

DOI: <https://doi.org/10.5554/22562087.e1021>

Comparación de los costos directos asociados al uso de técnicas de anestesia general balanceada y anestesia total intravenosa (TIVA)

Comparison of direct costs associated with the use of balanced general anesthesia and total intravenous anesthesia (TIVA) techniques

Jairo C. Guevara-Farias^a , David A. Rincón-Valenzuela^{a,b} , Ciro Gómez-Ardila^c ^a Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.^b Departamento de Anestesiología y Salas de Cirugía, Clínica Universitaria Colombia. Bogotá, Colombia.^c Departamento de Finanzas y Control Directivo, INALDE Business School, Universidad de La Sabana. Chía, Colombia.**Correspondencia:** Carrera 30 – 45, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. **E-mail:** jguevaraf@unal.edu.co

Resumen

¿Qué sabemos acerca de este problema?

En Colombia no se cuenta con datos actuales publicados que comparen las diferentes técnicas farmacológicas para el mantenimiento de la anestesia general.

¿Qué aporta este estudio de nuevo?

Este estudio aporta datos actualizados para Colombia que dan información para una toma de decisiones informada basada en la diferencia de costos entre las diferentes técnicas de anestesia general.

¿Cómo citar este artículo?

Guevara-Farias JC, Rincón-Valenzuela DA, Gómez-Ardila C. Comparison of direct costs associated with the use of balanced general anesthesia and total intravenous anesthesia (TIVA) techniques. Colombian Journal of Anesthesiology. 2022;50:e1021.

Introducción: Los costos de la atención en salud son crecientes y se enfrentan a un escenario de recursos escasos. La realización de procedimientos quirúrgicos hace parte importante de la atención y del gasto en salud, el costo de las técnicas anestésicas utilizadas es relevante en el costo total de la atención y es un objetivo potencial para la optimización del gasto. Aunque a escala internacional se han reportado diferencias económicas importantes entre las alternativas para anestesia general, en Colombia no se cuenta con publicaciones que comparen los costos actuales y permitan una toma de decisiones informada y responsable económicamente.

Objetivo: Cuantificar y comparar los costos directos para Colombia de las diferentes alternativas para anestesia general usadas con más frecuencia en la actualidad.

Métodos: Análisis de minimización de costos basado en un modelo teórico de anestesia general balanceada con isoflurano, sevoflurano, desflurano en combinación con remifentanilo y TIVA (propofol y remifentanilo). Se obtuvieron resultados iniciales utilizando una simulación con un método determinista y se realizó un análisis de sensibilidad con una simulación de Montecarlo.

Resultados: El costo total promedio por caso para las diferentes técnicas anestésicas fue de COP 126.381 para sevoflurano, COP 97.706 para isoflurano, COP 288.605 para desflurano y COP 222.960 para TIVA.

Conclusiones: La anestesia general balanceada con desflurano es la alternativa de mayor costo, es 1,2 veces más costosa que la TIVA, y 2 y 3 veces más que la balanceada con sevoflurano e isoflurano, respectivamente. La TIVA ocupa el segundo lugar con un costo 1,8 veces superior a la balanceada con sevoflurano y 2,5 veces a la balanceada con isoflurano.

Palabras clave: Costos y análisis de costo; Anestesia general; Anestesia intravenosa; Anestesia balanceada; Costo de los medicamentos; Costo de oportunidad.

Abstract

Introduction: Healthcare costs are increasing against the backdrop of scarce resources. Surgical procedures are an important part of healthcare spending, and the cost of anesthetic techniques is relevant as part of the total cost of care and it is a potential target for expenditure optimization. Although important economic differences have been reported internationally for general anesthesia options, there are no publications in Colombia that compare current costs and allow for informed and financially responsible decision-making.

Objective: To quantify and compare direct costs associated with the various general anesthesia options most frequently used at the present time.

Methods: Cost minimization analysis based on a theoretical model of balanced general anesthesia using isoflurane, sevoflurane, desflurane in combination with remifentanyl, and TIVA (propofol and remifentanyl). Initial results were obtained using a deterministic simulation method and a sensitivity analysis was performed using a Monte Carlo simulation.

Results: The average total cost per case for the different anesthetic techniques was COP 126381 for sevoflurane, COP 97706 for isoflurane, COP 288605 for desflurane and COP 222 960 for TIVA.

Conclusions: Balanced general anesthesia with desflurane is the most costly alternative, 1.2 times more expensive than TIVA, and 2 and 3 times more costly than balanced anesthesia with sevoflurane and isoflurane, respectively. TIVA ranks second with a cost 1.8 times higher than balanced anesthesia with sevoflurane and 2.5 times higher than balanced anesthesia with isoflurane.

Keywords: Cost and cost analysis; Anesthesia, general; Anesthesia, intravenous; Balanced anesthesia; Drug cost; Economics.

INTRODUCCIÓN

Anualmente se realizan en el mundo 313 millones de procedimientos quirúrgicos mayores (1). En 2012 se hicieron en Colombia 5,1 millones de cirugías (2) y todos estos procedimientos requirieron alguna técnica anestésica para su realización. Lo anterior es de particular interés debido a que el sector salud es el de mayor aumento en demanda y gasto en la economía mundial (3), y a que tuvo para 2018 un gasto global de USD 8,3 trillones (lo que equivale al 10 % del producto interno bruto [PIB] mundial) y un gasto per cápita de USD 1.080 con un crecimiento del gasto de 3,9 % anual incluso por encima del 3 % de la economía mundial (4). En el caso específico de Colombia, el costo de la atención en salud equivale al 7 % del PIB, lo que lo ubica como el segundo rubro más alto de gasto público después del servicio de la deuda (5). Para 2012 el gasto en salud per cápita en Colombia fue de USD 530 (6).

En Colombia y en el mundo el cumplimiento de las misiones de los sistemas de salud se enfrenta a una economía de recursos limitados y demandas que aumentan desmesuradamente (7). La atención en salud se basa en la toma decisiones y toda

decisión implica la asignación de recursos a una opción concreta de entre las varias posibles, obligando a renunciar al resto de opciones. Esta elección en un escenario de escasez da lugar al costo oportunidad, entendido como los beneficios no recibidos por el uso particular de un recurso (8). En la atención en salud la toma de decisiones trasciende los aspectos clínicos, impactando también aspectos económicos que afectan todo el sistema. Por lo anterior, la elección en salud siempre debería tener la mejor relación costo-beneficio, que quiere decir aquella en la cual los recursos den el mayor rendimiento posible manteniendo una atención de calidad (9).

