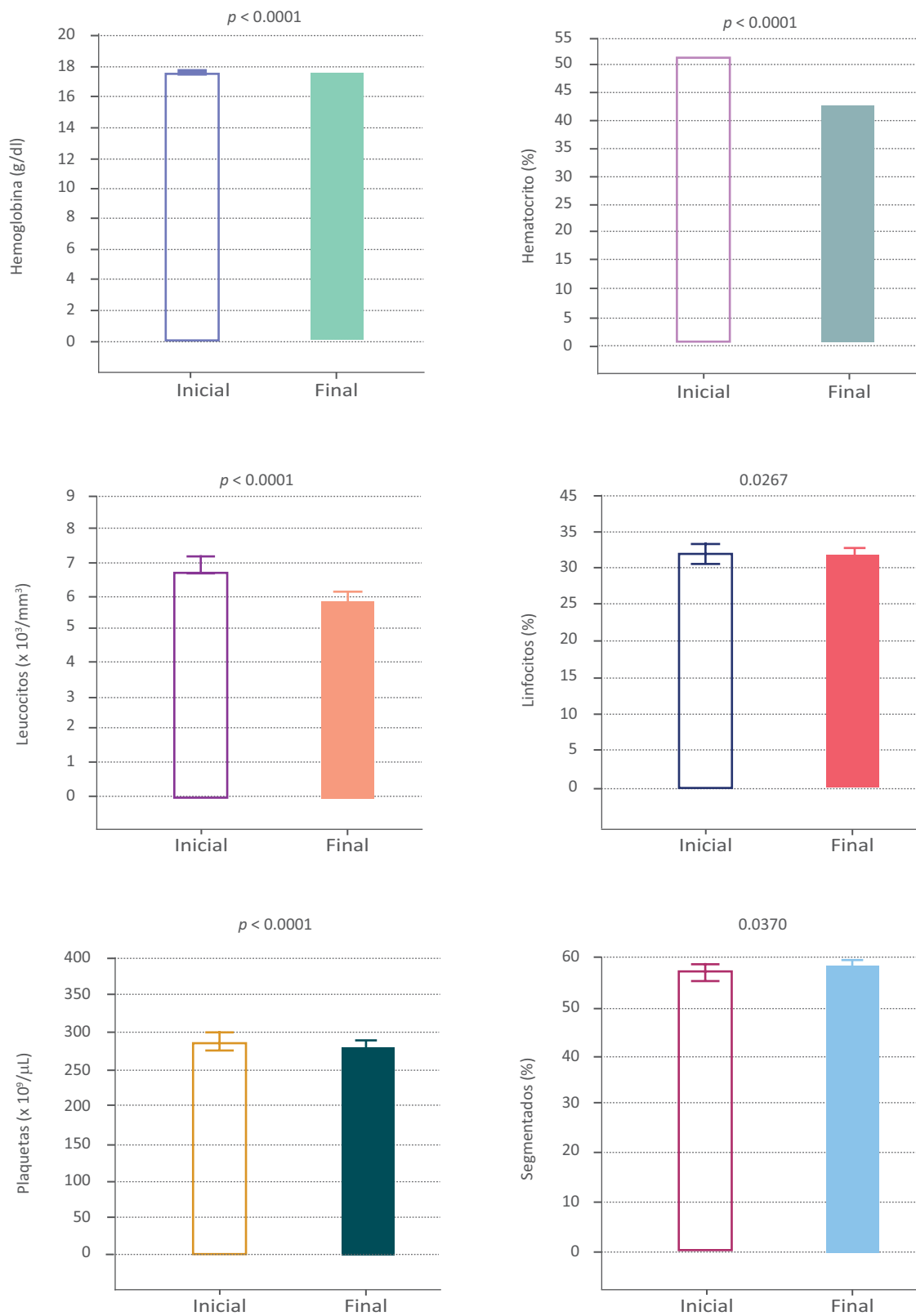
Durante las últimas dos décadas, los procedimientos para la obtención de sangre y sus fracciones han mejorado notablemente, tanto en la productividad como en la calidad de los productos obtenidos, y aunque la eritroféresis se realiza en todo el mundo, existe muy poca información en la literatura mundial donde se enfatice la atención en los donadores. En este estudio nos enfocamos en evaluar los cambios hematológicos que se presentan en los sujetos donadores con el propósito de mejorar la seguridad de los mismos, particularmente durante la obtención de dobles rojos en la eritroféresis.

