

**ORIGINAL**

Recibido: 4/1/2022  
 Aceptado: 20/12/2022  
 Publicado: 9/1/2023  
 e202301001  
 el-e11

Zero Emissions. A shared responsibility. Gas capture and recycling project at the Cruces University Hospital (Spain).

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses

**CORRESPONDENCIA**

**Alberto Martínez Ruiz**

Departamento de Anestesia, Reanimación y Terapéutica del dolor. Hospital Universitario de Cruces. Biocruces Instituto de Investigación Médica. Plaza de Cruces, s/n. CP 48903. Barakaldo, España.  
 alberto.martinezruiz@osakidetza.eus

**CITA SUGERIDA**

Martínez Ruiz A, Maroño Boedo MJ, Guereca Gala A, Escontrela Rodríguez BA, Bergese SD. *Emisiones Zero. Una responsabilidad compartida. Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.* Rev Esp Salud Pública. 2023; 97: 9 de enero e202301001.

# Emisiones Zero. Una responsabilidad compartida. Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.

**AUTORES**

Alberto Martínez Ruiz (1,2) [ORCID: 0000-0002-7274-563X]  
 María Jesús Maroño Boedo (1) [ORCID: 0000-0002-2956-4956]  
 Ane Guereca Gala (1)  
 Blanca Anuncia Escontrela Rodríguez (3) [ORCID: 0000-0003-0091-5393]  
 Sergio D. Bergese (4) [ORCID: 0000-0001-5641-5908]

**FILIACIONES**

- (1) Departamento de Anestesia, Reanimación y Terapéutica del Dolor, Hospital Universitario de Cruces. Biocruces Instituto de Investigación Médica. Barakaldo, España.
- (2) Facultad de Medicina, Universidad del País Vasco. Leioa, España.
- (3) Departamento de Anestesia y Reanimación, Hospital Universitario Infanta Leonor. Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Emergencias Isabel Zendal. Madrid, España.
- (4) Departamento de Anestesiología, Universidad Stony Brook. Nueva York, Estados Unidos.

**RESUMEN**

**FUNDAMENTOS //** El uso de anestésicos volátiles juega un papel importante en la producción de gases de efecto invernadero y otros contaminantes ambientales que afectan negativamente a la salud mundial. Se ha demostrado que los programas para reducir los contaminantes de la anestesia en el medio ambiente son eficaces y también reducen los costes. Por este motivo nos planteamos como objetivo implementar un Programa de Emisiones Zero para producir cero emisiones de dióxido de carbono derivados de los gases anestésicos utilizados en el quirófano, como recomienda el Pacto Verde de la Unión Europea, para 2030 y ser climáticamente neutros en 2050, manteniendo la satisfacción y los resultados clínicos actuales.

**MÉTODOS //** Se implementó un Programa de Emisiones Zero dentro de los programas Zero de seguridad del Hospital Universitario de Cruces (Barakaldo) con la finalidad de producir cero emisiones de dióxido de carbono derivado de los gases anestésicos utilizados en los quirófanos. Se determinó la contribución de los gases anestésicos a la producción de dióxido de carbono previo y posterior a la implementación del programa. El análisis de los datos se llevó a cabo de forma descriptiva para analizar la efectividad del programa.

**RESULTADOS //** La implementación de un Programa de Emisiones de Zero nos permitió conseguir una disminución de las emisiones a cero.

**CONCLUSIONES //** Los anestesiólogos debemos comprender que minimizar nuestro impacto nocivo en la sostenibilidad de la salud ambiental no es solo deseable, sino éticamente necesario. Una de las formas de contribuir con esta responsabilidad ética es con la implementación de Programas de Emisiones Zero que son eficaces en la reducción a cero de estas emisiones con lo que mejoraremos nuestro impacto en la salud del planeta.

**PALABRAS CLAVE //** Gases anestésicos; Cero emisiones; Cambio climático.

**ABSTRACT**

**BACKGROUND //** The use of volatile anesthetics plays an important role in the production of greenhouse gases and other environmental pollutants that negatively affect global health. Programs to reduce anesthesia contaminants have been shown to be effective and reduce costs. For this reason, we conducted a study to implementing a Zero Emissions Program for zero carbon dioxide emissions derived from anesthetic gases used in the operating room, as recommended by the Green Deal of the European Union by 2030 and be climate neutral in 2050, maintaining satisfaction and current clinical results.

