

**DESARROLLO DE UN MODELO PREDICTIVO DE TERAPIA
TRANSFUSIONAL PARA PACIENTES QUIRURGICOS NO EMERGENTES
LLEVADOS A CIRUGÍA NO CARDIACA**

Autores

José David Ramírez Vargas

Giovanni Agudelo Cortes

Directora

Olga Lucía Giraldo Salazar

Codirector

Daniel Camilo Aguirre Acevedo

Grupo de Investigación en Anestesia UdeA-HUSVF

Servicio de Anestesiología y Reanimación

Universidad de Antioquia

2021

**DESARROLLO DE UN MODELO PREDICTIVO DE TERAPIA
TRANSFUSIONAL PARA PACIENTES QUIRURGICOS NO EMERGENTES
LLEVADOS A CIRUGÍA NO CARDIACA**

**Giovanni Agudelo Cortes ^a, José David Ramírez Vargas ^a, Daniel Camilo Aguirre
Acevedo ^b, Olga Lucía Giraldo Salazar ^c**

^aMédico Residente de Anestesiología y Reanimación, Universidad de Antioquia.

^bEstadístico, PhD, MSc en epidemiología, Docente Asociado Instituto de Investigaciones Médicas, Universidad de Antioquia

^cAnestesióloga, Hospital Universitario San Vicente Fundación, Docente Servicio de Anestesiología, Universidad de Antioquia

Agradecimientos: personal clínico del Hospital Universitario San Vicente Fundación.

Conflicto de intereses: ningún autor declara tener conflicto de intereses

Olga Lucia Giraldo.

Departamento de anestesiología y reanimación, Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia.

Olga Lucia Giraldo, Departamento de anestesiología y reanimación, Hospital San Vicente fundación.

Numero de palabras: 3406

Numero de figuras y tablas: 4

Numero de referencias: 26

Resumen

Antecedentes: la hemoglobina, el hematocrito y la percepción del clínico han sido los criterios para determinar las transfusiones perioperatorias. No existe un factor único que pueda predecir por sí sólo la probabilidad de requerir una transfusión, existen otras variables que pueden ser de utilidad. Nuestro objetivo fue desarrollar un modelo predictivo transfusional perioperatorio que pueda identificar los pacientes susceptibles de requerir transfusiones para realizar una reserva adecuada.

Diseño del estudio y métodos: estudio observacional de cohorte retrospectiva para mayores de 18 años, llevados a cirugía electiva en un hospital de tercer nivel. Se recolectaron variables relacionadas con características clínicas y paraclínicas. Se utilizó el método Lasso para la selección de predictores, se realizó la validez interna y se utilizó la fórmula del modelo logístico con los valores relativos de cada variable para construir la escala de predicción determinando la probabilidad para cada paciente.

Resultados: se obtuvieron 100 pacientes transfundidos de 1197 pacientes que fueron a cirugía electiva. El modelo predictivo se construyó con 4 factores predictivos independientes, con el que se obtuvo una probabilidad individualizada de transfusión, con una área bajo la curva de 0.915, sensibilidad del 86%, y especificidad del 85%.

Conclusiones: desarrollamos una escala pronóstica de 4 variables, con la capacidad de determinar la probabilidad individual de transfusión en pacientes mayores de 18 años, con adecuada sensibilidad y especificidad. Esta herramienta es útil a la hora de realizar reservas y optimizar los recursos del banco de sangre.

Palabras clave: modelo predictivo, transfusión sanguínea, cirugía, factores de riesgo, anestesia.

Introducción

Durante años, la hemoglobina, el hematocrito, y la percepción del clínico han sido los criterios para determinar los requerimientos de transfusión en el periodo perioperatorio, a pesar de que las transfusiones no son un procedimiento inocuo y peor aún, cuando no esté indicada puede aumentar la morbimortalidad¹⁻³. No existe un único factor que pueda predecir por sí sólo la probabilidad de requerir una transfusión, hay otras variables como la edad, el peso, género femenino, índice de masa corporal (IMC), creatinina preoperatoria, hipoalbuminemia, la diabetes, clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA) y el tipo de procedimiento,³⁻⁴⁻⁵ que también puede tener influencia significativa. Es decir, algunas características de los pacientes pueden ayudar a predecir una mayor probabilidad de requerir transfusiones, y algunas de ellas son modificables.

En las últimas décadas se han llevado a cabo algunos modelos predictivos para procedimientos quirúrgicos específicos, algunos validados de forma adecuada, como es el caso de cirugía cardíaca⁵ y trauma⁶, pero también en cirugía de cadera⁷⁻⁸, columna⁹, cirugía gineco-oncológica¹⁰, cabeza y cuello¹¹, cirugía hepatobiliar y páncreas¹². Más recientemente se ha buscado desarrollar un solo modelo para cirugía no cardíaca como en el desarrollado por Walczak and Velanovich, tomando las bases de datos del NSQIP de los Estados Unidos⁴.