Una de las dificultades que se presentan en este tipo de estudios es que la eritroféresis no es un procedimiento estándar en los bancos de sangre en México, ya que son pocos los donadores que son sometidos a este procedimiento, debido a que se prefiere la donación de sangre completa a fin de obtener diversos productos útiles en el tratamiento de diversos padecimiento hematológicos. Por otro lado, si consideramos que para el ingreso en este estudio se limitó a que los participantes no hubieran consumido complementos alimenticios o multivitamínicos en el periodo de un mes previo a la donación sanguínea el número de participantes se redujo aún más.

Todos los procedimientos de donación sanguínea, por principio, están sujetos a cambios en los diferentes parámetros hematológicos de los donadores por razones de pérdidas, tanto de volumen como de elementos formes de la sangre,<sup>12</sup> de tal manera que son de esperarse los cambios en los valores hematológicos como resultado de tales pérdidas. Sin embargo, con la llegada del procedimiento de aféresis, donde parte de los componentes sanguíneos son regresados al mismo donador, estos cambios hematológicos deben ser más leves.

Debido a los cambios en la hemoglobina tras la eritroféresis, sugerimos que los donadores deberían ser recitados y reexaminados en una fecha posterior para asegurarnos de su bienestar. Se han reportado reducciones significativas en los valores hematológicos de donantes después de la eritroféresis y plaquetoféresis, pero que no se presentaron manifestaciones clínicas postdonación.<sup>13,14</sup> En un estudio epidemiológico en el que se evaluaron a 939 donadores habituales, no se reportó ningún caso con trombocitopenia, pero sí con anemia subclínica.<sup>15</sup> En ese mismo trabajo reportaron que el 8.1 % de los donadores tenía una concentración postdonación de hemoglobina menor a 12 g/dL,<sup>15</sup> siendo que, con base en sus propios parámetros, la OMS define la presencia de anemia en cualquier adulto normal, independientemente del género, cuando los valores de hemoglobina han descendido por debajo de 12 g/dL.<sup>16</sup>

Es bien sabido que los dispositivos de eritroféresis son cada vez mejores cuando se comparan con los de las primeras generaciones, ya que los anteriores producían mayores pérdidas de glóbulos rojos y de hemoglobina durante la aféresis; sin embargo, a pesar de ello, esas pérdidas continúan en la actualidad, y pueden ser atribuidas a varios factores, tales como la pérdida de sangre en el volumen vacío de los estuches



**Figura 1** Cambios en la biometría hemática tanto de formula roja como blanca poseritroféresis. En este panel podemos ver los cambios (todos ellos significativamente estadísticos) entre las mediciones previas y posteriores al proceso de eritroféresis (de arriba a abajo y de izquierda a derecha: hemoglobina, hematocrito, leucocitos, linfocitos, plaquetas y segmentados). Las barras verticales muestran el error estándar de la media y en la parte superior de cada analito se muestra el valor de  $p$



**Cuadro V** Células de la fórmula blanca que no presentaron cambios tras el procedimiento de eritroféresis

Células	Inicial	Final	Valor de P
Monocitos (%)	7.588 ± 1.616	8.539 ± 2.975	0.1302
Eosinófilos (%)	2.485 ± 1.694	2.372 ± 1.654	0.2222
Basófilos (%)	1.166 ± 0.3646	1.170 ± 0.0731	0.9411

de de aféresis, la técnica aplicada y a hemólisis mecánica por la presión de equipo mismo.<sup>17</sup>

En este trabajo encontramos que existe una reducción importante en la hemoglobina, el hematocrito, los leucocitos y las plaquetas, que se debe principalmente al procedimiento mismo, en las máquinas separadores celulares y a la dilución producida por las infusiones de soluciones de citrato y solución salina, y que ha sido demostrado en procedimiento semejantes.<sup>17</sup> En contraparte, existe evidencia de que los cambios en la hemoglobina son despreciables en donaciones subsecuentes debido a que los donadores se recuperan rápidamente.<sup>18,19</sup>

La debilidad de este trabajo radica que se estudió una muestra pequeña de sujetos (30 donadores) y por tanto nuestros resultados, aunque interesantes, no son concluyentes a nivel epidemiológico, por lo que se requiere realizar estudios epidemiológicos prospectivos sobre este aspecto, a fin de determinar los cambios bioquímicos que ocurren en nuestra población de donantes después de cualquier procedimiento de aféresis.