**METHODS //** A Zero Emissions Program was implemented within the Zero safety programs of the Cruces University Hospital in order to produce zero emissions of carbon dioxide derived from the anesthetic gases used in the operating rooms. The contribution of anesthetic gases to carbon dioxide production before and after implementation of program was determined. Data analysis was conducted descriptively to analyze program effectiveness.

**RESULTS //** The implementation of a Zero Emissions Program allowed us to achieve a reduction in emissions to zero.

**CONCLUSIONS //** Anesthesiologists must understand that minimizing our harmful impact on environmental health sustainability is not only desirable, but ethically necessary. A way to contribute to this ethical responsibility is Zero Emissions Programs which are effective in reducing emissions to zero, probably improving our impact on planet health.

**KEYWORDS //** Anesthetic gases; Zero emissions; Climate change.

## INTRODUCCIÓN

EL CAMBIO CLIMÁTICO HA SIDO ETIQUETADO como una gran amenaza para la sostenibilidad ambiental y la salud mundial, considerándose la crisis de salud más importante del siglo XXI. Los problemas derivados del cambio climático son inmensos, duraderos y difíciles de resolver, siendo uno de ellos la propagación de enfermedades infecciosas o la pérdida de la biodiversidad (1). Por ello, nuestro objetivo como sociedad debe ser frenar las emisiones de CO<sub>2</sub> y, con ello, revertir la tendencia actual.

La industria mundial de la atención médica representa por sí sola casi el 5% de los gases de efecto invernadero (GEI). El Sistema Nacional de Salud del Reino Unido contribuyó con el 4,6% de GEI emitidos en su país en 2015, India y China suponen el 5,5% de sus emisiones totales y en EE.UU., segundo mayor emisor a nivel mundial de GEI, el sector de la atención médica es el responsable del 10% del total de sus emisiones (2,3).

Los gases anestésicos clorofluorocarbonos (CFC<sub>3</sub>), como el isoflurano, presentan efectos sobre la capa de ozono y el calentamiento; y los hidrofluorocarbonos (HFC), como el desflurano y el sevoflurano, presentan efecto sobre el calentamiento, pero al carecer de cloro o bromo no destruyen la capa de ozono.

El *Protocolo de Montreal* de 1987 fue un tratado internacional con el objetivo principal de proteger la capa de ozono y revertir el agujero de ozono sobre la Antártida. Si bien se anunció como un gran éxito multinacional, ya que consiguió la eliminación gradual de los CFC<sub>3</sub> y una recuperación lenta posterior de la capa de ozono, derivó en un mayor uso de HFC, que también son GEI muy potentes. Posteriormente, la enmienda de Kigali de 2016 estableció como objetivo reducir gradualmente aquellos HFC con un alto potencial de contribuir al calentamiento global (4,5). No obstante, ninguno de estos protocolos restringió el uso de

anestésicos volátiles debido a la necesidad médica, lo que ha determinado que los gases anestésicos sean los responsables de una liberación equivalente a 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> con una emisión global de HFC que aumentó un 128% entre 1990 y 2005, que se prevé que aumente un 336% para 2030 (5-7).

Durante la última década, los HFC como el sevoflurano y el desflurano se han convertido en los anestésicos inhalatorios de elección en la mayoría de los países debido a su seguridad y características farmacocinéticas. En la práctica clínica estos compuestos se evaporan en una corriente de gases médicos como oxígeno, aire u óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Estas mezclas respiratorias se administran al paciente a través de un dispositivo de vía aérea (tubo endotraqueal o dispositivo supraglótico como mascarilla laríngea) utilizando una máquina anestésica, que es un sistema de respiración semicerrado con un desbordamiento y una corriente de retorno que incluye CO<sub>2</sub> de eliminación y gases anestésicos. Estos anestésicos volátiles se metabolizan poco en el organismo y se eliminan sin cambios mediante la exhalación de un 95% de N<sub>2</sub>O, desflurano, isoflurano y sevoflurano, que se liberan directamente a la atmósfera con poco o ningún procesamiento adicional, para proteger así al personal, lo que hace que actúen como GEI y lo cual podría explicar la aparición de niveles de estos gases que han migrado desde áreas urbanas hasta el hemisferio norte (6,9-10).