Esta investigación se enmarca en la atención del paciente adulto llevado a cirugía bajo anestesia general, escenario en el cual se debe elegir entre diferentes técnicas anestésicas cuyo objetivo final será garantizar un estado óptimo para la realización del procedimiento quirúrgico, brindando la mayor seguridad al paciente. El costo de la práctica anestésica contribuye con el 5 % del costo total de la atención del paciente quirúrgico (10), porcentaje que multiplicado por el número total de procedimientos realizados a lo largo del tiempo, resulta en un costo total significativo (11).

En 2003 una revisión no sistemática de la literatura reportó que la TIVA era 1,7 a 4 veces más costosa que la anestesia general con isoflurano, 2,5 a 4 veces mayor que la anestesia con desflurano y 1,3 a 3,8 veces más que la anestesia con sevoflurano en Inglaterra (12). En 2005, una evaluación económica de costo efectividad realizada sobre un ensayo clínico aleatorizado en Colombia reportó un costo por minuto de USD 0,095 para isoflurano, USD 0,17 para sevoflurano y USD 0,2 para desflurano (13). En 2008, un análisis de minimización de costos de un ensayo clínico aleatorizado realizado en Serbia, informó un costo por caso de EUR 17,4 para anestesia balanceada y de EUR 22,1 para TIVA (14). En 2014, una revisión sistemática y metaanálisis que comparó la anestesia general balanceada y la TIVA en cirugía ambulatoria en población pediátrica y que incluyó estudios entre 1948 y 2013 realizados en múltiples países, describió que la TIVA fue más costosa que la anestesia balanceada con una diferencia media por caso de USD 11,29 (95 % IC USD 8,62-USD 13,96), con una heterogeneidad alta ($I^2 = 86\%$) (15). En 2015, un análisis de minimización de costos basado en un estudio retrospectivo de China concluyó que no hubo diferencia significativa en costo entre

anestesia balanceada con sevoflurano/remifentanil y TIVA (16). En 2018, un estudio de costo-efectividad basado en un ensayo clínico aleatorizado realizado en Hungría informó un costo por hora de EUR 12,15 para anestesia balanceada y EUR 22,11 para TIVA en operación de otorrinolaringología (17).

Los resultados de los estudios revisados fueron heterogéneos, como consecuencia de la dependencia del precio de los fármacos de las características y variaciones del mercado, el cual tiene un comportamiento único según el lugar y el momento específico. La condición particular de cada mercado y la heterogeneidad consiguiente hace que la extrapolación de los resultados de un estudio a un contexto diferente (en tiempo y lugar) sea difícil, pues limita su validez externa porque impide la extrapolación directa de los resultados a otros países, contextos o momentos históricos. El objetivo de esta evaluación económica es cuantificar y comparar los costos directos para Colombia de las diferentes alternativas para anestesia general usadas con más frecuencia en la actualidad, como la anestesia general balanceada con isoflurano, sevoflurano y desflurano (en combinación con remifentanilo) y la anestesia total intravenosa (TIVA, por sus siglas en inglés de Total Intravenous Anesthesia) en Colombia.

MÉTODOS

Se realizó un análisis de minimización de costos (18-23) basado en un modelo teórico de anestesia general balanceada con isoflurano, sevoflurano, desflurano en combinación con remifentanilo y TIVA (propofol y remifentanil). Se escogió este método de evaluación económica porque los resultados de la revisión no sistemática de la literatura realizada por parte de los autores demostró que los desenlaces clínicos principales de efectividad y seguridad de las técnicas anestésicas no eran diferentes, a excepción de las náuseas y el vómito postoperatorio (24-37). Esta condición de relativa igualdad entre los desenlaces de las técnicas confrontadas permitió comparar direc-

tamente el costo entre las técnicas anestésicas. Se definieron entonces las principales variables que impactan el costo final de las cuatro técnicas anestésicas con base en los análisis económicos publicados al respecto (11,12,14-17,38-42), lo cual permitió establecer un análisis de minimización de costos mediante una técnica de microcosteo (43). En el diseño metodológico del presente estudio no se incluyeron los costos indirectos ni los costos asociados a productividad laboral.

Se definieron las variables que debían ser incluidas según su papel, como costo diferencial o no, durante una administración estándar de anestesia general, y se incluyeron las variables que corresponden a costos diferenciales, lo que significa que su valor se modifica según las condiciones del paciente, la duración de la intervención quirúrgica y el tipo de anestesia. Se excluyeron las variables correspondientes a los costos no diferenciales, pues su costo es el mismo independientemente del tipo de paciente, operación o anestesia (15,44).

Las variables elegidas para computar con los costos diferenciales fueron la duración de la cirugía, el peso del paciente, el consumo en mililitros del anestésico halogenado, la dosis de remifentanil y de propofol por hora, el costo de los servicios de farmacia hospitalaria (funciones administrativas) y el costo del electrodo de BIS. Se determinó un rango de precios para cada uno de los medicamentos y dispositivos mediante una búsqueda en el mercado nacional (45).

Para establecer el consumo de anestésico halogenado se eligió el cálculo con fórmulas por encima de otras estrategias, como la medición del volumen del vaporizador o la medición del peso antes y después de la anestesia. La razón principal fue la naturaleza teórica del presente trabajo (12). En la búsqueda de la literatura se identificaron tres fórmulas: la primera propuesta por Loke y Shearer en 1993 (46), la segunda por Nakada en 2010 (42) y la tercera por Biro en 2014 (47). Se escogió la fórmula de Biro sobre las otras dos porque se diseñó con el objetivo de usarla en estudios farmacoeconómicos y porque se cuenta con la

argumentación más sólida y la mayor cantidad de estudios de evaluación económica que la utilizan (26,48-50).