A nivel local se ha tratado de establecer la frecuencia y el índice transfusional para ciertos procedimientos;¹³ pero aún no se ha protocolizado ni institucionalizado propuestas de manejo de hemocomponentes con base en modelos predictivos. Aclarando que cada vez más se están utilizando estrategias restrictivas de transfusión incluidas en programas como el patient blood management (PBM)¹⁴, dado que sabemos que esta terapia conlleva múltiples riesgos para el paciente, por lo cual es necesario su uso racional.¹⁵

El propósito de este estudio es desarrollar un modelo predictivo transfusional perioperatorio para cirugía electiva no cardíaca, que pueda identificar los pacientes susceptibles de requerir transfusiones, útil en la toma de decisiones en el preoperatorio y la optimización de los recursos limitados del banco de sangre.

Materiales y Métodos

El estudio fue aprobado por los Comités de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia y del Hospital Universitario San Vicente Fundación.

Diseño

Estudio observacional de cohorte retrospectiva para el desarrollo de un modelo predictivo en el Hospital Universitario San Vicente Fundación (Medellín, Colombia). Institución de tercer nivel, donde se atiende una amplia variedad de pacientes con diversas patologías.

Participantes

Fueron elegibles todos los pacientes mayores de 18 años de edad sometidos a procedimientos quirúrgicos electivos, que tuvieran valoración preanestésica. Se excluyeron los pacientes de cirugía cardíaca o emergente, pacientes obstétricas, pacientes que reciben anticoagulantes o antiagregación al momento de la cirugía y no se pudiese establecer terapia puente, así como pacientes con antecedentes de discrasias sanguíneas, y los testigos de Jehová que por su religión no permiten el uso de transfusiones.

Desenlaces

El desenlace principal del estudio fue la transfusión de glóbulos rojos en el periodo perioperatorio de los pacientes llevados a diferentes tipos de cirugía

Otros desenlaces del estudio fueron:

- Tasa global de transfusión
- Incidencia de reservas efectivas y no efectivas
- Índice de unidades reservadas/unidades transfundidas.

Variables predictoras

Las variables predictoras fueron seleccionadas por plausibilidad biológica, reporte de estudios previos, experiencia del personal de anestesiología del estudio y las condiciones propias del escenario del perioperatorio para predecir qué pacientes tienen mayor riesgo de requerir una transfusión. Con base en estos criterios, las variables seleccionadas como posibles factores predictores fueron: la edad, el sexo, la clasificación del estado físico de

la sociedad americana de anestesiología (ASA), el peso, historia de enfermedad renal crónica, diabetes, la hemoglobina y el tiempo quirúrgico.

Todas estas variables se extrajeron de la historia clínica de la valoración preanestésica de forma retrospectiva.

Cálculo del tamaño de muestra

El tamaño de la muestra se calculó teniendo en cuenta el número de variables a estudiar en este caso 8, con una relación de 10 desenlaces por cada variable a estudiar y utilizando la incidencia más baja encontrada en la literatura de 10%; el tamaño de la muestra fue calculado mediante la fórmula para un modelo de regresión logística:

$$n = \frac{(k + 1) * CPP}{P}$$

Dónde: K es el número de parámetros, CPP es el número de casos por parámetro y P es la prevalencia. Reemplazando en la formula, se obtiene un número necesario mínimo de 900 pacientes. Pero dada la recomendación de 100 eventos como mínimo para un mejor rendimiento del modelo, el tamaño de muestra definitivo asciende a 1.000 pacientes.

Análisis estadístico:

Las características demográficas y clínicas fueron reportadas en frecuencia y porcentajes (%), para las variables cualitativas en medias y desviaciones estándar para variables con distribución normal, o mediana y rango intercuartílico en caso contrario. Para evaluar los candidatos al modelo se utilizaron criterios estadísticos y por consenso entre los investigadores por utilidad clínica del predictor para el modelo. Se calculó la diferencia de medias estandarizada (SMD) para comparar el comportamiento de los predictores entre quienes necesitaron transfusión y los que no teniendo en cuenta la naturaleza de la variable.¹⁶⁻¹⁸ Adicionalmente se utilizó el método de regresión por Lasso para explorar cuales serían los potenciales predictores para el modelo. Los datos faltantes se imputaron mediante un procedimiento de imputación múltiple (m=30).

La validez interna fue evaluada en términos de calibración, discriminación y optimismo, la primera con la prueba de bondad de ajuste de Hosmer y Lemeshow y la pendiente de

calibración, la segunda por medio del área bajo la curva ROC (ver gráfica N.2) y la tercera mediante bootstrapping (1000 muestras de los datos de derivación). El rendimiento de los modelos se evaluaron a través de C-statistics (AUC-ROC), índice de Nagelkerke (R²), la D de Somers y el índice de Brier score.

Para determinar la probabilidad de necesidad de transfusión perioperatoria se utilizó la fórmula de modelo logístico, utilizando los coeficientes o peso de las variables independientes, utilizando hasta 3 decimales para mayor exactitud.

