

Caracterización del comportamiento de la demanda de componentes sanguíneos en un hemocentro del Valle del Cauca

Characterization of demand behaviour for blood components in a hemocenter in Valle del Cauca

DOI: <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.22.5027>

Jairo Arboleda Zúñiga*
Bryan Salcedo Moncada**
Marilyn Ramírez Fernández***

Resumen

El presente artículo muestra los resultados del comportamiento de la demanda de los componentes sanguíneos en el banco de sangre de un centro hospitalario del Valle del Cauca; este análisis permitirá, en un estudio posterior, servir de base para la planeación y control de la cadena de suministro de sangre en toda la región del Valle del Cauca. En esta primera fase, se tuvo en cuenta la caracterización del comportamiento de la demanda de los glóbulos rojos, que se estimó a través de la recolección de datos de demanda en una entidad prestadora de servicios de salud; a través de pruebas de bondad de ajuste, se identificó que la demanda no se adapta a ningún tipo de distribución de probabilidad, por lo tanto, se acudió a la simulación discreta a través de distribuciones empíricas para elaborar los pronósticos más adecuados para cada tipo de grupo sanguíneo. Se concluyó que el hemocentro debería realizar pedidos cada dos semanas de la siguiente manera: para el tipo de sangre A-: 2 unidades, A+: 43 unidades, AB-: 1 sola unidad, AB+: 2 unidades, para B-: 1 unidad, B+: 8 unidades, O-: 4 unidades y para O+: 45 unidades de sangre.

Palabras clave: demanda aleatoria, oferta, factor Rh, hemocentro.

Abstract

This article shows the results of demand behavior for blood components in the blood bank of a hospital in Valle del Cauca; this analysis will allow a subsequent study to provide the basis for the planning and control of the entire blood supply throughout the region of Valle del Cauca. In this first stage, characterization of the behavior of the red blood cells demand was done, which was estimated through the recollection of data from a lender of health services demand. That demand is not suited to any type of probability distribution identified through tests of goodness of fit, which attended the discrete simulation through empirical distributions to develop forecasts most suitable for each type of blood group. The conclusion is the hemocenter should place orders every two weeks: for blood a-: 2 units, a+: 43 type units, ab-: 1 single unit, AB+: 2 units, B-: 1 unit, B+: 8 units, O-: 4 units and O+: 45 units of blood.

Keywords: random demand, supply, Rh factor, hemocenter.

¹ Artículo de investigación resultado del proyecto "Caracterización del comportamiento de la demanda de componentes sanguíneos en un hemocentro del Valle del Cauca".

FECHA RECIBIDO: 17/febrero/2018. FECHA ACEPTADO: 20/abril/2018

* Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Palmira. jairo.arboleda@upb.edu.co

** Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Palmira. bryan.salcedo@upb.edu.co

*** Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Palmira. marilin.ramirez@upb.edu.co

Como citar: Arboleda Zúñiga, J., Salcedo Moncada, B., & Ramírez Fernández, M. (2018). *Caracterización del comportamiento de la demanda de componentes sanguíneos en un hemocentro del Valle del Cauca*. *Dictamen Libre*, 1(22). <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.22.5027>

Introducción

En la actualidad, Colombia es uno de los países en el continente que tiene un porcentaje de donantes de sangre superior al promedio, con 61 % de donantes voluntarios. Según la organización Panamericana de Salud (OPS) y los datos suministrados en la política nacional de sangre del Ministerio de Salud, el promedio nacional de disponibilidad de sangre es de 12,0 unidades por cada 1000 habitantes y es superior únicamente en las seccionales de Bogotá (23,7), Antioquia (15,4), Tolima (23,2) Atlántico (13,4) (Ministerio de la Protección Social, 2006)

. En contraste con lo anterior, existe un panorama crítico en los bancos de sangre de la región vallecaucana: La Cruz Roja, la Fundación Valle del Lili y demás hemocentros del Valle del Cauca se encuentran en un alto desabastecimiento de unidades de sangre. En el hemocentro de la Cruz Roja se capta aproximadamente el 35 % de unidades de sangre diarias que se debería recoger, incidiendo especialmente en la falta de dos tipos de grupos sanguíneos, el O- y A+. Por consiguiente, las reservas de los hemocentros se están destinando para la atención de emergencias, retrasando la programación de cirugías en varias clínicas de la ciudad (El País, 2015).