Para determinar las dosis de anestésicos intravenosos se realizó una búsqueda en la literatura de las concentraciones en sitio-efecto promedio para un rango de estímulos quirúrgicos diversos (51-54). Se utilizó una concentración en sitio-efecto de 6-7 ng/mL durante la intubación, con un bolo inicial de 2-3 µg/kg, y de 2-5 ng/mL para mantenimiento con una infusión de 0,1 a 0,2 µg/kg/min. (55-57). Para el propofol, se determinó una concentración en sitio-efecto de 4 µg/mL para inducción y 3 µg/mL para mantenimiento, lo cual resulta en 2-3 mg/kg para inducción y 6-8 mg/kg/h para mantenimiento (28,29,51).

Inicialmente se modelaron en Microsoft Excel® (2013) diferentes escenarios en los que se simuló la administración de anestesia general balanceada (ya sea con sevoflurano, desflurano o isoflurano) y TIVA con propofol y remifentanilo. Al evaluar el costo de los fármacos intravenosos como el propofol y el remifentanilo se tuvo en cuenta el costo de cada vial utilizado, independientemente de si se utilizó en su totalidad (58); en cambio, el costo de los gases halogenados se calculó por mililitro. Se utilizaron los precios de los medicamentos disponibles al público por el Ministerio de Salud (59).

Después de realizar este análisis determinista, se realizó una simulación de Montecarlo utilizando el software @Risk, simulando 100.000 escenarios simultáneos para cada una de las cuatro alternativas, en los que se combinaron las variables, asignándoles un valor al azar dentro un rango establecido, utilizando una distribución triangular de los datos de todas las variables. Se utilizó esta distribución debido a la escasez de datos sobre la distribución de los valores de las variables en escenarios reales propios del contexto colombiano (reflejado en la ausencia de publicaciones sobre este tema en la literatura médica) y por su versatilidad para modelar distribuciones caracterizadas por dos puntos extremos y un punto probable, como es el caso de las variables modeladas (60). En la variable tiempo

TABLA 1. Parámetros usados para la simulación de Montecarlo.

Variable	Mínimo	Más probable	Máximo	Distribución
Peso del paciente (kg)	45	70	120	Triangular
Costo farmacia	10 %	15 %	20 %	Triangular
Equipo de infusión	COP 15.000	COP 30.000	COP 35.000	Triangular
Electrodo de BIS	COP 30.000	COP 40.000	COP 60.000	Triangular
Precio de remifentanil	COP 6.000	COP 10.000	COP 35.000	Triangular
Precio de propofol	COP 800	COP 8.000	COP 26.000	Triangular
Precio botella isoflurano	COP 41.600	COP 99.030	COP 443.895	Triangular
Precio botella sevoflurano	COP 250.000	COP 400.000	COP 600.000	Triangular
Precio botella desflurano	COP 490.000	COP 560.000	COP 800.000	Triangular
CAM primera hora	1	1,2	1,3	Triangular
FGF 1 hora	1,5	2	2,5	Triangular
CAM mantenimiento	0,6	0,7	0,8	Triangular
FGF mantenimiento	0,6	1	1,2	Triangular
Remifentanil 1h $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$	0,18	0,2	0,4	Triangular
Remifentanil de mantenimiento $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$	0,135	0,18	0,2	Triangular
Propofol bolo mg/kg	0,5	1,2	3	Triangular
Propofol 1 h $\text{mg}/\text{kg}/\text{h}$	4	6	8	Triangular
Remifentanil de mantenimiento $\text{mg}/\text{kg}/\text{h}$	3	5	6	Triangular
Hora	1	3,7	12 (infinito)	Gama

BIS: bispectral index; CAM: concentración alveolar mínima; COP: Peso colombiano; FGF: flujo de gas fresco; Kg: kilogramo; Mg: miligramos.

FUENTE: Autores.

po se utilizó la distribución gamma (Tabla 1) (61). Para analizar los resultados se utilizó la contribución a la varianza (62).

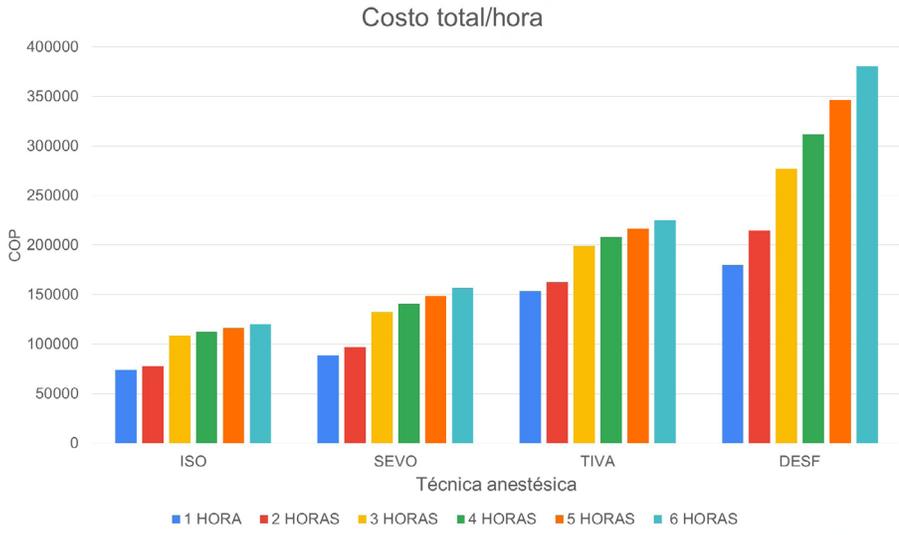
Este estudio no utilizó en ningún momento datos de pacientes, por lo cual — desde el punto de vista ético y bajo la legislación colombiana— se clasificó como un estudio de bajo riesgo, sin la aprobación de un comité de ética para la investigación. Para garantizar su reporte apropiado y completo, el presente estudio económico se adhiere a las guías internacionales Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards (CHEERS).

RESULTADOS

Los resultados derivados del modelo determinista basados en un caso promedio de un paciente adulto de 70 kg, fueron un costo a la primera hora de COP 65.157 para anestesia balanceada con isoflurano, COP 80.047 para sevoflurano, COP 145.100 para TIVA y COP 171.300 COP para desflurano. A las 6 horas el costo es de COP 111.115 para anestesia balanceada con isoflurano, COP 147.721 para sevoflurano, COP 207.800 para TIVA y COP 370.050 para desflurano (Figura 1).