Todos los análisis se realizaron en r/studio, (versión 4.0.4; R Core Team, 2021) se utilizaron los paquetes mice¹⁹, glmnet²⁰, rms²¹, reportROC²², rmda²³ para los métodos de imputación múltiple, desarrollo del modelo, curva ROC y estadístico C y curvas de calibración, respectivamente.

Resultados

Características de los participantes.

Se revisaron 1.557 historias clínicas, se excluyeron 358 registros por no cumplir con los criterios de inclusión, de los 1.197 registros restantes se pudo alcanzar el número mínimo de desenlaces propuestos, de 100 transfusiones. En general se obtuvo una tasa global de transfusión de 8.3%. En la tabla 1 se pueden observar las características de la población objeto de estudio. Se encontró una mayor tasa de transfusión para el grupo poblacional en los pacientes mayores de 50 años, respecto al género no se encontró diferencia relevante, en cuanto a la clasificación ASA en los pacientes clasificados como 3 o superior se evidencia una mayor tasa de transfusión, así como los procedimientos quirúrgicos que se prolongaban más de 120 minutos, en una frecuencia de hasta tres veces más que los procedimientos con menor duración.

Los tipos de procedimientos que requirieron una mayor proporción de transfusiones tenemos que para cirugía hepatoiliar (trasplantes) 33.3%, cirugía plástica 19.36%, cirugía de tórax 52.9%, neurocirugía 16%, cirugía oncológica 12%, cirugía vascular 10.8%, ortopedia 6.99%, urología 5.76%, maxilofacial 5.8%, cirugía general 5.52% y ginecología 3.07%. Para estos datos no hicimos un análisis estadístico como tal debido a que algunos modelos quirúrgicos pueden no estar representados de forma adecuada, por

lo tanto no son extrapolables, así que sólo mostramos la prevalencia de transfusión en nuestra muestra.

Se evaluó también la relación entre el número de reservas realizadas versus el número de reservas efectivas, se encontró entonces que de 182 reservas realizadas, que equivalen a 437 unidades de hemocomponentes en su gran mayoría glóbulos rojos, se hicieron efectivas 40.6%, y se utilizaron 174 unidades de hemocomponentes lo que representa el 39.8% de las reservadas.

Selección de predictores

En la Tabla 2, se presentan las variables seleccionadas por utilidad clínica y estadística.

Una variable muy importante es la clasificación ASA, los pacientes ASA 3 y 4 tuvieron una tasa de transfusión en el perioperatorio de 25.6% y 26% respectivamente. En el modelo estadístico para pacientes con clasificación ASA > 2 se obtuvo un $OR_{ajustado}$: 5.35, [IC: 1.2.96-9.69] por lo que se incluyó en el modelo predictivo. También se observó una diferencia en el tiempo quirúrgico, para procedimientos menores de una hora la tasa de transfusión fue de 4.25%, si la cirugía se prolongaba entre 1-2 horas 8.37% y > 2 horas 14.8% de los pacientes eran transfundidos respectivamente, éste último con un $OR_{ajustado}$: 1.01, [IC: 1.00-1.01]. El hecho de haber tenido una transfusión previa se asoció con la probabilidad de requerir transfusión en el perioperatorio con un $OR_{ajustado}$: 2.19, [IC: 1.06-4.53]. Respecto al nivel de hemoglobina mayor o igual a 12 gr/dl se comportó como un factor protector para requerir transfusión perioperatoria con un $OR_{ajustado}$ 0.72, [IC: 0.64-0.73]. Mientras que un valor menor a 11gr/dl se asoció con transfusión en el perioperatorio por lo que se introdujo en el modelo como una variable continua.

Para el modelo definitivo las variables como diabetes mellitus y enfermedad renal crónica, aunque en el análisis bivariado parecían tener alguna asociación, al introducirlos al modelo predictivo no modificaban la predicción del desenlace. Por otra parte las variables como edad y sexo no mostraron una asociación significativa. La consideración de que el anestesiólogo solicitara una reserva, se convierte en una variable con buen peso estadístico sin embargo no fue incluida al modelo dado que era el desenlace que se estaba estudiando además de tratar de disminuir la parte subjetiva del modelo.

El análisis del modelo desarrollado mostró una buena capacidad predictiva con alto índice de discriminación en términos del estadístico C cercano a 1 (C=0.915, IC95%: (0.887 - 0.943), alta D de Sommers y un bajo Brier Score. Al realizar un remuestreo de 1.000 muestras utilizando bootstrapping, la pendiente de calibración pasó de 1 a 0.9761, el índice de Nagelkerke pasa de 0.459 a 0.447, la D de Sommers (Dxy) de 0.830 a 0.825 y el Brier score 0.0515407 a 0.0526799

El modelo final después de la evaluación por utilidad clínica y estadística, incluyó cuatro predictores (tabla 2), con lo cual se obtiene una probabilidad de transfusión, el cual tendría una sensibilidad de 0.86 IC95% (0.79 – 0.92), especificidad de 0.85 IC95% (0.83-0.87), VPP de 0.35 IC95% (0.29-0.41), VPN de 0.98 IC95% (0.97 - 0.99), un LR- 0.164 IC95% (0.101 - 0.266) y un LR+ de 5.9 IC95% (5.06 - 7.039). La figura 1 presenta la curva ROC del modelo evaluado.