Con base en los resultados de este estudio se recomienda que a los donadores de sangre sometidos a cualquier procedimiento de aféresis con recuentos bajos normales antes del procedimiento de donación, se les

determinen los parámetros hematológicos previos y posteriores a la donación, así como ser más estrictos en las evaluaciones pre y postdonación en aquellos sujetos en los que las concentraciones de hemoglobina finalicen entre 12.5 a 13 g/dL. Asimismo, es recomendable que se examinen médica y bioquímicamente a los sujetos que tengan caídas significativas en sus parámetros hematológicos postdonación. Los donantes con disminuciones significativas en sus parámetros hematológicos deben ser revisados posteriormente para excluirlos de futuras donaciones y/o, si es necesario, tratar la anemia y trombocitopenia iatrogénica.

## Conclusiones

Los pacientes sometidos a cualquier proceso de aféresis debieran ser evaluados clínica y hematológicamente de forma rutinaria antes y después de la donación. La eritroféresis por sí misma causa caída importante en hemoglobina, hematocrito, leucocitos, plaquetas y linfocitos. En el sentido contrario, aumenta la cantidad de segmentados.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero parcial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT, S0008-2009-1-115403) otorgado a JMG para la realización de este trabajo.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno en relación con este artículo.

## REFERENCIAS

1. Strauss RG. Safety of donating multiple products in a single apheresis collection: are we expecting too much?. *J Clin Apher* 2003; 18: 135-140.
2. McLeod BC, Price TH, Drew MJ. Apheresis: Principles and Practice. Chapter 2: Introduction to apheresis donation including history and general principles. AABB. Bethesda, Maryland, USA 1997; p. 27-44.
3. Romero T, Hernández D, Sojo A, Jiménez A, Ospino C, Dávila Z, et al. Manual de técnicas y procedimientos en bancos de sangre. Editorial Prado. Tercera edición. México. 2010; p. 221-224.
4. Wong EC, Balogun RA. Therapeutic apheresis in pediatrics: technique adjustments, indications and nonindications, a plasma exchange focus. *J Clin Apher*. 2012; 27: 132-137.
5. Reháček V, Bláha M, Jirousová H, Cernohorská J, Papousek P. Therapeutic erythrocytapheresis in the initial treatment of hereditary hemochromatosis. *Acta Medica (Hradec Kralove)*. 2012; 55:180-185.
6. Conte D, Brunelli L, Bozzani A, Tidone L, Quatrini M, Bianchi PA. Erythrocytapheresis in idiopathic haemochromatosis. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1983; 286: 93-99.
7. Fontana S, Rados L, Schmid P, Leibundgut EO, Taleghani BM. Recruitment of platelets, white blood cells, and hematopoietic progenitor cells during high-yield plateletpheresis. *Transfusion*. 2011; 51: 2034-2043.
8. Salvin HE, Pasricha SR, Marks DC, Speedy J. Iron deficiency in blood donors: a national cross-sectional study. *Transfusion*. 2014;54:2434-2444.
9. NOM-253-SSA1-2012 Para disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos. Secretaría de Salud. México. (<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4917/salud3a/salud3a.html>). (Revisado enero de 2014)