Los resultados del método probabilístico mediante la simulación de Montecarlo fueron un costo total promedio para la anestesia con sevoflurano de COP 126.381 con un mínimo de COP 60.962 y un máximo de COP 474.271. Para la anestesia con isoflurano, COP 97.706 con un costo mínimo de COP 52.693 y un máximo de COP 363.439. Para la anestesia con desflurano, el promedio del costo fue COP 288.605, con un mínimo de COP 119.037 y un máximo de COP 1.208.667. Para la TIVA, el promedio del costo fue COP 222.960, con un mínimo de COP 115.806 y un máximo de COP 1.174.901 (Tabla 2, Figura 2).

FIGURA 1. Parámetros usados para la simulación de Montecarlo.



COP: Pesos colombianos; DESF: Desflurano; ISO: Isoflorano; SEVO: Sevoflurano.

FUENTE: Autores.

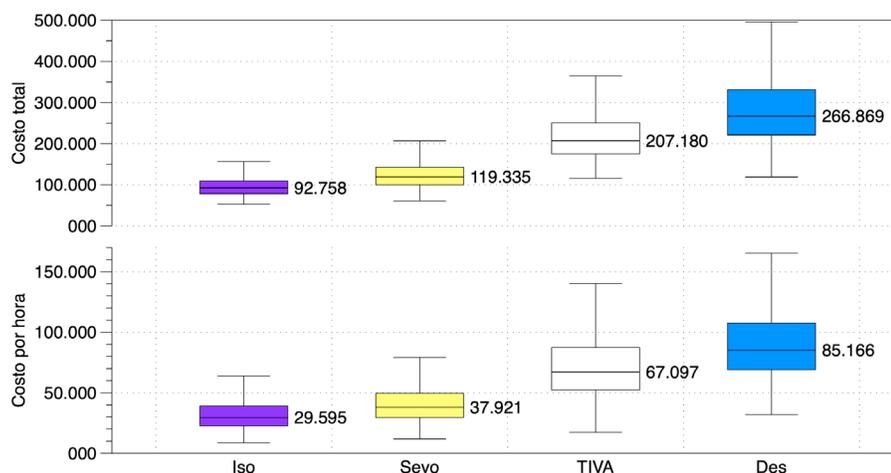
TABLA 2. Costos de técnicas anestésicas.

Técnica anestésica	Costo promedio en miles de COP (IC 90 %)	Costo mínimo en miles de COP	Costo máximo en miles de COP
Balanceada Isoflurano	97 (67-147)	52	363
Balanceada Sevoflurano	126 (83-196)	60	474
Balancead Desflurano	288 (180-473)	119	1.208
TIVA	222 (148-355)	115	1.174

COP: pesos colombianos

FUENTE: Autores.

FIGURA 2. Costos de técnicas anestésicas.



COP: Pesos colombianos; DESF: Desflurano; ISO: Isoflorano; SEVO: Sevoflurano.

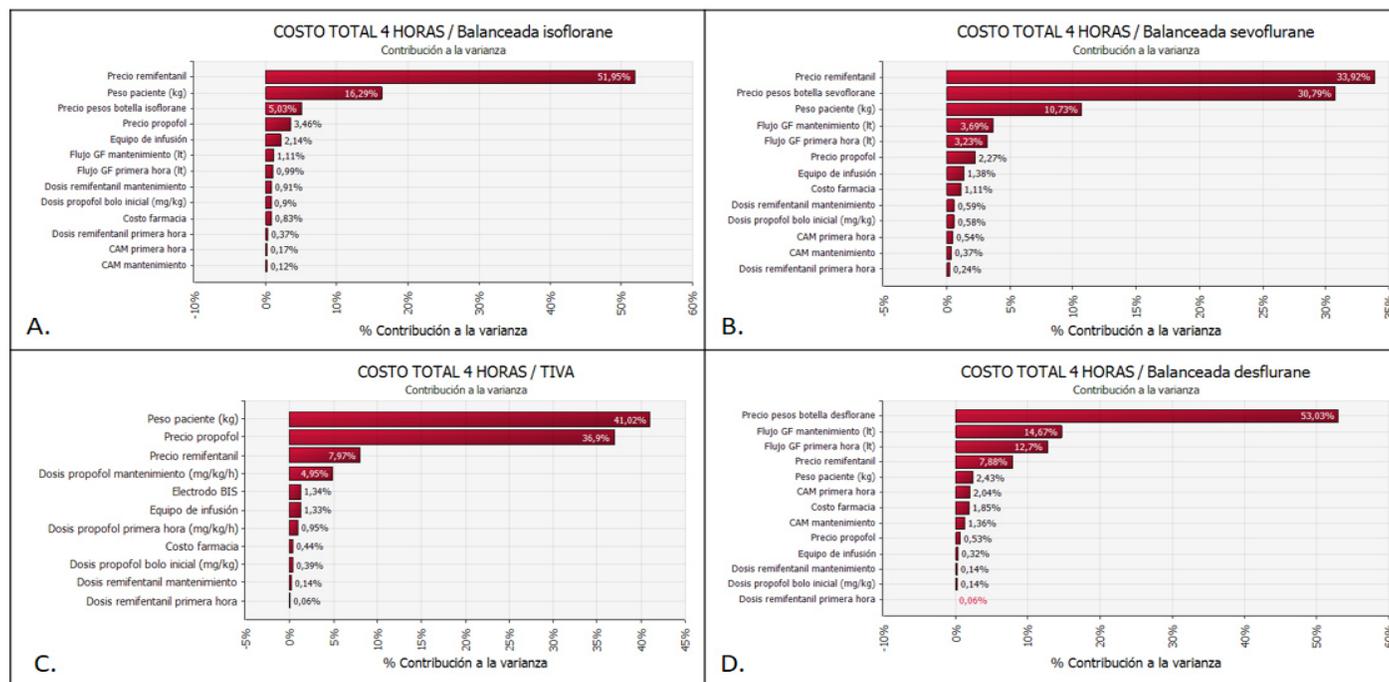
FUENTE: Autores.