Tratando de encontrar el mejor modelo predictivo, se compararon varios modelos, realizamos una medición de cuan útil sería introducir más variables, en la *figura 2*, se puede observar que al agregar más variables no mejora el rendimiento del modelo, por lo que se decidió utilizar el modelo de 4 variables.

El modelo predictivo propuesto consiste en una calculadora que informa la probabilidad que según el modelo se espera de acuerdo a los valores obtenidos de los factores pronóstico. Dicha probabilidad debe interpretarse como una señal cuantitativa que desde la incertidumbre y limitaciones del estudio apoya a la decisión clínica de realizar o no una reserva de un hemocomponente.

Para calcular la probabilidad de transfusión se utiliza la siguiente fórmula: utilizando las variables obtenidas del modelo de regresión logística. Para acceder a la aplicación en Excel y poder utilizarla diríjase al suplemento 1, en caso de requerirla solicítarla al correo electrónico del autor.

Fórmula Probabilidad de Transfusión:

$$P(\text{Transfusion} = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(0.933+1.674\text{ASA2}+0.784\text{Transf.Previa}+0.0096\text{TiempoQx} -0.451\text{Hb})}}$$

Modo de uso:

- ASA: Clasificación asignada por el anesthesiólogo en la valoración preanestésica.
 - Ingresar 1 si el ASA fue mayor a 2, Cero en otro caso.
- Transf.Previa. Se refiere a que el paciente tenga antecedente de transfusión en hospitalizaciones previas, durante la hospitalización o previo a la cirugía.
 - Ingresar 1 si el paciente tiene transfusiones previas, Cero en otro caso
- TiempoQx: Tiempo transcurrido desde el inicio de la incisión quirúrgica hasta el cierre de la herida quirúrgica.
 - Ingresar tiempo en minutos
- Hb: Hemoproteína de la sangre que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios a los tejidos, y dióxido de carbono de los tejidos a los pulmones, además participa en la regulación de Ph
 - Ingresar valor en gr/dl.

Discusión:

La posibilidad de predecir una transfusión en el periodo preoperatorio se convierte en una gran ventaja respecto a la seguridad del paciente, al tiempo que representa un adecuado uso de los limitados recursos del banco de sangre, y en última instancia racionaliza el recurso económico en un sistema de salud con recursos escasos.

Luego de analizar de forma retrospectiva 1.197 historias clínicas, se encontró una tasa global de transfusión del 8.3%, un valor razonable que se correlaciona con los datos reportados en la literatura. Aunque la mayoría de modelos son específicos y algunos considerados con mayor riesgo de sangrado o transfusión perioperatoria, el objetivo de nuestro estudio fue hallar un modelo sencillo y fácil de aplicar a diferentes pacientes y tipos de cirugías para facilitarle la tarea al clínico.

Se logró obtener información adecuada para establecer la asociación de 4 variables y construir una escala para calcular la probabilidad de requerir una transfusión en el perioperatorio, útil para una amplia gama de procedimientos quirúrgicos electivos, y teniendo como base características de la población local, con estadísticas propias, que sientan las bases para continuar actualizando el modelo y mejorando su precisión para

predecir este importante desenlace que permitirá aumentar la seguridad del paciente y racionar los recursos del banco de sangre.

La hemoglobina (hb) se ha documentado en algunos estudios como un factor de riesgo, cuando su valor preoperatorio era <12 gr/dl se asoció con un aumento de diez veces en la necesidad de transfusión ²⁴ para ciertos modelos quirúrgicos. Para este estudio la hb se comporta como un factor protector para requerir una transfusión en el perioperatorio cuando su valor preoperatorio se encuentra en un valor mayor o igual a 11.0 gr/dl, en concordancia con el estudio más grande realizado en los últimos tiempos. El hematocrito también se comportó como factor predictor pero se descartó por su colinealidad con la hemoglobina. La variable de antecedente de transfusión que se estableció inicialmente como un objetivo exploratorio encontramos con sorpresa que éste ítem se comportó como un predictor independiente para determinar la probabilidad de transfusión, dado que no era una de las variables que tuviésemos en estudios previos como factor para determinar el riesgo transfusional.

El modelo predictivo de transfusiones más reciente que utiliza una red neuronal artificial de Walczak y Velanovich ⁴ utilizó múltiples variables entre ellas la edad, el sexo, el índice de masa corporal, la diabetes mellitus, la hemoglobina, el hematocrito, el recuento plaquetario. Con una recolección de datos retrospectivos del modelo NSQIP, los autores alcanzan a predecir más del 75% de los pacientes que requerirán transfusión, con una especificidad del 80% con una sensibilidad de casi 67%, teniendo en consideración que este modelo, a diferencia de nuestra propuesta, incluyó pacientes urgentes, emergentes y electivos. Algunos de estos factores han sido estadísticamente significativos en otros modelos, como el IMC, por ejemplo; sin embargo, a pesar de que se trató de recolectar esta información, no se pudo obtener por registro incompleto de los datos antropométricos.

