

Impacto ambiental del uso del gas anestésico inhalatorio sevoflurano en un hospital de Perú

Environmental impact of the inhaled anesthetic gas sevoflurano used in a public hospital in Peru

Celso Bambarén^{1,a,b}, Meilind Chú^{2,c,d}

RESUMEN

Objetivos: Estimar el impacto ambiental del gas anestésico inhalatorio sevoflurano utilizado en los procedimientos quirúrgicos en un hospital público localizado en la provincia constitucional del Callao. **Material y métodos:** Estudio descriptivo y retrospectivo basado en la información sobre la utilización de tipos y cantidades de agentes anestésicos inhalatorios en un hospital seleccionado. La huella de carbono fue estimada con base en la cantidad de botellas del agente utilizado, volumen de cada botella, densidad del agente, y potencial de calentamiento global. **Resultados:** El gas anestésico utilizado en el hospital seleccionado fue el sevoflurano. El gas generó 18,13 CO₂teq para el año 2015 y 17,64 en 2016. **Conclusiones:** El sevoflurano produce un impacto ambiental negativo pero menor al que hubiese ocurrido al utilizar otros gases como isoflurano o desflurano.

PALABRAS CLAVE: Anestésicos, hospitales, cambio climático. (Fuente: DeCS BIREME).

SUMMARY

Objectives: Estimate the environmental impact of the inhaled anesthetic gas sevoflurano used in surgical procedures in a public hospital located in the province of Callao. **Methods:** A descriptive and retrospective study based on information about the type and quantity of anesthetic agent used in the selected hospital. The carbon footprint was estimated based on the multiplication of the annual number of bottles used, volume of each bottle, density, and global warming potential. **Results:** Sevoflurane is the anesthetic gas used in the selected hospital. This gas generated 18,13 CO₂teq for the year 2015 and 17,64 in 2016. **Conclusions:** The sevoflurano has a negative environmental impact but minor if other gases as isoflurano or desflurano would have been used.

KEYWORDS: Anesthetics, hospitals, climate change. (Source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

El sector salud es una de las industrias que más contribuyen al cambio climático especialmente a través del funcionamiento de los establecimientos de salud como los hospitales (1), los cuales tienen un consumo intensivo de agua, energía eléctrica y combustibles fósiles generando grandes cantidades de residuos vertidos y emisiones; por ejemplo, el

sector salud en Estados Unidos es responsable del 8% de los gases de efecto invernadero y en las salas de operaciones se genera entre el 20% a 30% del total de los residuos del hospital (2).

Además, el sector salud es uno de los principales consumidores de sustancias químicas, muchas de las cuales tienen efectos nocivos documentados en el medio ambiente. El gasto para la compra de

¹ Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

² Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara. Callao, Perú.

^a Profesor Principal;

^b Doctor en Medicina;

^c Médico Asistente;

^d Magister en Salud Pública

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

sustancias químicas del sector salud en los Estados Unidos equivale a más del doble del gasto que realiza el segundo mayor sector de consumo de la industria (3). Estas sustancias tanto líquidas como gaseosas se utilizan en diferentes servicios como laboratorio, anatomía patológica, diagnóstico por imágenes, central de esterilización, salas de operaciones, entre otros.

Se estima que cada año, se administra anestesia general a 50 millones de personas en los Estados Unidos, siendo los anestésicos volátiles uno de los más empleados, los cuales son generalmente compuestos halogenados que destruyen la capa de ozono y tienen un impacto significativo en el cambio climático (3). El impacto potencial sobre cambio climático de los anestésicos halogenados es hasta 3760 veces más grande que el dióxido de carbono (4). Un estudio encontró que la emisión de gases anestésicos de 1 100 hospitales en Canadá superó los 1,1 millones de toneladas equivalentes de CO₂ (4).

De los gases anestésicos que más frecuentemente se utilizan en los hospitales, el desflurano y el óxido nitroso son los que tienen mayor efecto en el cambio climático mientras que el sevoflurano tiene el menor efecto (5), este último junto con el desflurano ha reemplazado al isoflurano y halotano. El sevoflurano y desflurano pueden permanecer en la atmósfera entre 1,4 a 21,4 años, respectivamente (6).

