

Frecuencias de grupos sanguíneos de interés clínico en donantes y pacientes de Costa Rica

The frequency of blood groups of interest in donors and patients from Costa Rica

Isaac Quiros-Fernandez^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3974-6171>

Miguel Ángel Rodríguez-Pineda¹ <https://orcid.org/0000-0003-1261-0933>

Ana Lucía Valerín-Chaves² <https://orcid.org/0000-0002-5242-8514>

Diana Campbell-Beckles³ <https://orcid.org/0000-0003-1512-5837>

Greivin Zumbado-Salas⁴ <https://orcid.org/0000-0001-8802-774X>

¹Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

²Banco de Sangre, Hospital San Juan de Dios de Costa Rica. Costa Rica.

³Banco de Sangre, Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia de Costa Rica. Costa Rica.

⁴Banco de Sangre, Hospital México de Costa Rica. Costa Rica.

*Autor para la correspondencia: isaac.quirosfernandez@ucr.ac.cr

RESUMEN

Introducción: Los sistemas sanguíneos ABO, Rh y Kell son lo más relevantes desde el punto de vista clínico por su inmunogenicidad y ser los principales causantes de reacciones hemolíticas.

Objetivo: Determinar las frecuencias de los grupos sanguíneos ABO y Rh, y la frecuencia del antígeno Kell en pacientes y donantes de Costa Rica.

Métodos: Durante el periodo de 2009 al 2018 se obtuvo de las bases de datos de los bancos de sangre de tres hospitales de adultos de Costa Rica, las frecuencias de los grupos sanguíneos ABO, Rh y Kell en muestras de donantes y pacientes. Para contrastar las frecuencias de cada grupo sanguíneo se realizó una prueba de independencia de variables Chi cuadrado, con el 95 % de confianza. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS versión 23.

Resultados: Las frecuencias de los grupos ABO en las muestras de donantes y pacientes mostraron diferencias pequeñas pero significativas. La frecuencia del fenotipo Rh D negativo fue más alta en pacientes (8,0 %) que en donantes (6,1 %). Se estimaron las frecuencias de los antígenos C (67,8 %), c (80,5 %), E (41,4 %), e (94,4 %) y K (3,1 %) a partir de las muestras de los donantes.

Conclusiones: Las estrategias de reclutamiento de donantes de sangre aumentan la frecuencia del fenotipo Rh negativo en donantes con respecto a los pacientes. Las estadísticas recopiladas demuestran un aumento en la frecuencia del grupo O en comparación con los últimos estudios relacionados. Finalmente, los otros antígenos presentaron pocas variaciones en comparación a estudios previos.

Palabras clave: grupos sanguíneos; ABO; Rh; antígeno Kell.

ABSTRACT

Introduction: The ABO, Rh and Kell blood systems are the most relevant from the clinical point of view, due to their immunogenicity and because they are the main causes of hemolytic reactions.

Objective: To determine the frequencies of ABO and Rh blood groups, and the frequency of the Kell antigen in patients and donors from Costa Rica.

Methods: During the period from 2009 to 2018, the frequencies of ABO, Rh and Kell blood groups in donor and patient samples were obtained from the blood bank databases of three adult hospitals in Costa Rica. To contrast the frequencies of each blood group, a chi-square test of independence of variables was performed, with 95% confidence interval. The data were analyzed with the statistical package SPSS version 23.

Results: The frequencies of ABO groups in donor and patient samples showed small but significant differences. The frequency of the negative Rh D phenotype was higher in patients (8.0%) than in donors (6.1%). The frequencies of the antigens C (67.8%), c (80.5%), E (41.4%), e (94.4%), and K (3.1%) were estimated from donor samples.

Conclusions: Blood donor recruitment strategies increase the frequency of negative Rh phenotype in donors compared to patients. The statistics collected demonstrate an increase in the frequency of the O group compared to recent related studies. Finally, the other antigens did not show as much variation compared to previous studies.

Keywords: blood groups; ABO; Rh; Kell antigen.