Con respecto a las variables que más impactaron el costo, según la contribución a la varianza para el sevoflurano en la primera hora fueron el precio del remifentanilo, el precio del propofol y el precio de botella de sevoflurano. Para la sexta hora fueron el precio del remifentanilo, el precio de la botella de sevoflurano y el peso del paciente. Para el isoflurano en la primera hora fueron el precio del remifentanilo, el precio del propofol y el precio del equipo de infusión. En la sexta hora fueron el precio del remifentanilo, el peso del paciente y el precio del propofol. Para el desflurano en la primera hora fueron el precio de la botella de desflurano, el flujo de gas fresco y el precio del remifentanilo. Para la sexta hora fueron el precio de la botella de desflurano, el precio de remifentanilo y el flujo de gas fresco. Para la TIVA en la primera hora fueron el precio del propofol, el peso del paciente y el precio del equipo de infusión. Para la sexta hora fueron el precio del propofol, el peso del paciente y el precio del remifentanilo (Figura 3).

Al comparar el costo total promedio de la TIVA versus balanceada con sevoflurano, la densidad de probabilidad muestra que en el 99,9 % de los casos la TIVA es más costosa que la anestesia balanceada con sevoflurano, con un costo total promedio de 177 % del costo de la anestesia con sevoflurano. Al comparar el costo total promedio de la TIVA versus balanceada con desflurano, la densidad de probabilidad muestra que en el 78,2 % de los casos la TIVA es más económica que la anestesia balanceada con desflurano, con una media de 79 % del costo de la anestesia con desflurano. Al comparar el costo total promedio de la TIVA versus balanceada con isoflurano, la densidad de probabilidad muestra que en el 100 % de los casos la TIVA es más costosa que la anestesia balanceada con isoflurano, con una media de 228 % del costo de la anestesia con isoflurano.

Al comparar el costo total promedio de la anestesia balanceada con desflurano

FIGURA 3. Costos de técnicas anestésicas.



FUENTE: Autores.

versus balanceada con sevoflurano, la densidad de probabilidad muestra que en el 100 % de los casos la técnica con desflurano es más costosa que la técnica con sevoflurano, con una media de 218 % del costo con sevoflurano para la técnica con desflurano. Al comparar el costo total promedio de la anestesia balanceada con desflurano versus TIVA, la densidad de probabilidad muestra que en el 78,6 % de los casos la técnica con desflurano es más costosa que la TIVA, con una media de 122 % del costo de la TIVA para la técnica con desflurano. Al comparar el costo total promedio de la anestesia balanceada con desflurano versus balanceada con isoflurano, la densidad de probabilidad muestra que en el 100 % de los casos la técnica con desflurano es más costosa que la técnica con isoflurano, con una media de 303 % del costo de la técnica con isoflurano para la técnica con desflurano.

DISCUSIÓN

Los resultados de este modelo económico permiten afirmar que para Colombia a finales del año 2020, la anestesia general ba-

lanceada con desflurano era la más costosa, con un costo promedio (para los 100.000 escenarios simulados) 1,2 veces superior a la de TIVA, 2 veces el de la anestesia balanceada con sevoflurano y 3 veces el de la anestesia balanceada con isoflurano. La TIVA es la segunda más costosa, siendo solo más barata que la anestesia general balanceada con desflurano, su costo es 1,8 veces el de la balanceada con sevoflurano y 2,5 veces el de la balanceada con isoflurano.

Las variables que más impactan en el costo de cada tipo de anestesia son diferentes entre sí, lo cual es de particular importancia cuando se planean estrategias para reducir los costos, ya que permite orientar los esfuerzos sobre las variables con mayor contribución al costo. Para la anestesia con desflurano, el precio del desflurano, el precio del remifentanilo y el flujo de gas fresco (FGF) de mantenimiento son las variables con mayor impacto; para la TIVA son el precio del propofol, el peso del paciente y el precio del remifentanilo; para la anestesia con sevoflurano son el precio del remifentanil, el precio del sevoflurano y el peso del paciente; y para la anestesia con isoflura-

no son el precio del remifentanil, el peso del paciente y el precio del propofol.

Al comparar las diferentes técnicas anestésicas hay una diferencia significativa en los costos, que, aunque para anestesia parecen poco en comparación con el costo total de la atención de un paciente, multiplicados por un gran número de casos cobran importancia. El costo como variable por tener en cuenta en la elección de una técnica anestésica, tiene repercusiones no solo en la reducción o aumento inmediato de los costos para un hospital o sistema de salud, sino que es dinero que podría usarse para cubrir otras necesidades en salud, como atender mayor número de pacientes, mejorar el salario de los trabajadores, mejorar la infraestructura, etc. Lo anterior permitiría la consecución de “la cuádruple meta” (63), propuesta para una atención en salud de calidad y alto valor, compuesta por mejores resultados en salud, mayor satisfacción del paciente, menores costos y mejor experiencia del prestador y el equipo de salud.

Al comparar el presente estudio con los publicados en la literatura, se encuentra heterogeneidad metodológica, aunque

hay otros análisis económicos basados en estudios retrospectivos, en ensayos clínicos aleatorizados y en simulaciones, con tamaños variables, pero significativamente menores a los del presente estudio. Sobre los resultados, la principal diferencia encontrada fue que la anestesia total intravenosa no es la opción más costosa de todas y sí lo fue la anestesia general balanceada con desflurano. En común con otros estudios se encontró que la anestesia general balanceada con isoflurano es la más económica en todos los escenarios simulados en nuestro estudio, así como en todos los estudios que compararon este tipo de anestesia con alguna otra.

Las fortalezas del presente estudio son la validez de sus resultados para Colombia, pues los datos utilizados son del contexto nacional e incluyen un amplio rango de precios y valores para las variables; su carácter innovador, pues no se encontró en nuestra búsqueda en la literatura otro estudio que aborde el tema preguntando por la diferencia de precios entre los diferentes tipos de anestesia general disponible y utilizando una metodología como la que se utilizó en el presente estudio; otra fortaleza, proveniente de la metodología, es la robustez y consistencia de los resultados, los cuales se mantienen después de realizar el análisis de sensibilidad con el método probabilístico.