La escasez de unidades de sangre proviene, en buena parte, de la baja participación ciudadana en la donación y del comportamiento aleatorio de la demanda; a su vez, se trata de un producto perecedero, es decir, de vida limitada, donde los tiempos de conservación de hemoderivados estipulados según la Red Nacional de Sangre son los siguientes: plaquetas, 7 días; plasma fresco, 2 años, congelado a -35 °C; glóbulos rojos, 35 días, aunque existe un método de congelamiento de glóbulos rojos, de un costo elevado y no se utiliza en ningún banco de sangre de Colombia (Navarro y Corrales, 2011). Todos estos factores llevan a los centros hospitalarios de la región a una complicada labor en la planeación, manejo y control del inventario de unidades de sangre.

Se sabe que el banco de sangre de un centro hospitalario opera como una localidad de inventarios (Ballou, 2004), en donde se almacenan y se transfieren las unidades indicadas de sangre para los requerimientos de transfusión. Este inventario depende, entre otros factores, del número de donantes que concurran, de la vida útil de los componentes sanguíneos y del comportamiento de la demanda; por estas razones, el desarrollo previo de modelos para productos perecederos puede servir como referente, pero no puede ser usado para obtener respuestas exactas debido al alto grado de variabilidad de los factores mencionados.

La sangre, vista como un producto perecedero, se diferencia de otros productos habituales en un inventario por la existencia de un subinventario de unidades cruzadas que se mantienen reservadas para pacientes concretos durante un período de tiempo a la espera de una transfusión: si esto no ocurre, esas unidades son devueltas al inventario general. Según la gestión del inventario de sangre es el equilibrio entre la escasez y el desperdicio; por lo tanto, el desafío consiste en mantener un stock suficiente para asegurar un 100 % del suministro de sangre mientras se minimizan las pérdidas por caducidad (Arboleda, 2013).

Para entender el tipo de producto que se va a trabajar en este proyecto, la investigación de Grispan (1983) plantea cómo se clasifican los ocho tipos de sangre. El sistema ABO, el primer grupo sanguíneo descubierto por Landsteiner en 1900, clasifica los glóbulos rojos en A, B y O, de acuerdo a la presencia o ausencia de antígenos reactivos en la superficie de los glóbulos rojos.

A, contiene el antígeno A.

B, incluye el antígeno B.

AB, contiene ambos antígenos.

O (cero), no tiene antígenos.

En 1940 se descubrieron los factores Rhesus o Rh, otro grupo de antígenos. Las personas con estos factores en su sangre se clasifican como Rh positivas, mientras que aquellas sin los factores se clasifican Rh negativas. Las personas Rh negativas forman anticuerpos contra el factor Rh, si están expuestas a sangre Rh positiva.

Teniendo en cuenta estos dos tipos de clasificación, el centro de salud debe asegurarse de brindar a los pacientes el tipo de sangre compatible. Para ello, es necesario tener un estimado de cómo la población colombiana presenta su tipo de sangre.

Según el Ministerio de Protección Social (2006), actual Ministerio de Salud, se estima que en Colombia el 60 % de la población nacional pertenece al grupo sanguíneo O (O+ 56 % y O- 4%), 25 % al grupo A (A+ 23.5 % y A- 1.5 %), 10 % al grupo B (B+ 9 % y B- 1 %) y 5 % al grupo AB (AB+ 4.5 % y AB- 0.5 %).

Con base en estos datos, los bancos regionales de sangre intentan mantener inventarios de todos los tipos de sangre para poder satisfacer la demanda variable diaria sin incurrir en una excesiva caducidad que lleve a su pérdida.

Debido a que la sangre es de naturaleza perecedera, los bancos de sangre se encuentran con que la administración de los inventarios de sangre es un problema porque se trabaja con altos estándares de cumplimiento. En el centro hospitalario de referencia en la ciudad de Palmira no escapan a esa situación: hay ocasiones en las que se tienen excesos de unidades de sangre, ya que no son demandadas y se ven agotadas aquellas de las que los pacientes necesitan. Por ello, es de vital importancia tener un conocimiento de los patrones de demanda de cada uno de los ocho tipos de sangre.