En lo referente a comorbilidades que han sido estudiadas en algunos modelos predictivos, la enfermedad renal crónica o estar en diálisis, y la diabetes, a pesar de tener una tendencia a ser más frecuentes en la población transfundida, no aportaron al modelo predictivo en parte porque la población tampoco se representa de forma adecuada. Para nuestro estudio sólo el 5.8% de la muestra tenía enfermedad renal crónica, el 1.25% se encontraba en

diálisis y el 8.8% tenía diabetes. Es probable que teniendo una mayor muestra y actualizando posteriormente el modelo, estas variables adquieran mayor significancia y puedan convertirse también en factores predictores. Parámetros como tiempos de coagulación tiempo de protrombina, índice internacional normalizado (INR), tiempo de tromboplastina y recuento plaquetario fueron incluidos, sin embargo de antemano se sabe del pobre valor predictivo de estos factores para predecir sangrado o necesidad de transfusión.

La explicación de por qué cirugía plástica tiene un porcentaje tan alto de transfusión es debido al tipo de procedimientos que se realizan en el hospital, que se trata principalmente de cirugía plástica reconstructiva tipo colgajos, escarectomias, que ya sea por el tipo de procedimiento o tiempo quirúrgico prolongado lleva a un mayor sangrado y en ocasiones múltiples procedimientos, por todo esto llevan a más transfusiones en el perioperatorio.

Respecto a la relación reserva realizada/reservas efectivas y la cantidad de hemocomponentes solicitados, encontramos que sólo se hicieron efectivas 40.6%, muy por debajo del promedio que se busca sea alrededor de 60%, en otros términos cerca del 60% de las pruebas cruzadas pierden utilidad dado que no son utilizadas. En cuanto a la relación de hemocomponentes solicitados versus los utilizados fue de 1 unidad administrada por cada 2.74 unidades reservadas, aunque esta cifra está cerca del ideal que es <2.5 unidades reservadas por cada unidad transfundida ¹³, observamos en estos dos indicadores una razón para buscar estrategias de cómo optimizar los recursos del banco de sangre.

La inclusión de esta herramienta en la valoración preanestésica ayudará a realizar reservas de hemoderivados de una forma más acertada, de forma que se reduzcan las pruebas cruzadas y el uso liberal de hemocomponentes, que puede tener un efecto nocivo para el paciente. Además podría mejorar el índice de reservas efectivas, racionalizando los recursos del banco de sangre y reduciendo costos en la atención.

La realización de un modelo predictivo más generalizado puede ser ambicioso y difícil más cuando hay tantos factores que se comportan como posibles confusores, en este caso por tratarse además de un estudio observacional retrospectivo. Sin embargo es un

esfuerzo que por sus posibles aportes a una mejor gestión del riesgo del paciente bien vale la pena.

Limitaciones:

Lo primero es recordar que se trata de un estudio retrospectivo por lo cual una variable como el IMC, que en otros estudios fue significativa, en el nuestro no pudo recolectarse por falta de registro de la talla en la mayoría de registros. Sin embargo la ausencia de este dato puede resolverse mediante una validación y actualización posterior de este. Además, un estudio con una mayor muestra podría mejorar mucho en cuanto a la fuerza de asociación para algunos posibles predictores. También, por tratarse de un estudio retrospectivo, encontramos dificultades para obtener todos los datos completos por ausencia de estos en las valoraciones preanestésicas, o simplemente por tratarse de pacientes ASA 1 ó 2, que no se les solicitaban estudios sistemáticamente.

Es posible que las condiciones actuales de pandemia por el virus de COVID-19 hayan modificado la población quirúrgica observada y esto pueda alterar un poco la proporción de pacientes transfundidos. Adicionalmente debe tenerse en cuenta que es un estudio realizado en una única institución. De nuevo, reiteramos que la modelación de la predicción es un evento dinámico que permite seguir mejorando estos modelos en diferentes lugares y tiempos.

Conclusiones:

Desarrollamos una escala pronóstica de 4 variables independientes que permite predecir adecuadamente la probabilidad de transfusión perioperatoria en pacientes mayores de 18 años, que se van a llevar a un procedimiento quirúrgico electivo de cirugía no cardíaca, constituyendo una ventaja en términos de gestión del riesgo, un mejor uso de los recursos del banco de sangre y con una mejoría respecto a la relación reserva de hemoderivados / reservas efectivas, lo cual puede ser importante en términos económicos y más importante aún en disminuir posibles complicaciones secundarias al uso de estas reservas en pacientes que no tienen indicación clara para evitar pérdida del hemoderivado.

Agradecimientos: personal clínico del Hospital Universitario San Vicente Fundación.

Conflicto de intereses: ningún autor declara tener conflicto de intereses

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales

Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos

Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado.