El sevoflurano (fluorometil 2,2,2-trifluoro-1 [trifluorometil]etil éter) se administra en forma de vapor para la inducción y mantenimiento de la anestesia general en cirugía de adultos y niños, hospitalizados o ambulatorios (7). La rápida eliminación pulmonar minimiza la cantidad de anestésico susceptible de ser metabolizada. Hasta el 5% de la dosis es metabolizada, principalmente por el citocromo P450 a hexafluoroisopropanol (HFIP) con eliminación de fluoruro inorgánico y dióxido de carbono que se conjuga rápidamente con ácido glucurónico y se excreta por la orina (7). Lo restante del gas es arrojado directamente a la atmósfera a través de los sistemas de ventilación de las salas de operaciones. Es el único anestésico volátil fluorado que no se metaboliza a ácido trifluoroacético. El sevoflurano es tal vez el producto que más se utiliza en los hospitales del país, especialmente en los públicos para dar anestesia general.

En general, los gases anestésicos son poco metabolizados por el organismo, por lo cual al ser

exhalados por los pacientes o recogidos por las máquinas de anestesia con poca o ninguna degradación adicional, pasan directamente a la atmósfera como gases médicos residuales (6).

La investigación se realizó para contar con información técnica que contribuya a mejorar la toma de decisiones sobre la adquisición de uno u otro gas anestésico mediante la incorporación del impacto ambiental como un factor de análisis.

El objetivo del estudio fue estimar el impacto ambiental del gas anestésico inhalatorio sevoflurano utilizado en los procedimientos quirúrgicos en un hospital público.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo. Se seleccionó en forma no aleatoria a un hospital público categorizado como III-1 ubicado en la provincia constitucional del Callao, que cuenta con más de 300 camas de hospitalización. Este estudio no fue revisado por algún Comité de Ética. Se realizaron entrevistas al personal del departamento de anestesiología para conocer los tipos agentes anestésicos inhalatorios que se utilizan para los procedimientos quirúrgicos en sala de operaciones y extra quirófono. El dato sobre la cantidad anual de frascos de los agentes anestésicos utilizados se obtuvo de la farmacia de sala de operaciones del hospital. El manejo de los datos se realizó en la hoja de cálculo Excel. En el establecimiento seleccionado se utiliza el sevoflurano que tiene una presentación en frascos de 250 ml.

Para calcular el impacto ambiental, se tomó en cuenta la cantidad expresada en toneladas equivalentes de CO₂ (teqCO₂) que se genera por año, estimada mediante la multiplicación de la cantidad anual de frascos utilizados, del volumen de cada frasco, densidad, y del potencial de calentamiento global conocido por las siglas GWP en inglés (8). Se realizaron ajustes a la cantidad de gas arrojado a la atmósfera según los diferentes porcentajes de metabolización de los agentes anestésicos inhalatorios, entre 1% a 5%.

Finalmente, se realizó una comparación de la huella anual de carbono que hubiese generado la utilización del desflurano e isoflurano. Para ello, se estimó el número de pacientes que recibieron anestesia mediante el sevoflurano con base al valor encontrado para el 2016 y considerando un consumo de 19,6 ml por paciente (9). El número de pacientes se multiplico

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

por el consumo por paciente de 18,8 ml y 32,7 ml para el isoflurano y desflurano respectivamente (9), con lo cual se obtuvo el número de frascos que se hubiesen utilizado; y con base en ello se calcularon las toneladas de equivalentes de CO₂

RESULTADOS

Durante el año 2015 se utilizaron 367 frascos de sevoflurano y 357 en el 2016, estimándose que fue administrado a 4686 y 4558 pacientes en los años estudiados. El sevoflurano generó 18,13 teq CO₂ para el año 2015, y 17,64 en el 2016, lo que representa una

disminución porcentual de tres por ciento en un año (Tabla 1). Esta estimación, se realizó considerando un cero por ciento de metalización corporal del agente anestésico.

Se efectuó la estimación de teq CO₂ a diferentes tasas de metabolización. Los resultados se presentan en la tabla 2, observándose como máximo una diferencia entre 890 a 110 kilos de CO₂e, para los cálculos entre 0% a 5% de metabolización.

En el gráfico 1 se muestran los resultados de una simulación de la utilización del desflurano e isoflurano

Tabla 1. Estimación de teq CO₂ generadas por la utilización del sevoflurano en los años 2015 y 2016 en un hospital. Perú.

Año	Número de frascos	Densidad (mg/l)	GWP	teq CO ₂
2015	367	1,52	130	18,13
2016	357	1.52,	130	17,64

GWP: Potencial de calentamiento global

Tabla 2. Valores ajustados de teq CO₂ a diferentes tasas de metabolización del sevoflurano para los años 2015 y 2016 en un hospital. Perú.