Las contribuciones de los GEI y otros agentes al cambio climático se cuantifican utilizando el potencial de calentamiento global (GWP), que tiene en cuenta las propiedades atmosféricas de un agente en particular. Debido a que el calentamiento global se evalúa en términos de CO<sub>2</sub>, el GWP compara la contribución de un GEI con la misma masa de CO<sub>2</sub> durante un período de tiempo determinado. Los tiempos de vida atmosféricos varían entre los anestésicos volátiles. De los HFC, el sevoflurano tiene la vida útil más corta (uno a cinco años) y un GWP estimado

Emisiones zero.  
Una responsabilidad  
compartida.  
Proyecto captura  
de gases y  
reciclado en  
el Hospital  
Universitario  
de Cruces.

ALBERTO  
MARTÍNEZ  
RUIZ  
et al.

más bajo en comparación con el desflurano (nueve a veintiún años). En general, las emisiones de GEI del ciclo de vida con desflurano son quince veces mayores que las de sevoflurano (9-11) [ANEXO I].

En 2006 se promulgó la *Directiva Europea de gases fluorados n° 842/2006* que tiene como objetivo reducir las emisiones actuales de este tipo de gases, aunque estos no estén incluidos en el *Protocolo de Montreal* y la enmienda posterior (10).

Por todo lo anteriormente expuesto, se estableció como objetivo principal de este trabajo la implementación del *Programa Emisiones Zero* en el Hospital Universitario de Cruces (Barakaldo) con la finalidad de obtener cero emisiones de gases anestésicos desde los quirófanos, para cumplir así con los objetivos marcados por el *Pacto Verde de la Unión Europea* (UE) para 2030 y ser climáticamente neutros en 2050, manteniendo la satisfacción y los resultados clínicos actuales de los pacientes quirúrgicos con una anestesia sostenible.

## MATERIAL Y MÉTODOS



EL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL *Programa Emisiones Zero* se estableció entre abril y octubre de 2021 con la incorporación de todos los bloques quirúrgicos. Se realizó una valoración económica previa y fue aprobado por el Comité de Ética de Euskadi (PI2018002).

El proyecto consistió en la determinación de niveles de gases anestésicos y CO<sub>2</sub> en el aire ambiente de los quirófanos para observar las emisiones antes de la implementación del programa, con el objetivo de valorar si era necesaria la adecuación o suspensión de algún anestésico volátil. Posteriormente se instaló el sistema *Contrafluran*<sup>®</sup> (Baxter/Zeozys) en cada respirador de quirófano para disminuir la emisión de gases anestésicos y CO<sub>2</sub> a cero, que es el objetivo principal de nuestro programa.

El sistema *Contrafluran*<sup>®</sup> (Baxter/Zeozys) consigue la adsorción completa de los gases anestésicos HFC y los separa del aire exhalado por el paciente. Es una tecnología muy selectiva y eficaz reteniendo los gases anestésicos. Cuenta con un cartucho que contiene filtros de carbón activo cuyos poros capturan el gas y un sensor mediante el cual se controla el nivel de llenado del cartucho. El cartucho contiene aproximadamente 240 ml de gas (que corresponde a una botella) con una temperatura de funcionamiento de 5-35 °C. Una de sus principales ventajas es el ahorro de energía si se le compara con los sistemas actuales de extracción de gases del quirófano, que deben permanecer conectados a la corriente de red eléctrica de forma continua [ANEXO II y III].

Se estudió la contribución de los gases anestésicos consumidos en los quirófanos del Hospital Universitario de Cruces sobre la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, teniendo en cuenta que la distribución del bloque quirúrgico es vertical, con once áreas diferentes y cuarenta quirófanos en total. En nuestro hospital nos centramos en los principales gases de uso clínico que eran sevoflurano, desflurano y óxido nitroso.