Recibido: 05/08/2019

Aceptado: 24/12/2019

Introducción

El sistema sanguíneo ABO está definido por la presencia de diferentes oligosacáridos en glicoproteínas y glicolípidos de membrana, así como por los anticuerpos naturales contra los antígenos ABO no presentes en un determinado individuo. Las reacciones hemolíticas ocasionadas por incompatibilidades ABO son severas y agudas, con una alta mortalidad asociada, lo que convierte a este sistema sanguíneo en el más importante desde el punto de vista transfusional.⁽¹⁾

El sistema sanguíneo Rh fue descrito por primera vez en 1941 por Landsteiner y Wiener, como causante de reacciones hemolíticas en fetos y recién nacidos en mujeres Rh negativas, previamente inmunizados con eritrocitos Rh positivos.⁽²⁾ Posteriormente, se descubrió que el sistema sanguíneo Rh es altamente complejo, se ubica en dos proteínas transmembrana con alta similitud y comprende varios antígenos, dentro de los más importantes clínicamente está el D y los pares antitéticos C y c; y E y e.⁽³⁾

El sistema sanguíneo Rh se caracteriza por ser altamente inmunogénico y por causar reacciones hemolíticas de moderadas a severas. El sistema sanguíneo Kell con una inmunogenicidad similar a la del sistema sanguíneo Rh⁽⁴⁾ constituye otro sistema sanguíneo de mucha relevancia clínica, que ha estado implicado en muchas reacciones hemolíticas postransfusionales y en enfermedad hemolítica del feto y del recién nacido.⁽⁵⁾

Como parte del trabajo de rutina de un banco de sangre se realiza la determinación del grupo ABO y Rh a todos los donantes. Además, en Costa Rica se determina el fenotipo extendido para el sistema Rh (antígenos C/c y E/e) y el fenotipo del antígeno Kell, con el objetivo de facilitar la búsqueda de hemocomponentes compatibles y así minimizar el riesgo de aloinmunización en paciente politransfundidos. Por otro lado, a los pacientes con solicitud de hemocomponentes se les realiza las pruebas pretransfusionales, dentro de las cuales se realiza la determinación de grupo ABO y Rh D.⁽⁶⁾

Las frecuencias fenotípicas de los sistemas sanguíneos cambian según la región en estudio,^(7,8,9,10,11) e incluso han sido utilizadas como marcadores antropológicos para el estudio de migraciones humanas.⁽¹²⁾ Además, las frecuencias son relevantes, desde el punto de vista de los bancos de sangre, porque permiten realizar predicciones sobre el grupo

sanguíneo de los donantes así como estimar las proyecciones de uso a nivel de transfusiones de hemocomponentes.^(13,14,15)

En Costa Rica ha habido pocos estudios sobre la prevalencia de antígenos eritrocitarios de importancia clínica, además, estos estudios han tenido muestras pequeñas y en algunos casos el muestreo se realizó en regiones específicas del país, por lo que no son extrapolables a las estadísticas nacionales. Por lo tanto, es necesario un estudio actualizado a nivel nacional sobre las frecuencias de los antígenos eritrocitarios de mayor relevancia clínica.^(16,17,18,19,20,21,22,23)

A través de esta investigación, se determinarán las frecuencias de los grupos sanguíneos ABO y Rh y la frecuencia del antígeno Kell en pacientes y donantes de Costa Rica. Se pretende extraer los datos sobre frecuencias de antígenos eritrocitarios de las bases de datos de los bancos de sangre de los tres principales hospitales de adultos de Costa Rica. Estas estadísticas actualizadas son extrapolables al resto de la población del país, debido a que las zonas de influencia de estos tres hospitales cubren gran parte del territorio de Costa Rica.

Métodos

Durante el periodo 2009-2018 se obtuvo de las bases de datos de los bancos de sangre de los tres principales hospitales de adultos de Costa Rica, los datos de los grupos sanguíneos ABO, Rh y Kell en muestras de donantes y pacientes. Estas pruebas fueron realizadas como parte del trabajo de rutina de cada laboratorio. Además del resultado de las pruebas de laboratorio, los datos no contenían información personal ni de los donantes ni de los pacientes. Esta información se extrajo de la base de datos del sistema de información E-delphyn.