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

REFERENCIAS

1. Carson JL, Grossman BJ, Kleinman S, et al. Red Blood Cell Transfusion: A Clinical Practice Guideline From the AABB*. :12. doi: 10.7326 / 0003-4819-157-1-201206190-00429
2. Mueller MM, Van Remoortel H, Meybohm P, et al. Patient Blood Management: Recommendations From the 2018 Frankfurt Consensus Conference. *JAMA*. 2019;321(10):983. doi:[10.1001/jama.2019.0554](https://doi.org/10.1001/jama.2019.0554)
3. Kim K, Seo H, Chin J-H, et al. Preoperative hypoalbuminemia and anemia as predictors of transfusion in radical nephrectomy for renal cell carcinoma: a retrospective study. *BMC Anesthesiol*. 2015;15(1):103. doi:[10.1186/s12871-015-0089-6](https://doi.org/10.1186/s12871-015-0089-6)
4. Walczak S, Velanovich V. Prediction of perioperative transfusions using an artificial neural network. Tchanchaleishvili V, ed. *PLoS ONE*. 2020;15(2):e0229450. doi:[10.1371/journal.pone.0229450](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229450)
5. Klein AA, Collier T, Yeates J, et al. The ACTA PORT-score for predicting perioperative risk of blood transfusion for adult cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia*. 2017;119(3):394-401. doi:[10.1093/bja/aex205](https://doi.org/10.1093/bja/aex205)
6. Maegele M, Brockamp T, Nienaber U, et al. Predictive Models and Algorithms for the Need of Transfusion Including Massive Transfusion in Severely Injured Patients. *Transfus Med Hemother*. 2012;39(2):85-97. doi:[10.1159/000337243](https://doi.org/10.1159/000337243)
7. Carson JL, Terrin ML, Noveck H, et al. Liberal or Restrictive Transfusion in High-Risk Patients after Hip Surgery. *N Engl J Med*. 2011;365(26):2453-2462. doi:[10.1056/NEJMoa1012452](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1012452)
8. To J, Sinha R, Kim SW, et al. Predicting Perioperative Transfusion in Elective Hip and Knee Arthroplasty. *Anesthesiology*. 2017;127(2):317-325. doi:[10.1097/ALN.0000000000001709](https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001709)
9. Aoude A, Nooh A, Fortin M, et al. Incidence, Predictors, and Postoperative Complications of Blood Transfusion in Thoracic and Lumbar Fusion Surgery: An Analysis of 13,695 Patients from the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program Database. *Global Spine Journal*. 2016;6(8):756-764. doi:[10.1055/s-0036-1580736](https://doi.org/10.1055/s-0036-1580736)
10. Ackroyd SA, Brown J, Houck K, et al. A preoperative risk score to predict red blood cell transfusion in patients undergoing hysterectomy for ovarian cancer. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018;219(6):598.e1-598.e10. doi:[10.1016/j.ajog.2018.09.011](https://doi.org/10.1016/j.ajog.2018.09.011)

11. Krupp NL, Weinstein G, Chalian A, et al. Wolf P, Weber RS. Validation of a Transfusion Prediction Model in Head and Neck Cancer Surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2003;129(12):1297. doi:[10.1001/archotol.129.12.1297](https://doi.org/10.1001/archotol.129.12.1297)
12. Kim Y, Bagante F, Gani F, et al. Nomogram to predict perioperative blood transfusion for hepatopancreaticobiliary and colorectal surgery. *British Journal of Surgery.* 2016;103(9):1173-1183. doi:[10.1002/bjs.10164](https://doi.org/10.1002/bjs.10164)
13. Caita-Rizo K, Tuberquia-Agudelo OA, Daza-Gili E. Analysis of the intraoperative use of red blood cells and reserve index/transfusion at a University Hospital in Bogotá, Colombia: *Colombian Journal of Anesthesiology.* 2018;46(1):32-36. doi:[10.1097/CJ9.0000000000000006](https://doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000006)
14. Clevenger B, Mallett SV, Klein AA, et al. Patient blood management to reduce surgical risk. *British Journal of Surgery.* 2015;102(11):1325-1337. doi:[10.1002/bjs.9898](https://doi.org/10.1002/bjs.9898)
15. Martha Beatriz DR. Transfusión sanguínea. Uso racional. *Revista Colombiana de Anestesiología.* 2012;40(4):247-248. doi:[10.1016/j.rca.2012.09.001](https://doi.org/10.1016/j.rca.2012.09.001)
16. Referencias: Flury, BK. and Riedwyl, H. (1986). Standard distance in univariate and multivariate analysis. *The American Statistician*, 40, 249-251
17. Austin, PC. (2009). Using the Standardized Difference to Compare the Prevalence of a Binary Variable Between Two Groups in Observational Research. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 38, 1228-1234.
18. Yang, D. and Dalton, JE. (2012). A unified approach to measuring the effect size between two groups using SAS. *SAS Global Forum 2012*, Paper 335-2012.
19. Stef van Buuren, Karin Groothuis-Oudshoorn (2011). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1-67. URL <https://www.jstatsoft.org/v45/i03/>
20. Jerome Friedman, Trevor Hastie, Robert Tibshirani (2010). Regularization Paths for Generalized Linear Models via Coordinate Descent. *Journal of Statistical Software*, 33(1), 1-22. URL <https://www.jstatsoft.org/v33/i01/>
21. Frank E Harrell Jr (2020). rms: Regression Modeling Strategies. R package version 6.0-1. <https://CRAN.R-project.org/package=rms>
22. Zhicheng Du and Yuantao Hao (2020). reportROC: An Easy Way to Report ROC Analysis. R package version 3.5. <https://CRAN.R-project.org/package=reportROC>
23. Marshall Brown (2018). rmda: Risk Model Decision Analysis. R package version 1.6. <https://CRAN.R-project.org/package=rmda>
24. Ogbemudia AE, Yee SY, MacPherson GJ, et al. Preoperative predictors for allogenic blood transfusion in hip and knee arthroplasty for rheumatoid arthritis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(9):1315-1320. doi:[10.1007/s00402-013-1784-8](https://doi.org/10.1007/s00402-013-1784-8)