Para el cálculo de la contribución de los gases anestésicos HFC a la emisión de CO<sub>2</sub> se empleó una modificación del GWP<sub>100</sub>, que es la métrica estándar para comparar los GEI de acuerdo con el *Protocolo de Kioto*. Dado que el GWP compara 1 kg de especies con las demás y, por lo tanto, no representa que los agentes de inhalación se usen en concentraciones clínicamente diferentes, calculamos la equivalencia de dióxido de carbono (CDE) para todos los agentes de inhalación en diferentes momentos a una concentración alveolar mínima (MAC) e idénticos flujos de gas fresco (FGF), utilizando el método informado previamente por Ryan *et al* (12,13). Se utilizaron sevoflurano al 2%, desflurano al 6% y N<sub>2</sub>O al 66%, con un FGF de 2 L/min para todos los agentes inhalatorios, y supusimos una falta de metabolismo u otra degradación y una adminis-

*Emisiones zero. Una responsabilidad compartida. Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.*

ALBERTO MARTÍNEZ RUIZ *et al.*

tración ininterrumpida del anestésico inhalatorio en condiciones de estado estacionario. Para conocer el CDE en varios momentos se obtuvo el producto del uso de anestésico (g/h) y GWP (14).

Estos datos se analizaron de forma descriptiva para observar el impacto de la implementación del Programa Emisiones Zero. Se determinaron los niveles medios de CO<sub>2</sub> derivados del uso del tanque de N<sub>2</sub>O en los últimos años, así como las derivadas de los gases anestésicos antes y después de la implementación del programa. Se compararon además los niveles de CO<sub>2</sub> derivados de la actividad de otras áreas del hospital con los producidos por la administración de gases anestésicos.

## RESULTADOS



LOS GASES ANESTÉSICOS HFC CONTRIBUYERON a la emisión de CO<sub>2</sub> de la siguiente manera:

- 1 hora de sevoflurano al 2% con Flujo de 2 l/min igual a 7 kg de CO<sub>2</sub>.
- 1 hora de desflurano al 6% con Flujo de 2 l/min igual a 187 kg de CO<sub>2</sub>.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de N<sub>2</sub>O disminuyeron desde 2017 hasta 2020 pero manteniendo altos niveles, como se observa en la **FIGURA 1**.

Se determinaron las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los diferentes gases anestésicos. El tanque de N<sub>2</sub>O se asoció con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> comparadas con la botella de N<sub>2</sub>O, las botellas de CO<sub>2</sub> de la laparoscopia, desflurano y sevoflurano. Ante estos resultados se consensuó con los anestesiólogos habituales al uso de N<sub>2</sub>O su exclusión del área quirúrgica como parte de la implementación del Programa de Emisiones Zero **[FIGURA 2]**.

Se comparó el impacto de las emisiones de gases medicinales en las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el conjunto de emisiones motivadas por la acción de diferentes servicios del hospital durante el año. Los gases medicinales contribuyeron con un 37,29%, en comparación con la planta de energía térmica que representó un 60,35%, las fugas de gases refrigerantes un 1,64%, el gas de cocina un 0,54% y los vehículos un 0,18% **[FIGURA 3]**.

La implementación de este programa nos permitió conseguir el objetivo de cero emi-

Figura 1  
Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de Óxido Nitroso.  
Evaluación anual 2017-2020.

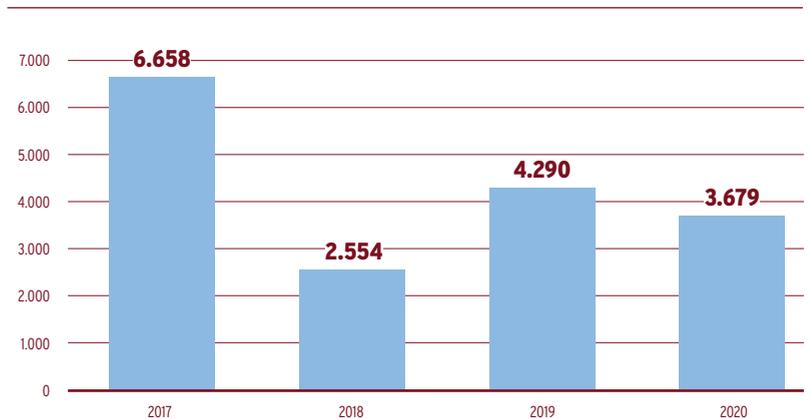


Figura 2  
Emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo total de gases medicinales en 2020.