Después de recolectar los datos de demanda de los ítems de inventarios (Vidal, 2010), se determinaron los diferentes tipos de patrones, lo que permitirá identificar los dos tipos clásicos de modelos de inventarios de los componentes sanguíneos: los modelos matemáticos o determinísticos (demanda regular) y los modelos aleatorios o probabilísticos (demanda irregular) (Taha, 2004). La aplicación del modelo adecuado dependerá del comportamiento de la demanda de cada tipo de sangre.

Algunos científicos desarrollaron fórmulas matemáticas y modelos computarizados, tomando como base el coeficiente de variación de la demanda (CVD) para calcular el número óptimo de unidades de sangre que conforman el inventario para un centro hospitalario, el Hospital de Barcelona, en España. Este modelo permitió controlar el vencimiento de sangre, prevenir la escasez en situaciones de demanda urgente y definir como horizonte confiable de pedidos cada 15 días (Pereira, 2005).

En el Instituto Superior de Medicina Militar Dr. Luis Díaz Soto de La Habana, se ensayó un modelo de estimado con el objetivo de calcular el inventario mínimo de glóbulos y plasmas, y así cubrir las necesidades diarias de todas las áreas clínicas y quirúrgicas. El modelo propuesto resultó útil para evitar vencimientos y para aumentar la eficiencia, porque permite disminuir los envíos regulares y de emergencia desde los centros abastecedores. El inventario mínimo de glóbulos calculado para un día sería de 11 unidades de A+, 5 de B+, 2 de AB+, 13 de O+, 3 unidades de A-, 2 de B- y 3 de O- (Fano y Longres, 1998).

La pregunta que este proyecto busca responder entonces, es la siguiente: ¿cómo se puede caracterizar el comportamiento de los patrones de demanda de los diversos componentes sanguíneos que permiten establecer pronósticos de demanda acertados, que sirvan de base para la planeación de la cadena de

suministro, contribuyendo a la administración del inventario de sangre de los centros hospitalarios del Valle del Cauca, garantizando un apropiado nivel de servicio a un costo adecuado?

Para dar una mejor respuesta, se trabajó también con modelos aleatorios. Se tomó en cuenta la investigación realizada en un banco de sangre de Alemania, donde la Programación Dinámica de Markov (MDP), combinada con simulación, demostró que se pueden definir reglas de reposición para mejorar el servicio, disminuyendo la dimensión y aplicando el análisis combinado. Estas reglas lograron mostrar resultados cercanos al óptimo y, a través de un análisis de sensibilidad, se pudieron controlar los agotados y los costos de producción para la administración del inventario de plaquetas (Katsaliaki y Mustafee, 2011).

Materiales y métodos

La presente investigación es de carácter experimental. Corresponde a un estudio exploratorio donde, a partir del comportamiento histórico de la demanda de los tipos de sangre dentro de un hemocentro, se pretende elaborar el pronóstico más adecuado para cada grupo sanguíneo, reforzando la toma de decisiones referentes a la administración del sistema y garantizando un nivel adecuado de servicio en el banco de sangre.

Para el presente estudio se desarrollaron las siguientes actividades:

Realizar visitas al hemocentro del centro hospitalario de referencia para la toma de datos de la demanda diaria de los componentes sanguíneos y la observación del sistema de captación, conservación y almacenamiento de sangre.

Analizar mediante herramientas gráficas y estadísticas, como el Coeficiente de Variación de la Demanda, CVD , el tipo de comportamiento y patrón de la demanda para los diferentes tipos de sangre.

Establecer el tipo distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la demanda de cada tipo de sangre, mediante Stat-Fit (aplicativo para pruebas de bondad de ajuste del software Promodel) y el software MiniTab.

Generar el modelo de pronóstico más adecuado a partir de la caracterización de los patrones de demanda de cada componente sanguíneo para los siguientes 15 días.

Realizar pruebas de simulación discreta para la demanda de los componentes sanguíneos para horizonte de tiempo de 15 días.