10. Chaudhary R, Sekhar DS, Agarwal P, Shanker SJ. Quality systems in automated plateletpheresis in hospital-based blood transfusion service in north India. *J Clin Apher.* 2005; 20: 81-85.
11. Bower JD, Ackerman PG, Toto G, eds., "Evaluation of Formed Elements of Blood," in *Clinical Laboratory Methods.* St. Louis, MO, USA: The C.V. Mosby Company, 1974.
12. Das SS, Chaudhary R, Verma SK, Ojha S, Khetan D. Pre- and post-donation haematological values in healthy donors undergoing plateletpheresis with five different systems. *Blood Transfus.* 2009; 7:188-192.
13. Lewis SM, Anderson NA, Pamphilon DH. Comparability of haematological and biochemical parameters before and after apheresis of volunteer donors. *Vox Sang.* 1991; 61: 78-82.
14. Beyan C, Cetin T, Kaptan K, Nevruz O. Effect of plateletpheresis on complete blood count values using three different cell separator systems in healthy donors. *Transfus Apher Sci* 2003; 29: 45-47.
15. Lazarus EF, Browning J, Norman J, Oblitas J, Leitman SF. Sustained decreases in platelet count associated with multiple, regular plateletpheresis donations. *Transfusion.* 2001; 41: 756-761.
16. Beutler E, Waalen J. The definition of anemia: what is the lower limit of normal of the blood hemoglobin concentration? *Blood* 2006; 107: 1747-1750.
17. Mendez A, Wagli F, Schmid I, Frey BM. Frequent platelet apheresis donations in volunteer donors with haemoglobin < 125 g/L are safe and efficient. *Transfus Apher Sci* 2007; 36: 47-53.
18. González ML, Maia S, Mesquita P, Bessa M. Study of serum ferritin in donors of two red blood cells units collected by apheresis. *Transfus Apher Sci.* 2013 SII: S1473-S1475.
19. Das SS, Chaudhary R, Verma SK, Ojha S, Khetan D. Pre- and post-donation haematological values in healthy donors undergoing plateletpheresis with five different systems. *Blood Transfus.* 2009; 7: 188-192.
20. Pérez M, Roura J, Caveda O, Arévalo C, Basulto M. Plasmaféresis en el síndrome de Guillain Barre. *Archivo Médico de Camagüey.* 2004; 8: 5-9.
21. Gutiérrez J, Muñoz E, Arango C, Vásquez E, Montoya J, Villa J. Pancreatitis aguda inducida por hipertrigliceridemia y tratamiento con plasmaféresis. *Iatreia.* 2012; 25: 391-397.
22. León A, Huertas J, Hurtado J. Glomerulonefritis aguda con énfasis en compromiso rápidamente progresivo. *Colomb Med* 2011; 42: 536-548.
23. Lora C, Navarro J. Síndrome Miasténico de Eaton-lambert. *Rev Colomb Anest.* 2001; 29: 1-3.
24. Daza J, Roncallo A. Neuromielitis óptica: Estado de arte. *Salud Uninorte. Barranquilla Col* 2007; 23: 204-219.
25. Conte A, Cadoudal N, Siguret V. Síndrome de anticuerpos antifosfolípidos. *Acta Bioquím Clín Latinoam.* 2008; 42: 271-278.
26. Martínez A, Cano ME, Palacios A, Mateo P. Manejo anestésico del Síndrome de Hellp. *Rev Colomb Anest.* 2003; 31: 1-3.
27. Euler H, Schoroeder J. plasmaféresis para lupus con nefritis. *New England J Med.* 1992; 327: 1028-1030
28. Dau P. Recambio plasmático en polimiositis y dermatomiositis. *New England J Med.* 1992; 327: 1030.
29. Mellwig K, Pulawski E, Horstkotte. Lipidapheresis: oxidative stress, rheology, and vasodilatation. *Clin Res Cardiol. Suppl* 2012; 7: 45-49.
30. Mariani R, Peluchi S, Perseghin P, Corengia C, Piperno A. Erythrocytapheresis plus erythropoietin: an alternative therapy for selected patients with hemochromatosis and severe organ damage. *Hematology journal.* 2005; 90: 717-718.
31. Gutierrez C, Serra J, Hering E, Vaisman S. Policitemia neonatal y eritroferesis. *Rev Chil Pediatr.* 1988; 59: 16-20.
32. Medina M. Aféresis terapéutica, recambio plasmático terapéutico, citaféresis. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2005; 43 (supl 1): 47-52.
33. Black V, Lubchenco L, Luckey D, Koops B, Guinness G, Powell D, *et al.* Development and neurological sequelae of neonatal hyperviscosity syndrome. *Pediatrics.* 1982; 69: 426-431.