Tabla 1. Características demográficas y clínicas

<i>Variable</i>	Total N 1197(%)	Transfusión No, n:1097	Transfusión Si, n:100 (%)	Tasa de transfusión	SMD*
Edad (Años)		47.98 (18.33)	57.09 (17.54)	--	0.508
<50	618(51.6%)	585	33	5.4%	
50-65	338 (28.3%)	300	38	11.2%	
>65	242(20.2%%)	213	29	12%	
Sexo					0.118
<i>Masculino</i>	618(51.6%)	571	47	7.6%	
<i>Femenino</i>	570 (47.6%)	517	53	9.3%	
Peso		70.51 (13.85)	66.42 (11.51)	--	0.321
Clasificación ASA †					1.426
I	340 (28.4%)	334	6	1.8%	
II	557(46.5%)	542	15	2.7%	
III	273(22.8%)	203	70	25.6%	
IV	27(2.25%)	20	7	26%	
Creatinina sérica		0.91 (0.89)	1.01 (0.77)	-	0.119
Hemoglobina		13.44 (2.21)	10.06 (2.62)	-	1.396
Hematocrito		39.87 (6.69)	30.12 (7.58)	-	1.365
Recuento plaquetario		294000 (107154)	313063 (174527)	-	0.132
INR ‡		1.25 (3.62)	1.17 (0.15)	-	0.030
Tiempo de protombina		12.43 (1.74)	13.10 (2.06)	-	0.349
ACO-asa-clopidogrel. ^					0.195
No	1080(98.5%)	985	95	-	
SI	17 (1.5%)	12	5	-	
Tiempo quirúrgico		88.54 (63.70)	143.63 (119.76)		0.574
< 60 min	470 (39.2%)	450	20	4.25%	
61-119 min	430(35.9%)	394	36	8.37%	
>120min	297 (24.8%)	253	44	14.8%	
Coomorbilidades					
<i>Enfermedad renal crónica</i>	70(5.84%)	49	21	30%	0.512
<i>Diálisis (cualquier modalidad)</i>	14(1.17%)	9	5	35.7%	0.243
<i>Diabetes mellitus</i>	98(8.2%)	81	17	17.3%	0.297
Tipo de cirugía					
Ortopedia	472	439	33	6.99%	
Cirugía oncológica	25	22	3	12%	
Cirugía plástica y mano	93	75	18	19.36%	
Cirugía general	217	205	12	5.52%	
Ginecología	65	63	2	3.07%	
Neurocirugía	50	42	8	16%	
Cirugía de trasplantes	21	14	7	33.3%	
Urología	52	49	3	5.76%	
Cirugía de tórax	17	8	9	52.9%	
Cirugía vascular	37	33	4	10.8%	
Maxilofacial	34	32	2	5.8%	
Cabeza y cuello	20	20	0	0	
Cirugía de mama	4	4	0	0	
Otorrino	22	22	0	0	
Transfusión previa					0.842
Si	61 (5.1%)	29	32	52.4%	
No	1136 (94.9%)	1068	68	5.98%	
Reserva					1.687
Si	182	108	74	40.6%	
No	1015	989	26	2.56%	

*SMD: desviación estándar media, †The American Society of Anesthesiologists, ‡ratio internacional normalizado, ^ACO: anticoagulantes orales- asa:ácido acetil salicílico