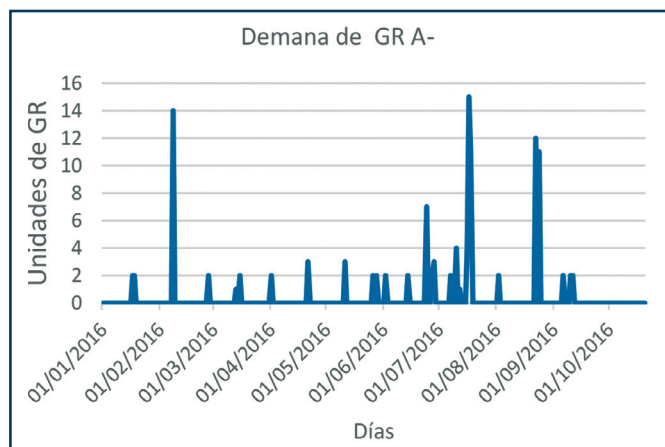
Cabe resaltar que el análisis de la demanda de componentes sanguíneos se realizó de forma diaria, tomando 294 muestras desde enero de 2016 hasta octubre del mismo año para todos los grupos, excepto B- y AB- para los que se realizó un muestreo de 384 días, debido a su poca variabilidad en el tiempo.

Resultados

Los diferentes grupos sanguíneos muestran un comportamiento errático debido a que poseen coeficientes de variación de la demanda muy altos que van de 200 % a 1000 %. Sin embargo, estos coeficientes presentan alta variabilidad para algunos casos. Inicialmente, para el tipo de sangre A- existe una demanda máxima de 15 unidades con un promedio de 1 unidad diaria, lo cual refleja que este tipo de sangre es

poco demandado, con un coeficiente de variación de 439 % que demuestra su comportamiento errático (figura 1).

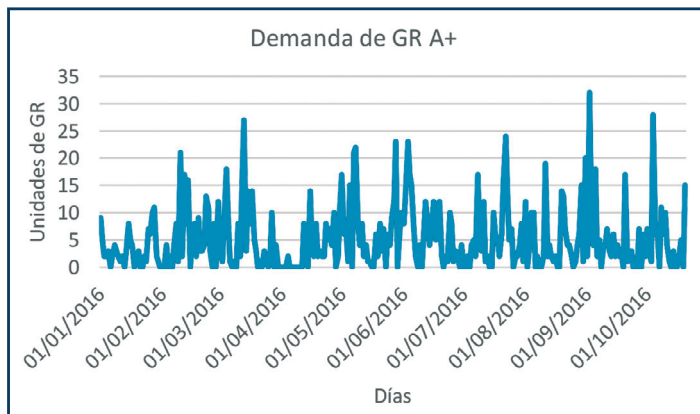
Figura 1. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre A-.



Fuente: elaboración propia.

Lo mismo sucede con el tipo de sangre A+ que, a diferencia del anterior, presenta una mayor variabilidad, para la cual se tiene una demanda máxima de 32 unidades, con un promedio diario demandado de 5 unidades, con un total de 119 unidades durante los 294 días analizados (figura 2).

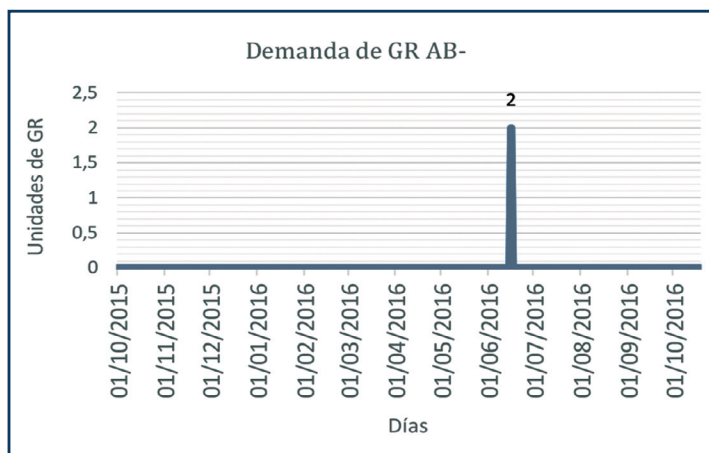
Figura 2. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre A+.