Las limitaciones que tiene este estudio son su naturaleza del modelo, dado que no se utilizaron pacientes ni escenarios reales, y sus resultados están limitados a las variables incluidas y al rango de valores asignados a estas variables, los cuales, si bien se basan en los datos disponibles, no agotan la totalidad de los escenarios que pueden presentarse en una realidad por naturaleza contingente, como escenarios de desabastecimiento de medicamentos o variaciones significativas de los precios en el mercado que se presentan actualmente por la pandemia de COVID-19. Tampoco se incluyeron en el presente estudio los costos indirectos, los costos asociados a productividad laboral, los cuales podrán ser evaluados en futuros estudios.

CONCLUSIÓN

Con el modelo económico realizado en la presente investigación, en el escenario de pacientes adultos sometidos a intervenciones quirúrgicas no cardíacas bajo anestesia general, en Colombia, hay importantes diferencias en el costo total de las técnicas anestésicas utilizadas, siendo la técnica más económica la anestesia balanceada con isoflurano, seguida de la anestesia balanceada con sevoflurano, la anestesia total intravenosa y por último la anestesia balanceada con desflurano. Se deja entonces esta información a interpretación del lector como sustrato para una toma de decisiones informadas en la cual se determine si el costo de la elección de una u otra técnica anestésica vale la pena.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Aval de comité de ética

Este estudio no utilizó en ningún momento datos de pacientes, por lo cual —desde el punto de vista ético y bajo la legislación colombiana— se clasificó como un estudio de bajo riesgo, sin la aprobación de un comité de ética para la investigación.

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

Este estudio no utilizó en ningún momento datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Este estudio no utilizó en ningún momento datos de pacientes.

RECONOCIMIENTOS

Contribuciones de los autores.

JCGF. Planificación del estudio, obtención de datos, interpretación de los resultados y redacción del manuscrito.

DARV. Planificación del estudio, obtención de datos, interpretación de los resultados, análisis de los datos y redacción del manuscrito.

CGA. Interpretación de los resultados y redacción del manuscrito.

Asistencia para el estudio

Ninguna declarada.

Apoyo financiero y patrocinio

El presente estudio fue financiado en su totalidad por los autores, no contó con financiación de ninguna institución pública o privada.

Conflictos de interés

Declaramos que no hay conflicto de intereses por parte de ninguno de los autores.

Presentaciones

Ninguna declarada.

Agradecimientos

Ninguno declarado.

REFERENCIAS

1. Meara JG, Leather AJM, Hagander L, Alkire BC, Alonso N, Ameh EA, et al. Global Surgery 2030: evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development. *Lancet Lond Engl.* 2015;386(9993):569-624. doi: <http://www.doi.org/10.1016/j.ijoa.2015.09.006>

2. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, et al. An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *The Lancet*. 2008;372(9633):139-44. doi: [http://www.doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60878-8](http://www.doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60878-8)
3. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Gasto en salud per cápita y en relación al PIB. Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020. OECD iLibrary [Internet]. [citado: 2020 nov.14]. Disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/b01ad37f-es/index.html?itemId=/content/component/b01ad37f-es>
4. World Health Organization. Global spending on health: a world in transition. 2019 [citado: 2021 ene. 7]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330357>
5. Gutiérrez SC, Bardey D. El sistema de salud colombiano en las próximas décadas: cómo avanzar hacia la sostenibilidad y la calidad en la atención. *Debates Presidenciales* 2018. Bogotá: La Imprenta Editores S.A.; 2018.
6. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, Lipsitz SR, Esquivel MM, Uribe-Leitz T, et al. Size and distribution of the global volume of surgery in 2012. 2016;94:201-9F. doi: <http://www.doi.org/10.2471/BLT.15.159293>
7. Malthus TR. *Ensayo sobre el principio de la población*. Madrid: L. González; 1846.
8. Palmer S, Raftery J. Opportunity cost. *BMJ*. 1999;318(7197):1551-2. doi: <http://www.doi.org/10.1136/bmj.318.7197.1551>
9. McCaffrey M. Introduction: The Economic Theory of Costs in Perspective [Internet]. Rochester, NY: Social Science Research Network; 2017 oct [citado: 2020 nov. 14]. Report No.: ID 3058651. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3058651>
10. Macario A, Vitez T, Dunn B, McDonald T. Where are the costs in perioperative care?: Analysis of hospital costs and charges for inpatient surgical care. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol*. 1995;83(6):1138-44. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000542-199512000-00002>
11. Rinehardt EK, Sivarajan M. Costs and wastes in anesthesia care. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012;25(2):221-5. doi: <http://www.doi.org/10.1097/ACO.0b013e32834f00ec>
12. Smith I. Total intravenous anaesthesia: is it worth the cost? *CNS Drugs*. 2003;17(9):609-19. doi: <http://www.doi.org/10.2165/00023210-200317090-00001>
13. Calderón EL, García LM, Meléndez HJ. Tiempos de recuperación y costos en cirugía ambulatoria, utilizando diferentes técnicas anestésicas. *Ensayo clínico controlado*. *Colombian Journal of Anesthesiology*. 2005;33(4):237-44.
14. Stevanovic PD, Petrova G, Miljkovic B, Scepanovic R, Perunovic R, Stojanovic D, et al. Low fresh gas flow balanced anesthesia versus target controlled intravenous infusion anesthesia in laparoscopic cholecystectomy: a cost-minimization analysis. *Clin Ther*. 2008;30(9):1714-25. doi: <http://www.doi.org/10.1016/j.clinthera.2008.09.009>
15. Kumar G, Stendall C, Mistry R, Gurusamy K, Walker D. A comparison of total intravenous anaesthesia using propofol with sevoflurane or desflurane in ambulatory surgery: systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2014;69(10):1138-50. doi: <http://www.doi.org/10.1111/anae.12713>
16. Hu J, He Z. Cost of general anesthesia during radical gastrectomy using different specifications of propofol: cost-minimization analyses. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(11):21266-78. PMID: 26885066
17. Bocskai T, Loibl C, Vamos Z, Woth G, Molnar T, Bogar L, et al. Cost-effectiveness of anesthesia maintained with sevoflurane or propofol with and without additional monitoring: a prospective, randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol*. 2018;18(1):100. doi: <http://www.doi.org/10.1186/s12871-018-0563-z>
18. Centers for Disease Control and Prevention, Office of the Associate Director for Policy and Strategy. Economic Evaluation Overview [Internet]. 2019 [citado: 2019 nov. 21]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/policy/polaris/economics/index.html>
19. Briggs A. Handling uncertainty in economic evaluation. *BMJ*. 1999;319(7202):120.
20. Weinstein MC, Stason WB. Foundations of cost-effectiveness analysis for health and medical practices. *N Engl J Med*. 1977;296(13):716-21. doi: <http://www.doi.org/10.1056/NEJM197703312961304>.
21. Rowe WL. Economics and anaesthesia. *Anaesthesia*. 1998;53(8):782-8. doi: <http://www.doi.org/10.1046/j.1365-2044.1998.00469.x>
22. Goodacre S, McCabe C. An introduction to economic evaluation. *Emerg Med J*. 2002;19(3):198-201. doi: <http://www.doi.org/10.1136/emj.19.3.198>
23. Newby D, Hill S. Use of pharmacoeconomics in prescribing research. Part 2: cost-minimization analysis – when are two therapies equal? *J Clin Pharm Ther*. 2003;28(2):145-50. doi: <http://www.doi.org/10.1046/j.1365-2710.2003.00455.x>
24. Uhlig C, Bluth T, Schwarz K, Deckert S, Heinrich L, Hert SD, et al. Effects of volatile anesthetics on mortality and postoperative pulmonary and other complications in patients undergoing surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol*. 2016;124(6):1230-45. doi: <http://www.doi.org/10.1097/ALN.0000000000001120>
25. Yoo S, Lee H-B, Han W, Noh D-Y, Park S-K, Kim WH, et al. Total intravenous anesthesia versus inhalation anesthesia for breast cancer surgery: a retrospective cohort study. *Anesthesiology*. 2019;130(1):31-40. doi: <http://www.doi.org/10.1097/ALN.0000000000002491>
26. Wigmore TJ, Mohammed K, Jhanji S. Long-term survival for patients undergoing volatile versus IV anesthesia for cancer surgery: a retrospective analysis. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol*. 2016;124(1):69-79. doi: <http://www.doi.org/10.1097/ALN.0000000000000936>
27. Miller D, Lewis SR, Pritchard MW, Schofield Robinson OJ, Shelton CL, Alderson P, et al. Intravenous versus inhalational maintenance of anaesthesia for postoperative cognitive outcomes in elderly people undergoing non-cardiac surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;(8). doi: <http://www.doi.org/10.1002/14651858.CD012317.pub2>
28. Qiu Q, Choi SW, Wong SSC, Irwin MG, Cheung CW. Effects of intra-operative maintenance of general anaesthesia with propofol on postoperative pain outcomes - a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2016;71(10):1222-33. doi: <http://www.doi.org/10.1111/anae.13578>
29. Gao W-W, He Y-H, Liu L, Yuan Q, Wang Y-F, Zhao B. BIS Monitoring on intraoperative awareness: a meta-analysis. *Curr Med Sci*. 2018;38(2):349-53. doi: <http://www.doi.org/10.1007/s11596-018-1886-1>.
30. Yoon H-K, Jun K, Park S-K, Ji S-H, Jang Y-E, Yoo S, et al. Anesthetic agents and cardiovascular