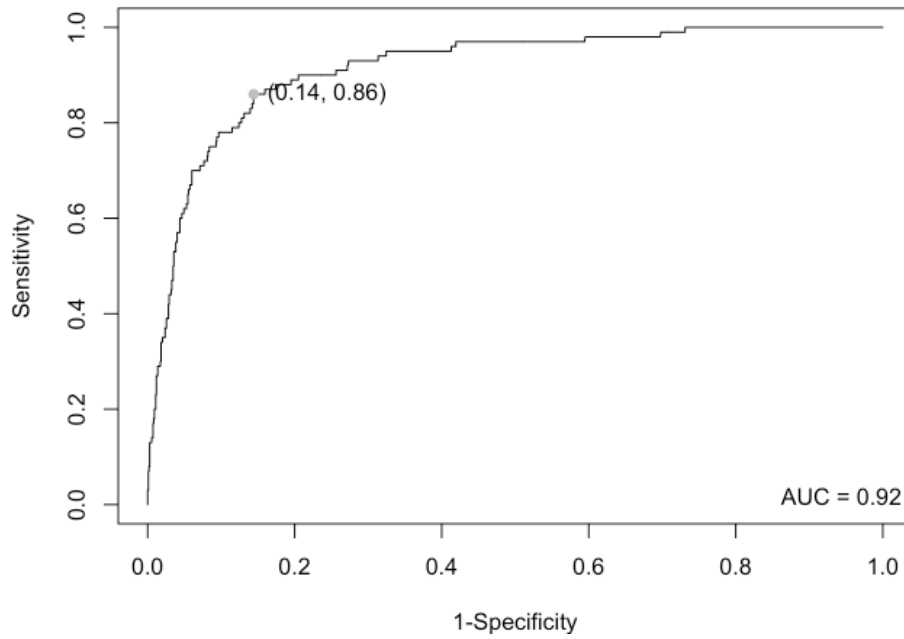
Tabla 2. Modelo propuesto para la probabilidad de transfusión en el perioperatorio

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Odds.Ratio</i>	<i>std.error</i>	<i>ci_2.5.</i>	<i>ci_97.5.</i>
Intercepto	0.933	-	-	-	-
ASA 3 ó Mayor §	1.677	5.35	0.30	2.96	9.69
Transfusión previa	0.784	2.19	0.37	1.06	4.53
Tiempo Quirúrgico †	0.0096	1.01	0.00	1.01	1.01
Valor de hemoglobina ‡	-0.451	0.64	0.07	0.56	0.73

ci: intervalo de confianza

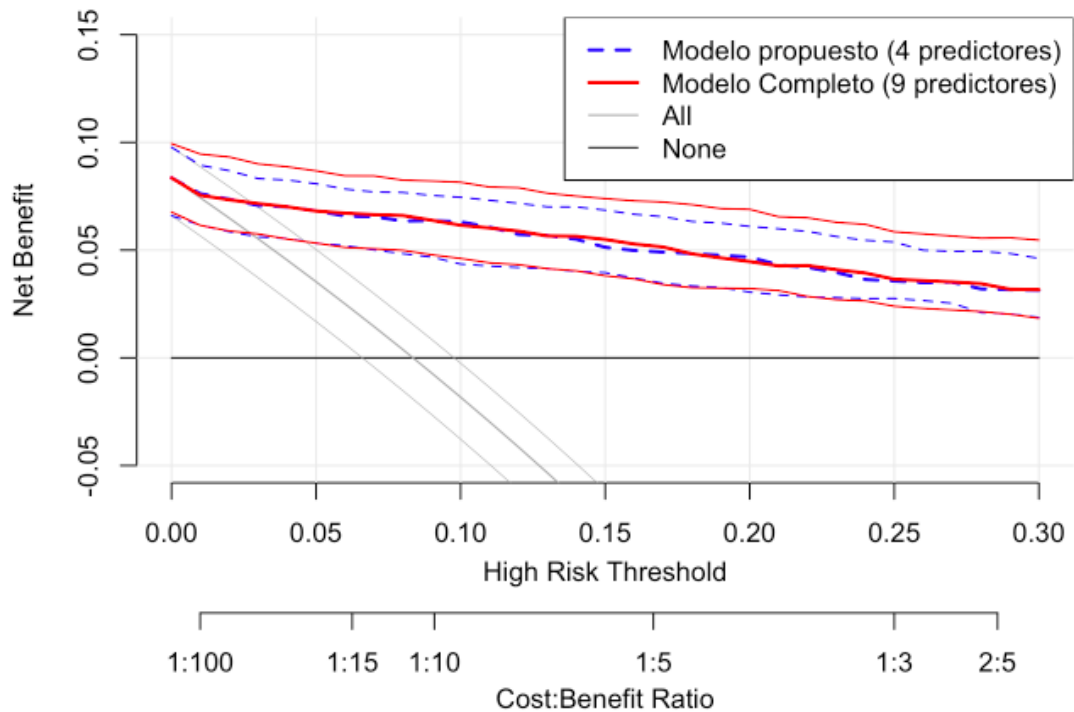
§ *The American Society of Anesthesiologists*, † *en minutos*, ‡ *en gr/dl*,

Figura 1. Curva Roc del modelo predictivo



AUC: área bajo la curva.

Figura 2. Curva de utilidad



Modelo completo (Edad+Sexo+ASAr2+TiempoQx+Trans_previa+Reserva+Hb+Hto+DM) vs
Modelo propuesto (ASA>2+Trans_previa+TiempoQx+Hb)