Fuente: elaboración propia.

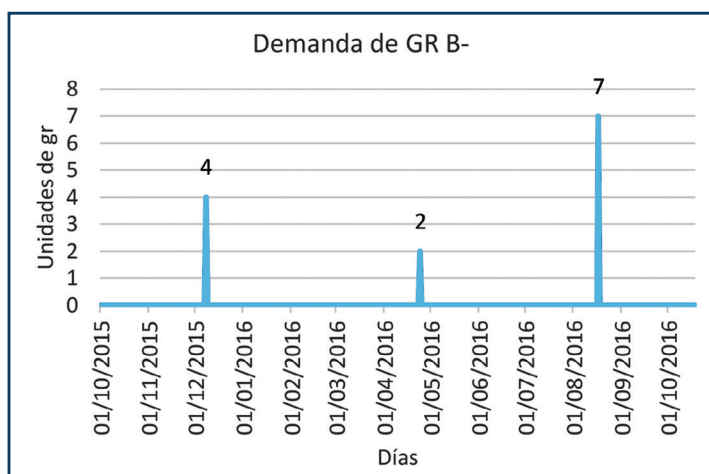
En el caso de los grupos sanguíneos AB- y B- no hay una variabilidad alta en su demanda, puesto que las unidades requeridas diariamente son de 2 y 15, respectivamente; por tanto, su coeficiente de variación de la demanda oscila entre 1959 % y 1249 %, poniendo en evidencia su comportamiento errático (figuras 3 y 4).

Figura 3. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre AB-.



Fuente: elaboración propia.

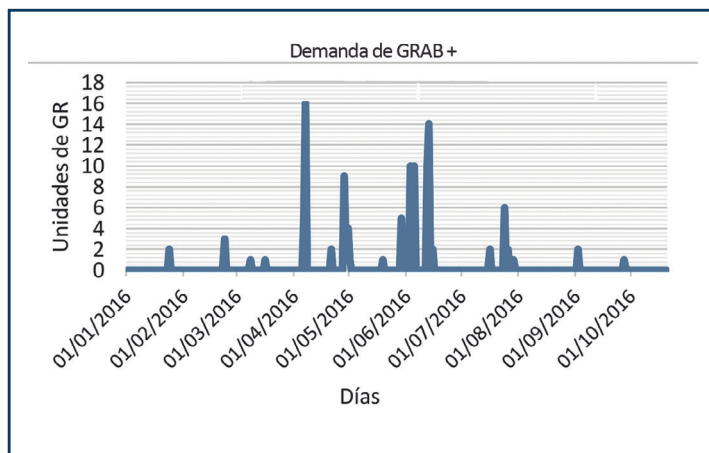
Figura 4. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre B-.



Fuente: elaboración propia.

Para el grupo sanguíneo AB+ la demanda máxima diaria es de 16 unidades para un total de 112 unidades analizadas en 294 días, con un coeficiente de variación de 469 % (figura 5).

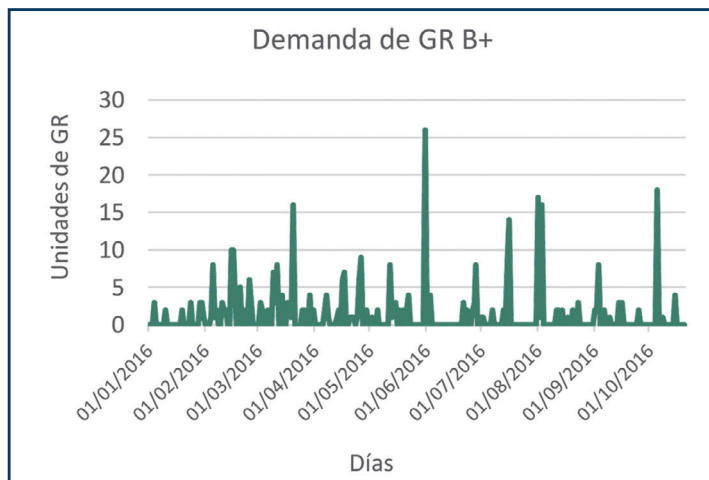
Figura 5. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre AB+.