- outcomes of noncardiac surgery after coronary stent insertion. *J Clin Med.* 2020;9(2). doi: <http://www.doi.org/10.3390/jcm9020429>.
31. Kwon J-H, Park J, Lee S-H, Oh A-R, Lee J-H, Min JJ. Effects of volatile versus total intravenous anesthesia on occurrence of myocardial injury after non-cardiac surgery. *J Clin Med.* 2019;8(11). doi: <http://www.doi.org/10.3390/jcm8111999>.
 32. Kletecka J, Holeckova I, Brenkus P, Pouska J, Benes J, Chytra I. Propofol versus sevoflurane anaesthesia: effect on cognitive decline and event-related potentials. *J Clin Monit Comput.* 2019;33(4):665-73. doi: <http://www.doi.org/10.1007/s10877-018-0213-5>.
 33. Yoo Y-C, Bai S-J, Lee K-Y, Shin S, Choi EK, Lee JW. Total intravenous anesthesia with propofol reduces postoperative nausea and vomiting in patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a prospective randomized trial. *Yonsei Med J.* 2012;53(6):1197-202. doi: <http://www.doi.org/10.3349/yymj.2012.53.6.1197>
 34. Ortiz AC, Atallah AN, Matos D, da Silva EMK. Intravenous versus inhalational anaesthesia for paediatric outpatient surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(2):CD009015. doi: <http://www.doi.org/10.1002/14651858.CD009015.pub2>.
 35. Apfel CC, Kranke P, Katz MH, Goepfert C, Paffenfuss T, Rauch S, et al. Volatile anaesthetics may be the main cause of early but not delayed postoperative vomiting: a randomized controlled trial of factorial design. *Br J Anaesth.* 2002;88(5):659-68. doi: <http://www.doi.org/10.1093/bja/88.5.659>.
 36. Agoliati A, Dexter F, Lok J, Masursky D, Sarwar MF, Stuart SB, et al. Meta-analysis of average and variability of time to extubation comparing isoflurane with desflurane or isoflurane with sevoflurane. *Anesth Analg.* 2010;110(5):1433-9. doi: <http://www.doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181d58052>.
 37. Carli D de, Meletti JFA, Neto NEU, Martinez G, Kim ALC, Camargo RPS de. General anesthesia technique and perception of quality of postoperative recovery in women undergoing cholecystectomy: A randomized, double-blinded clinical trial. *PLOS ONE.* 2020;15(2):e0228805. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228805>
 38. Alhashemi JA, Miller DR, O'Brien HV, Hull KA. Cost-effectiveness of inhalational, balanced and total intravenous anaesthesia for ambulatory knee surgery. *Can J Anaesth.* 1997;44(2):118-25. doi: <http://www.doi.org/10.1007/bf03012998>.
 39. Suttner S, Boldt J, Schmidt C, Piper S, Kuml B. Cost analysis of target-controlled infusion-based anesthesia compared with standard anesthesia regimens: Retracted. *Anesth Analg.* 1999;88(1):77-82. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000539-199901000-00015>.
 40. Golembiewski J. Economic considerations in the use of inhaled anesthetic agents. *Am J Health-Syst Pharm AJHP Off J Am Soc Health-Syst Pharm.* 2010;67(8 Suppl 4):S9-12. doi: <http://www.doi.org/10.2146/ajhp100093>
 41. Dzwonczyk R, Weaver TE, Puente EG, Bergese SD. Postoperative nausea and vomiting prophylaxis from an economic point of view. *Am J Ther.* 2012;19(1):11-5. doi: <https://doi.org/10.1097/MJT.0b013e3181e7a512>
 42. Nakada T, Ikeda D, Yokota M, Kawahara K. Analysis of the cost-effectiveness of remifentanyl-based general anesthesia: a survey of clinical economics under the Japanese health care system. *J Anesth.* 2010;24(6):832-7. doi: <http://www.doi.org/10.1007/s00540-010-1006-2>
 43. Tan SS, Rutten FFH, van Ineveld BM, Redekop WK, Hakkaart-van Roijen L. Comparing methodologies for the cost estimation of hospital services. *Eur J Health Econ HEPAC Health Econ Prev Care.* 2009;10(1):39-45. doi: <http://www.doi.org/10.1007/s10198-008-0101-x>. Epub 2008 Mar 14.
 44. Broadway PJ, Jones JG. A method of costing anaesthetic practice. *Anaesthesia.* 1995;50(1):56-63. doi: <http://www.doi.org/10.1111/j.1365-2044.1995.tb04516.x>.
 45. Ministerio de Salud de Colombia. Termómetro de precios de medicamentos [Internet]. [citado: 2019 nov. 17]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/MT/Paginas/termometro-de-precios.aspx>
 46. Loke J, Shearer WAJ. Cost of anaesthesia. *Can J Anaesth.* 1993;40(5):472-4. doi: <http://www.doi.org/10.1007/BF03009526>.
 47. Biro P. Calculation of volatile anaesthetics consumption from agent concentration and fresh gas flow. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2014;58(8):968-72. doi: <http://www.doi.org/10.1111/aas.12374>.
 48. Malhotra R, Kumar N, Jain A. Cost identification analysis of general anesthesia. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2020;36(2):219-26. doi: http://www.doi.org/10.4103/joacp.JOACP_77_19
 49. Taşkın D, Gedik E, Kayhan Z. Effects of minimal flow sevoflurane or desflurane anaesthesia on hemodynamic parameters, body temperature and anaesthetic consumption. *Turk J Anaesthesiol Reanim.* 2020;48(5):356-63. doi: <http://www.doi.org/10.5152/TJAR.2020.39699>.
 50. Yang SM, Jung YS, Jung C-W, Kim WH, Yoon SB, Lee H-C. Comparison of bispectral index-guided and fixed-gas concentration techniques in desflurane and remifentanyl anesthesia: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2020;15(11):e0241828. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241828>
 51. Eleveld DJ, Proost JH, Vereecke H, Absalom AR, Olofsen E, Vuyk J, et al. An allometric model of remifentanyl pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Anesthesiology.* 2017;126(6):1005-18. doi: <http://www.doi.org/10.1097/ALN.0000000000001634>.
 52. Minto CF, Schnider TW, Egan TD, Youngs E, Lemmens HJ, Gambus PL, et al. Influence of age and gender on the pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl. I. Model development. *Anesthesiology.* 1997;86(1):10-23. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000542-199701000-00004>.
 53. Ross AK, Davis PJ, Dear Gd GL, Ginsberg B, McGowan FX, Stiller RD, et al. Pharmacokinetics of remifentanyl in anesthetized pediatric patients undergoing elective surgery or diagnostic procedures. *Anesth Analg.* 2001;93(6):1393-401. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000539-200112000-00008>.
 54. Mertens MJ, Olofsen E, Engbers FHM, Burm AGL, Bovill JG, Vuyk J. Propofol reduces perioperative remifentanyl requirements in a synergistic manner: response surface modeling of perioperative remifentanyl-propofol interactions. *Anesthesiology.* 2003;99(2):347-59. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000542-200308000-00016>.
 55. Ramírez DE, Calvache JA. Diseño y evaluación del desempeño del algoritmo «iTIVA» para la administración manual de anestésicos intravenosos según objetivo en sitio efecto. *Colombian Journal of Anesthesiology.* 2016;44(2):105-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2016.02.002>