Año	Tasa de metabolización		
	1%	2,5%	5,0%
2015	18,13	17,68	17,22
2016	17,64	17,19	16,75

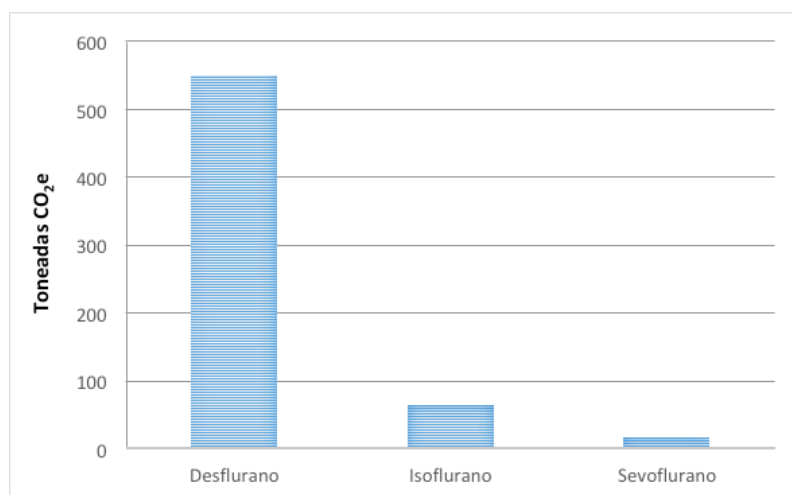


Gráfico 1. Simulación de la cantidad anual de teq CO₂ generadas por la utilización del desflurano e isoflurano, en comparación con el sevoflurano para el año 2016.

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

en vez del sevoflurano con base en el consumo de este producto para el año 2016. Se tiene que la utilización del desflurano hubiese generado 551,24 teq CO₂ y de 65,38 teq CO₂ para el caso del isoflurano.

DISCUSIÓN

El impacto de los agentes anestésicos inhalatorios en el medio ambiente depende de la cantidad utilizada, la que es eliminada directamente a la atmósfera y de su GWP. El consumo anual depende de la tasa de flujo de aire fresco empleado en cada cirugía, tiempo operatorio, su combinación con opioides, uso del óxido nitroso y de la concentración alveolar mínima (CAM) del agente. A un alto flujo de aire fresco se incrementa el efecto del agente mientras que el óxido nitroso reduce la cantidad del gas (10).

La decisión del hospital seleccionado de utilizar el sevoflurano en lugar de otro halogenado tuvo menos consecuencias negativas en el medio ambiente, especialmente cuando se compara con el desflurano. Ello, debido a que la cantidad de desflurano que se consumiría es mayor que los otros dos gases por su concentración alveolar mínima de 6% comparado con el 2% del sevoflurano y 1,2% del isoflurano (10) y además porque ambos gases tienen un mayor GWP que el sevoflurano. El GWP del sevoflurano es de 130 por kilogramo para un periodo de 100 años (8). A pesar de ello, el impacto del sevoflurano es alto y es equivalente al efecto de 3,4 conductores manejando su vehículo por un año, o 1801 galones de gasolina consumidos por año (11).

Existen diversas estrategias para mitigar los efectos ambientales de los gases anestésicos, lo cual incluye la utilización restringida del óxido nitroso y desflurano; así como evitar las altas tasas de flujo de gas para todos los medicamentos inhalados (12). A ello, se suma la utilización de circuitos cerrados de ventilación, la anestesia total intravenosa, bloqueos de los nervios periféricos, y la reducción del consumo de gases durante las etapas anestésicas, por ejemplo bajar el flujo fresco del gas y cerrar el vaporizador de gases durante la intubación (13).

Los estudios demuestran que la utilización de circuitos cerrados y de flujos bajos de gases pueden reducir el volumen consumido de gases anestésicos inhalatorios en un 80% a 90% (14). La utilización de estas técnicas significarían una gran reducción de la cantidad de teq CO₂ que se arroja a la atmósfera,

pasando de 17,64 por año a un rango entre 1,73 a 3,53, con lo cual se disminuiría el efecto del hospital en el medio ambiente y su aporte a la destrucción de la capa de ozono.