Fuente: elaboración propia.

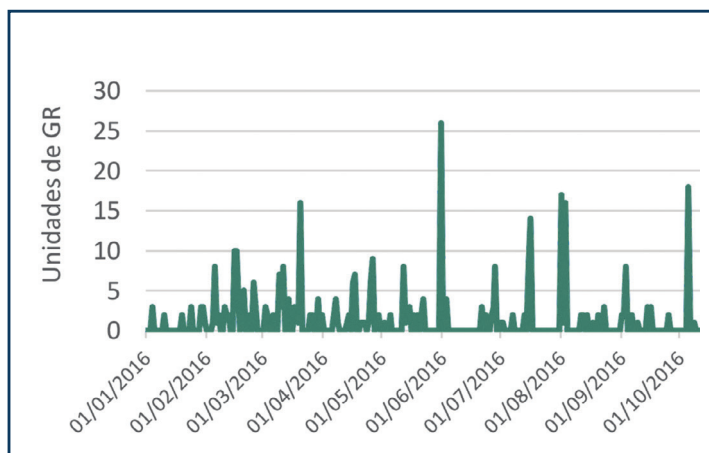
El tipo de sangre B+ muestra una mayor variabilidad, debido a que presenta una demanda anual de 382 unidades con una demanda máxima diaria de 26 unidades y un coeficiente de variación del 238 % (ver Figura 6). Por otro lado, para el grupo sanguíneo O- existe una demanda máxima de 12 unidades con un promedio diario de 1 unidad (figura 7).

Figura 6. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre B+.



Fuente: elaboración propia.

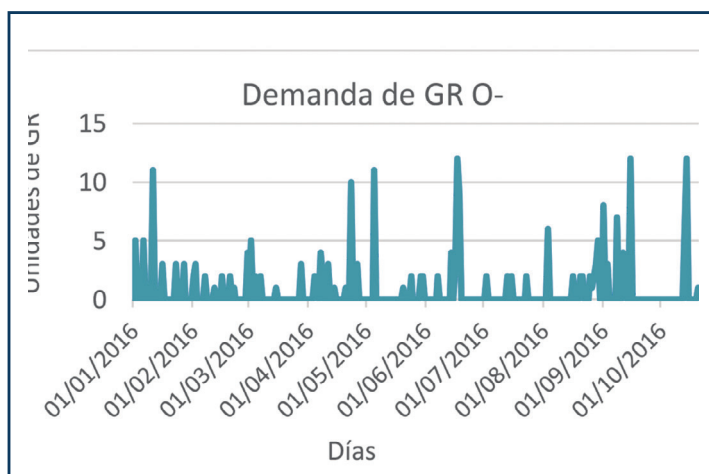
Figura 7. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre O-.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se encuentra que el grupo sanguíneo O+, corresponde al (56%) de la muestra utilizada. Existe una demanda máxima diaria de 63 unidades para lo que se requieren, en promedio, 10 unidades diarias. Aun así, su comportamiento es errático al ser analizado mediante herramientas de Excel (figura 8).

Figura 8. Comportamiento de la demanda de glóbulos rojos del tipo de sangre O+.

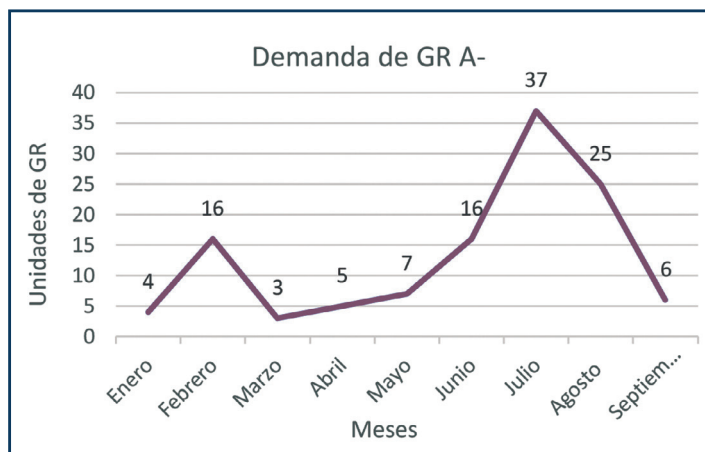


Fuente: elaboración propia.