Se extrajeron los datos de grupo ABO, fenotipo Rh extendido y fenotipo Kell de los donantes recibidos en los siguientes periodos: Hospital México, 1 de enero de 2009 - 30 de septiembre de 2018; Hospital San Juan de Dios, 1 de enero de 2009 - 31 de agosto de 2018; Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia, 1 de enero de 2009 - 31 de diciembre de 2018.

Además, se extrajeron los datos de grupo ABO y antígeno Rh D para pacientes con solicitud de hemocomponentes recibidos en los siguientes periodos: Hospital México, 1 de enero de 2009 - 21 de diciembre de 2017; Hospital San Juan de Dios, 1 de enero de 2010 - 31 de diciembre de 2018; Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia, 1 de enero de 2009 - 31 de diciembre de 2018.

Para contrastar las frecuencias de cada grupo sanguíneo se realizó una prueba de independencia de variables chi cuadrado, usando un error permitido α de 0,05 (95 % de confianza). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS versión 23.

Resultados

Frecuencias de los grupos ABO y Rh en donantes

En los registros de los tres bancos de sangre consultados se observó una distribución similar en cuanto a la frecuencia de los grupos ABO y el antígeno D del sistema Rh en donantes de sangre. El análisis de independencia de variables hi cuadrado determinó que únicamente las frecuencias de los grupos A ($p= 0,062$) y AB ($p= 0,190$) no difieren estadísticamente ($\alpha= 0,05$) entre los tres bancos de sangre (Tabla 1).

Tabla 1 - Frecuencia de los grupos sanguíneos ABO y Rh D en donantes de sangre

Grupo ABO y Rh D		Hospitales			Total
		San Juan de Dios	México	Calderón Guardia	
A	Recuento absoluto	16 810	12 419	9530	38 759
	% dentro de hospital	27,8	27,8	28,5	28,0
B	Recuento absoluto	7 021	5 586	4 057	16 664
	% dentro de hospital	11,6	12,5	12,1	12,0
O	Recuento absoluto	34 781	25 339	18 822	78 942
	% dentro de hospital	57,6	56,8	56,3	56,9
AB	Recuento absoluto	1 761	1 265	1 022	4 048
	% dentro de hospital	2,9	2,8	3,1	2,9
Rh negativo	Recuento absoluto	4 811	3 684	2 531	11 026
	% dentro de hospital	8,0	8,3	7,6	8,0
Rh positivo	Recuento absoluto	55 562	40 925	30 900	127 387
	% dentro de hospital	92,0	91,7	92,4	92,0
Total	Recuento absoluto	60 373	44 609	33 431	138 413
	% dentro de hospital	100,0	100,0	100,0	100,0

Frecuencias de los grupos ABO y Rh en pacientes

A pesar de seguir distribuciones similares entre los tres bancos de sangre las frecuencias de los grupos ABO y Rh en pacientes con reservas de hemocomponentes, la prueba de independencia de variables Chi cuadrado determinó que las frecuencias de cada uno de los grupos ABO y del antígeno D del sistema Rh son dependientes del hospital ($p < 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2 - Frecuencia de los grupos sanguíneos ABO y Rh D en pacientes con solicitud de hemocomponentes

Grupo ABO y Rh D		Hospitales			Total
		San Juan de Dios	México	Calderón Guardia	
A	Recuento absoluto	47 743	43 222	18 754	109 719
	% dentro de hospital	27,8	29,8	30,7	29,0
B	Recuento absoluto	20 742	18 187	7 590	46 519
	% dentro de hospital	12,1	12,5	12,4	12,3
O	Recuento absoluto	98 899	80 738	33 589	213 226
	% dentro de hospital	57,5	55,7	55,0	56,4
AB	Recuento absoluto	4 647	2 785	1 175	8 607
	% dentro de hospital	2,7	1,9	1,9	2,3
Rh negativo	Recuento absoluto	9 315	9 600	4 091	23 006
	% dentro de hospital	5,4	6,6	6,7	6,1
Rh positivo	Recuento absoluto	162 716	135 332	57 017	355 065
	% dentro de hospital	94,6	93,4	93,3	93,9
Total	Recuento absoluto	172 031	144 932	61 108	378 071
	% dentro de hospital	100,0	100,0	100,0	100,0

Frecuencias de los grupos ABO y Rh D en donantes y pacientes

La frecuencia de individuos Rh positivos es significativamente mayor en la muestra de pacientes que en la muestra de donantes. El grupo ABO sigue una distribución similar en estas dos muestras de individuos.