56. Kim TK, Hong DM, Lee SH, Paik H, Min SH, Seo J-H, et al. Effect-site concentration of remifentanyl required to blunt haemodynamic responses during tracheal intubation: A randomized comparison between single- and double-lumen tubes. *J Int Med Res.* 2018;46(1):430-9. doi: <http://www.doi.org/10.1177/0300060517721072>
57. Albertin A, Casati A, Bergonzi P, Fano G, Torri G. Effects of two target-controlled concentrations (1 and 3 ng/ml) of remifentanyl on MACBARof Sevoflurane. *Anesthesiology.* 2004;100(2):255-9. doi: <http://www.doi.org/10.1097/00000542-200402000-00012>
58. Munoz-Price LS, Bowdle A, Johnston BL, Bearman G, Camins BC, Dellinger EP, et al. Infection prevention in the operating room anesthesia work area. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2018;1-17. doi: <http://www.doi.org/10.1017/ice.2018.303>
59. Ministerio de Salud de Colombia. Listado de medicamentos con precio controlado y/o de referencia [Internet]. [citado: 2021 abr. 8]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/MT/Paginas/listado-de-medicamentos-con-precio-controlado.aspx>
60. Fairchild KW, Misra L, Shi Y. Using triangular distribution for business and finance simulations in Excel. *J Financ Educ.* 2016;42(3-4):313-6.
61. Arroyo I, Bravo LC, Llinás H, Muñoz FL. Poisson and gamma distributions: A discrete and continuous relation. *Prospectiva.* 2014;12(1):99-107.
62. Palisade Knowledge Base. Calculating Contribution to Variance. [Internet]. [citado: 2020 dic. 7]. Disponible en: <https://kb.palisade.com/index.php?pg=kb.page&id=1605>
63. Bodenheimer T, Sinsky C. From triple to quadruple aim: care of the patient requires care of the provider. *Ann Fam Med.* 2014;12(6):573-6. doi: <http://www.doi.org/10.1370/afm.1713>