Después del análisis expuesto anteriormente, se procedió a estudiar de forma mensual la demanda para encontrar algún patrón de estacionalidad. En este estudio se encontró que tres de los ocho grupos

sanguíneos mantienen un comportamiento errático: los grupos B-, AB- y AB+. Por otro lado, los grupos A-, A+ y O- presentan un patrón estacional con picos en los meses de febrero y julio, principalmente (figura 9).

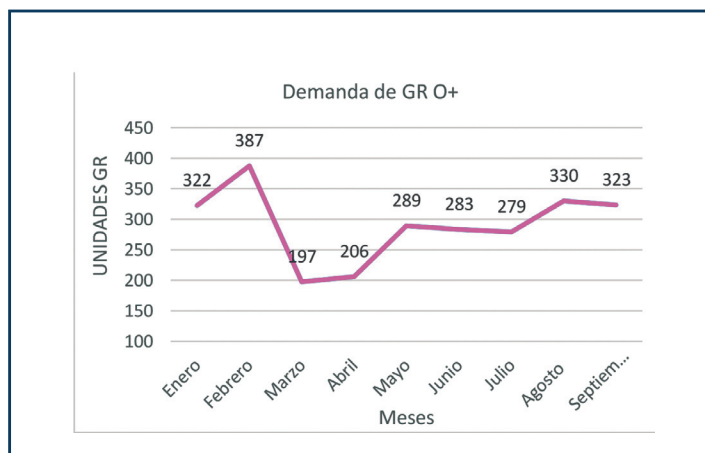
Figura 9. Comportamiento de la demanda mensual de glóbulos rojos del tipo A-.



Fuente: elaboración propia.

Estudiando el comportamiento mes a mes también, los grupos sanguíneos B+ y O+ muestran un comportamiento uniforme en su demanda (figura 10).

Figura 10. Comportamiento de la demanda mensual de glóbulos rojos del tipo B+.



Fuente: elaboración propia.

A partir de la clasificación del comportamiento de la demanda de los anteriores grupos sanguíneos y de las pruebas de bondad de ajuste para cada uno de ellos, se plantean dos hipótesis para conocer si cada uno de los grupos sanguíneos sigue una distribución de probabilidad poissiana:

Ho (hipótesis nula): los datos se ajustan a una distribución de Poisson.

Ha: (hipótesis alterna): los datos no se ajustan a una distribución de Poisson.

Al realizar la prueba de bondad de ajuste a los datos de demanda de los diversos componentes sanguíneos, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, puesto que ninguno de los componentes sanguíneos se ajustó a la distribución de Poisson. Por lo tanto, se recurre posteriormente a la simulación discreta (en Excel), ingresando los datos de demanda como una distribución empírica.

Finalmente, con base en los resultados de la simulación discreta obtenida en el hemocentro estudiado, la demanda proyectada de cada tipo de sangre para un periodo de 15 días es la siguiente: A-, 2 unidades; A+, 43 unidades; AB-, 1 unidad; AB+, 2 unidades; B-, 1 unidad (a pesar de que la proyección presenta cero unidades, por razones de política de inventario de seguridad del centro hospitalario se debe mantener al menos 1 unidad de B- en reserva); B+, 8 unidades; O-, 4 unidades; finalmente, para O+, 45 unidades de sangre (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la simulación para la demanda de los grupos sanguíneos

Grupo sanguíneo	Promedio de demanda
O-	2
a+	43
ab-	1
ab+	2
b-	0
b+	8
o-	4
o+	45

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El análisis desarrollado demuestra que los diferentes grupos sanguíneos presentan alta variabilidad. La demanda de todos los grupos sanguíneos analizados de forma diaria presenta un comportamiento errático ($c_{vd} \geq 100\%$). De esta forma, hay tipos de sangre como ab- y b- en los que la demanda es casi nula, otorgando mayor complejidad en el momento de realizar un pronóstico, puesto que la frecuencia de solicitud de una unidad de sangre es muy baja.