La prueba de independencia de variables Chi cuadrado determinó que las frecuencias de cada uno de los grupos ABO y del antígeno D del sistema Rh son diferentes en estas dos muestras ($p < 0,05$). En el caso del sistema sanguíneo ABO, la distribución fue similar en

ambas muestras (Tabla 3). En cuanto al antígeno Rh D, el fenotipo Rh negativo fue más frecuente en la población de donantes de sangre (8,0 %) con respecto a los pacientes (6,1 %), lo cual era más probable por el alto reclutamiento de donantes Rh negativos (Tabla 3).

Tabla 3 - Comparación entre las frecuencias de los grupos ABO y Rh D en la muestra total de donantes y pacientes

Grupo ABO y Rh D		Origen de la muestra	
		Donantes	Pacientes
A	Recuento absoluto	38 759	109 719
	% dentro del origen de la muestra	28,0	29,0
B	Recuento absoluto	16 664	46 519
	% dentro del origen de la muestra	12,0	12,3
O	Recuento absoluto	78 942	213 226
	% dentro del origen de la muestra	57,0	56,4
AB	Recuento absoluto	4 048	8 607
	% dentro del origen de la muestra	2,9	2,3
Rh Negativo	Recuento absoluto	11 026	23 006
	% dentro del origen de la muestra	8,0	6,1
Rh Positivo	Recuento absoluto	127 387	355 065
	% dentro del origen de la muestra	92,0	93,9
Total	Recuento absoluto	138 413	378 071
	% dentro del origen de la muestra	100,0	100,0

Frecuencias de los antígenos C, c, E, e y K en donantes de sangre

La comparación de la frecuencia de los antígenos analizados siguen una distribución similar en los tres principales bancos de sangre de Costa Rica. Por la naturaleza de la base de datos de los bancos de sangre consultados, no fue posible recuperar los datos sobre la frecuencia de fenotipos extendidos de Rh para cada donante, sino que se extrajo únicamente el dato individual para cada antígeno. La comparación estadística de las frecuencias para cada antígeno determinó que solamente la frecuencia del antígeno e no difiere significativamente entre los tres bancos de sangre ($p= 0,296$) (Tabla 4).

Tabla 4 - Comparación entre las frecuencias de los antígenos C, c, E, e y K en los donantes de sangre

Antígenos eritrocitarios		Hospitales			Total n= 148 580
		San Juan de Dios n= 58 848	México n= 49 071	Calderón Guardia n= 40 661	
C	Pruebas positivas	40 299	27 526	32 907	100 732
	% positivos	68,5	67,1	67,7	67,8
c	Pruebas positivas	47 074	32 710	39 812	119 596
	% positivos	80,0	81,1	80,4	80,5
E	Pruebas positivas	23 916	16 892	20 759	61 567
	% positivos	40,6	42,3	41,5	41,4
e	Pruebas positivas	55 622	38 402	46 266	140 290
	% positivos	94,5	94,3	94,4	94,4
K	Pruebas positivas	1 536	1 230	1 844	4 610
	% positivos	2,6	3,8	3,0	3,1

A pesar de los resultados de la prueba estadística, las frecuencias de estos antígenos son similares, presentan coeficientes de variación menores al 2 %, excepto el antígeno K que presenta un coeficiente de variación cercano al 20 % (Tabla 4).

Discusión

Como se observó en el estudio, los grupos ABO y Rh D siguen una distribución similar en las muestras de los tres bancos de sangre consultados. No obstante, solo las diferencias observadas en las frecuencias de los grupos A y AB en las tres muestras, no fueron estadísticamente significativas. Esto probablemente obedece a las diferentes estrategias de reclutamiento de donantes de sangre de cada banco de sangre.