Es necesario aumentar el número de investigaciones sobre el impacto ambiental de los establecimientos de salud para desarrollar nuevas estrategias que garanticen la sostenibilidad medioambiental y económica, las cuales deberán incluir investigadores de la salud, la energía, el medio ambiente, y disciplinas económicas (15). También es importante que el personal de salud conozca el efecto invernadero de los gases anestésicos y sus implicaciones. En un estudio realizado en Arabia Saudita, sólo el 16% de los encuestados pudieron identificar correctamente todos los gases de efecto invernadero (16).

El estudio tiene como limitación que sólo representa el impacto ambiental para un hospital y que no puede ser extrapolado a otros hospitales públicos, ya que éstos podrán utilizar otros tipos de gases anestésicos inhalatorios. Sin embargo, se muestra que la selección del gas anestésico puede contribuir a reducir la huella de carbono de la institución, lo que podría reforzarse mejorando las técnicas anestésicas que utilizan en sus procedimientos quirúrgicos.

Se concluye que el sevoflurano produce un impacto ambiental negativo debido a la huella de carbono que deja las toneladas de equivalentes de CO₂ que llegan a la atmósfera, sin embargo este efecto hubiese sido mayor si en el hospital se utilizaran otros gases inhalatorios como isoflurano o desflurano.

Declaración de financiamiento y de conflictos de intereses:

Los autores declaran que el estudio ha sido financiado con los recursos propios de los investigadores; y que no se ha recibido apoyo económico en forma de subvención, donación de equipos, aporte de medicamentos u otro tipo de apoyo. Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses de orden económico, institucional, laboral o personal.

Contribución de autoría:

CB y **MCh** han participado en la concepción y diseño del artículo, la recolección, análisis e interpretación de los datos; así como la redacción y revisión crítica de la versión final del artículo.

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

Correspondencia:

Celso Bambarén
Loma Verde 130 – Lima 33, Perú.
Correo electrónico: celso.bambaren.a@upch.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. The Center for Health Design. Designing the 21st Century Hospital: Environmental leadership for healthier patients and facilities. Washington DC: The Center for Health Design; 2006.
2. Huncke TK, Ryan S, Hopf H, et al. Greening the operating room: reduce, reuse, recycle and redesign. Illinois, Estados Unidos: American Society of Anesthesiologist; 2012.
3. Salud sin daño. Un marco integral de salud ambiental para los hospitales y los sistemas de salud de todo el mundo. Buenos Aires: Salud sin daño; 2011.
4. Canadian Centre for Pollution. Hospital anesthetic gas discharges and the environment: Prevent the vent. Toronto: Canadian Centre for Pollution; 2008.
5. Sustainable Development Unit. Carbon footprint from anaesthetic gas use. Cambridge: Sustainable Development Unit; 2013.
6. Ryan S, Nielsen C. Global warming potential of inhaled anesthetics: Application to clinical use. *Anesth Analg*. 2010; 111(1): 92-8.
7. Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. Ficha técnica Sevoflurano. Madrid, España: Agencia española de medicamentos y productos sanitarios; 2016. (citado el 12 de agosto del 2018) Disponible en: https://www.aemps.gob.es/cima/pdfs/es/ft/61451/61451_ft.pdf
8. Pierce J. The environment, the gas bill, and the route to sustainable anaesthesia. *RCOA Bull*. 2013; 82: 39-41.
9. Biro P. Calculation of volatile anaesthetics consumption from agent concentration and fresh gas flow. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2014; 58(8):968-72.
10. Axelrod D, Bell C, Feldman J, et al. Greening the operating room and perioperative arena: environmental sustainability for anesthesia practice. Illinois, Estados Unidos: American Society of Anaesthesiologists; 2015.
11. United States Environmental Protection Agency. Greenhouse gas equivalencies calculator. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2017 (citado el 20 de abril del 2017) Disponible en: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
12. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Anal*. 2012; 4(5):1086-90.
13. Ryan S, Sherman J. Sustainable Anesthesia. *IARS*. 2012; 114(5):921-23.
14. Portela J, Hernández C, Delgadillo C. Flujos bajos en anestesia. *Rev Mex Anest*. 2015; 38(1):S352-55.
15. Brown L, Buettner P, Canyon V. The energy burden and environmental impact of health services. *American Journal of Public Health*. 2012; 102(12):76-82.
16. Kumar N, Singh R, Jain A, Bhattacharya A. How green is my operation theater? *Saudi J Anaesth*. 2014; 8:493-7.

Recibido: 04/04/2018

Aceptado: 28/06/2018