Al realizar el estudio de manera mensual, el panorama es diferente: los grupos sanguíneos A+, A- y O- presentan un comportamiento estacional, mayoritariamente con picos de demanda en los meses de febrero y junio. Los grupos sanguíneos B-, AB- y AB+ mantienen su comportamiento errático, y los grupos B+ y O+ se comportan de manera estable, facilitando su administración. El análisis mensual es necesario pero no suficiente, porque no se debe olvidar el carácter perecedero de este tipo de producto, la aleatoriedad de la demanda diaria y la necesidad de garantizar un abastecimiento total diario para los ocho tipos de sangre.

Al realizar la prueba de bondad de ajuste para conocer si la demanda de sangre del centro hospitalario sigue el comportamiento de una distribución de Poisson, ninguno de los ocho grupos sanguíneos presenta este tipo de distribución, mostrando el alto grado de variabilidad y la necesidad de utilizar una distribución empírica para poder pronosticar demandas futuras.

Se concluye, entonces, que la mejor forma de abastecer el hemocentro del centro hospitalario es cada 15 días, para garantizar el aprovechamiento y la no caducidad de las unidades sanguíneas, ordenando para el tipo de sangre A-, 2 unidades; A+, 43 unidades; AB-, 1 sola unidad; AB+, 2 unidades; para B-, 1 sola unidad (por política de inventario de seguridad); B+, 8 unidades; O-, 4 unidades y, finalmente, para O+, 45 unidades de sangre.

Los resultados obtenidos pueden servir como referente para diferentes hemocentros de centros hospitalarios de nivel III y IV en Colombia, con la salvedad de que es una guía que permite hacer un estimado, mas no una regla que puede ser usada para obtener respuestas exactas debido al alto grado de variabilidad de los factores como la demanda o hechos fortuitos como desastres naturales, atentados violentos, los índices bajos de donación en la región y la aleatoriedad de los tipos de sangre, sumado al carácter perecedero del producto estudiado.

El análisis realizado constituye un insumo importante para la integración de todos los bancos de sangre de los diversos centros hospitalarios de la región a través de una gran red centralizada de suministro de componentes sanguíneos, donde se direccionarán y se coordinarán acciones encaminadas a la mejor utilización de los recursos y garantizar el abastecimiento permanente de sangre a las IPS.

Es destacable la utilización de técnicas de ingeniería: los modelos matemáticos, los modelos estadísticos, la investigación de operaciones y la simulación discreta pueden plantear soluciones a problemáticas que afectan toda la comunidad de una región, como el uso adecuado de un recurso vital, la sangre.

Referencias Bibliográficas

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Education.

Bancos de sangre locales fortalecen su red. (10 de septiembre de 2010). *El País*. Recuperado de <https://www.elpais.com.co/elpais/california/noticias/bancos-sangre-locales-fortalecen-su-red>

Fano, R. y Longres, A. (1998). Inventario mínimo de componentes sanguíneos en un servicio de hemoterapia de Ciudad de La Habana. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 27(1), 39-43.

Grispan, S. (1983). Revisión de Literatura. Grupos sanguíneos ABO y Rh. *Revista médica Hondureña*, vol. 51 – No. 3.

- J. Arboleda, "Modelo de inventarios para la administración de la cadena de suministro en el banco de sangre de una clínica de la ciudad de Santiago de Cali", tesis de Maestría, Ingeniería, Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2013
- Katsaliaki, K. y Mustafee, N. (2011). Applications of simulation within the healthcare context. *Journal of the Operational Research Society*, 62(8), 1431-1451.
- Ministerio de la Protección Social (2006). *Política nacional de sangre*. Bogotá: República de Colombia.
- Navarro, J. R. y Corrales, A. F. (2011). ¿Cómo funciona el Banco de Sangre a nivel estatal? *Revista Médico Legal*, 17(2), 30-37.
- A. Pereira, "Blood inventory management in the type and screen área", *Vox Sanguinis*, vol. 89, no. 4, pp. 245-250, octubre 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2005.00700.x>
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Education.
- Vidal, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali: Universidad del Valle.