El reclutamiento de donantes siempre deberá ir en función de las necesidades de una unidad transfusional, tanto en número de transfusiones como de los grupos que más o menos se necesite en un periodo. Por lo tanto, las necesidades específicas de un banco de sangre en un momento determinado, definirán las prioridades de reclutamiento de donantes en cuanto a grupo ABO y Rh D.⁽²⁴⁾

Debido a que las frecuencias de los grupos ABO y Rh D en donantes va a depender del reclutamiento y de la concepción pública de la sangre de grupo O y de Rh negativa, que es

más valiosa que la sangre de otros grupos, era de esperar que la muestra de este estudio esté enriquecida de donantes de estos grupos y que no refleje exactamente la frecuencia de la población del país.

Debido a lo anterior, se debe tomar como supuesto que tanto el requerir una transfusión de un hemocomponente como el grupo ABO y Rh D de una persona son variables independientes, por lo que estas frecuencias representarán en mejor medida las frecuencias nacionales.

En el caso de los pacientes, las frecuencias variaron más entre las tres muestras al compararlas con los donantes. Esto se observó pues todos los grupos ABO y Rh D de pacientes mostraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los datos provenientes de los tres hospitales. Estas diferencias eran de esperar en las muestras de pacientes, porque cada centro hospitalario tiene una zona de atracción de pacientes diferente, que abarca zonas más alejadas y con variaciones fenotípicas para cada región.

El estudio más reciente sobre las frecuencias ABO y Rh D en Costa Rica es del 2001,⁽²³⁾ en este se estudió una muestra de 2185 individuos de diferentes regiones del país. A continuación, se contrastan los resultados de los estudios publicados hasta la fecha en Costa Rica sobre la frecuencia de grupos ABO y Rh D y otros antígenos en estudio.

Al comprar los resultados con los donantes y los pacientes en cuanto a su grupo ABO y Rh D, es interesante señalar que a pesar de presentar cambios significativos ($p < 0,05$), las distribuciones entre ambas muestras son similares. Se observa una mayor frecuencia de individuos grupo O en los donantes que en los pacientes, debido al reclutamiento orientado en muchos casos a personas de este grupo. No obstante, a pesar de mostrar una mayor frecuencia, el incremento fue de tan solo del 1 % en la muestra de donantes.

En cuanto a la comparación de frecuencias del antígeno Rh D en pacientes y donantes, esta sí mostró un cambio considerable. En la muestra de donantes la frecuencia de individuos Rh negativos fue aproximadamente un 30 % mayor (8,1 % en donantes y 6,0 % en pacientes). Es posible que estos cambios se deban a las estrategias de reclutamiento de donantes de sangre, las cuales están enfocadas en atraer personas Rh negativas.

Por otro lado, de todos los antígenos (C, c, E, e y K) estudiados, solo el e no presentó variaciones significativas en cuanto a su frecuencia en los tres bancos de sangre ($p = 0,296$), mientras que todos los demás sí presentaron variaciones estadísticamente significativas, aunque siguen distribuciones similares. El antígeno Kell fue el que presentó mayor variación en cuanto a su frecuencia en los tres hospitales, esto pudo deberse a la práctica no generalizada de diferir a donantes por su condición de Kell positivos, con el objetivo de

prevenir a la inmunización con este antígeno eritrocitario. No hay muchos estudios publicados sobre las frecuencias de estos antígenos eritrocitarios en Costa Rica.^(17,18,19,20,21,22,23) Al comparar los resultados se observan distribuciones similares a las encontradas en esta investigación (cuadro).

Cuadro - Frecuencias de los grupos sanguíneos en estudio, reportadas por publicaciones anteriores

Antígeno (%)	Publicaciones anteriores									Quirós-Fernández y otros (estudio actual)
	(17)	(22)	(16)	(19)	(18)	(23)	(21)	(23)	(20)	
A	31.1	31.2	30.4	33.0	33.0	32.4	---	---	---	29.0
B	13.2	13.0	13.3	10.7	13.1	12.2	---	---	---	12.3
AB	3.1	3.0	3.2	2.9	3.3	2.6	---	---	---	2.3
O	52.4	52.8	53.1	53.4	50.8	52.8	---	---	---	56.4
Rh negativo	---	6.5	6.3	---	6.4	5.7	5.2	---	---	6.1
Rh positivo	---	93.5	93.7	---	93.6	94.3	94.8	---	---	93.9
C	---	---	---	---	---	---	66.8	68.1	---	67.8
c	---	---	---	---	---	---	80.2	80.4	---	80.5
E	---	---	---	---	---	---	43.6	41.5	---	41.4
e	---	---	---	---	---	---	94.5	93.8	---	94.4
K	---	---	---	---	---	---	---	3.3	3.3	3.1
n	30 699	3 500	43 844	1 177	6 700	2 185	1 148	2 173	1 257	148 580

Las prevalencias de los grupos ABO y Rh de una población son datos de mucha relevancia para las labores de un banco de sangre. El manejo del inventario debe realizarse en función de esta información, y los diversos abordajes para sistematizar y optimizar el control de inventario se basan en esta información.^(13,14,15) Por lo cual esta publicación representa un primer acercamiento para elaborar una guía nacional de manejo de inventarios.

El presente trabajo se encuentra limitado por el tipo de muestreo realizado. En el caso de los donantes, el reclutamiento va a depender del grupo sanguíneo de la persona, lo cual quita completamente la validez estadística al muestreo. En el caso de los pacientes existe un buen muestreo, pero la base de datos contabiliza cada muestra como un paciente diferente, por lo que el dato de una sola persona puede aparecer en varias ocasiones en la base de datos (esto

no sucede con los registros de los donantes); sin embargo, este error es minimizado por el tamaño grande de las muestras.

A través del presente trabajo, se demostró que las estrategias de reclutamiento de donantes de sangre aumentan la frecuencia del fenotipo Rh negativo en donantes con respecto a los pacientes. Las estadísticas recopiladas demuestran un aumento en la frecuencia del grupo O en comparación con los últimos estudios relacionados. Finalmente, los antígenos estudiados presentaron pocas variaciones en comparación a estudios previos, principalmente estas se observaron en las estadísticas del sistema ABO.

Referencias bibliográficas

1. Yamamoto F. Evolutionary divergence of the ABO and GBGT1 genes specifying the ABO and FORS blood group systems through chromosomal rearrangements. *Sci Rep.* 2017;7(1):9375.
2. Westhoff CM. The Structure and Function of the Rh antigen Complex. *Semin Hematol.* 2007;44(1):42-50.
3. Avent ND, Reid ME. The Rh blood group system: a review. *Blood.* 2000; 95(2):375-387.
4. Stack G, Tormey CA. Estimating the immunogenicity of blood group antigens: a modified calculation that corrects for transfusion exposures. *British Journal of Haematology.* 2016;175(1):154-160.
5. Evers D, Middelburg RA, de Haas M, Zalpuri S, de Vooght KM, van de Kerkhof D, et al. Red-blood-cell alloimmunisation in relation to antigens' exposure and their immunogenicity: a cohort study. *Lancet Haematol.* 2016;3(6):284-292.
6. Yazer MH, Delaney M. Pretransfusion Testing and the Selection of Red Cell Products for Transfusion. In Murphy MF, Roberts DJ, Yazer MH. *Practical Transfusion Medicine.* New Jersey: John Wiley & Sons; 2017. p. 58-68.
7. Costa D, Schinaider A, Santos T, Schörner E, Simon D, Maluf S, et al. Frequencies of polymorphisms of the Rh, Kell, Kidd, Duffy and Diego systems of Santa Catarina, Southern Brazil. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2016;38(3):199-205.
8. Kumar S, Modak P, Ali S, Barpanda S, Gusain V, Roy R. A retrospective study: ABO and Rh phenotype blood group distribution among blood donors in H.N.B. Base Hospital, Srinagar, Uttarakhand, India. *J Family Med Prim Care.* 2018;7(1):34-8.

9. Faduyile FA, Ojewale AO, Osuolale FI. Frequency of ABO and Rhesus blood groups among blood donors in Lagos, Nigeria. *Int J Med Biomed Res.* 2016;5(3):114-21.
10. Jahanpour O, Pyuza J, Ntiyakunze E, Mremi A, Shao E. BO and Rhesus blood group distribution and frequency among blood donors at Kilimanjaro Christian Medical Center, Moshi, Tanzania. *BMC Res Notes.* 2017;10(1):738.
11. Vásquez M, Castillo D, Pavez Y, Maldonado M, Mena A. Frecuencia de antígenos del sistema sanguíneo Rh y del sistema Kell en donantes de sangre, Maule – Chile. *Rev Cub Hematol Inmunol Hemoter.* 2015;31(2).
12. Petit F, Minnai F, Chiaroni J, Underhill PA, Bailly P, Mazières S, et al. The radial expansion of the Diego blood group system polymorphisms in Asia: mark of co-migration with the Mongol conquests. *Eur J Hum Genet.* 2019;27(1):125-32.
13. Simonetti A, Forshee R, Anderson S, Walderhaug M. A stock-and-flow simulation model of the US blood supply. *Transfusion.* 2014;54(3):828-38.
14. Lowalekar H, Ravichandran N. Inventory Management in Blood Banks. In Murty KG. *Case Studies in Operations Research.* New York: Springer; 2015. p. 431-464.
15. Arboleda J. Modelos matemáticos y estocásticos para control del inventario en bancos de sangre: revisión de la literatura. *Inventum.* 2017;12(22):53-65.
16. Brenes R. Incidencia de grupos sanguíneos y factor Rh en Costa Rica. *Acta Méd Costarric.* 1978; 21:289-293.
17. Echandi G. Grupos sanguíneos en Costa Rica. *Rev Biol Trop.* 1953;1(1):15-6.
18. Echandi L, Valverde G. Distribución de Grupos Sanguíneos del Sistema ABO según Grupos de Edades y del Sistema Rho. *Rev Méd de Costa Rica.* 1992; 520:105-108.
19. Marín R. Distribución de fenotipos y genotipos del sistema ABO en la población de Costa Rica. *Rev Cost Cienc Méd.* 1986;6:55-8.
20. Marín R, León R. Distribución de los fenotipos y genotipos del sistema Kell en la población de Costa Rica. *Rev Cost Cienc Méd.* 1999;20:1-2.
21. Marín R, Solano E, Espinoza M. Distribución de Fenotipo y Genotipos del Sistema Rh-Hr de la población de Costa Rica. *Rev Cost Cienc Méd.* 1986;7:59-63.
22. Monge R. Incompatibilidades materno-fetales en los sistemas ABO y Rh-Hr. *Rev Méd de Costa Rica.* 1964;363:317-26.
23. Morera B, Barrantes R, Marín R. Análisis de varios marcadores genéticos clásicos en la población de Costa Rica. *Rev Biol Trop.* 2001;49(3):1237-52.
24. McCullough J. Recruitment of Blood Donors. In McCullough J. *Transfusion Medicine.* West Sussex: John Wiley & Sons; 2017. p. 28-40.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

- Isaac Quirós-Fernández: Coordinación del proyecto. Recopilación de los datos de todos los hospitales. Escritura, revisión y corrección del artículo, y aprobación de la versión final que va a publicarse.
- Miguel Ángel Rodríguez Pineda: Escritura del artículo. Revisión y corrección del artículo. Aprobación de la versión final que va a publicarse.
- Ana Lucía Valerín Chaves: Extracción y procesamiento de los datos del Hospital San Juan de Dios. Revisión y corrección del artículo. Aprobación de la versión final que va a publicarse.
- Diana Campbell Beckles: Extracción y procesamiento de los datos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia. Aprobación de la versión final que va a publicarse.
- Greivin Zumbado Salas: Idea original del proyecto. Extracción y procesamiento de los datos del Hospital México. Revisión y corrección del artículo. Aprobación de la versión final que va a publicarse.