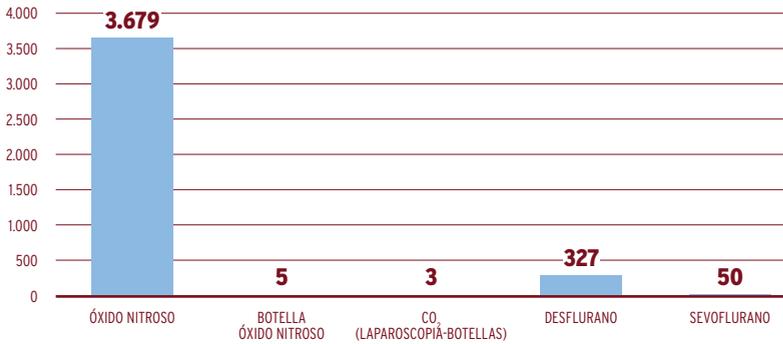
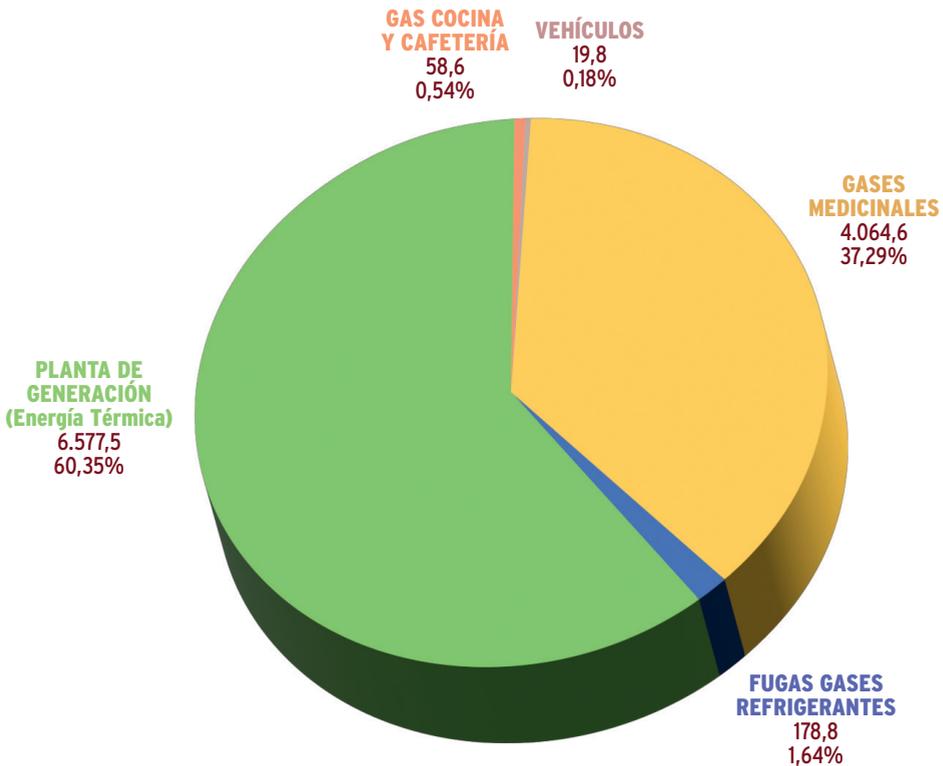


Figura 3  
Reparto de emisiones de gases de efecto invernadero en 2020.



Emisiones zero.  
Una responsabilidad compartida.  
Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.

ALBERTO MARTÍNEZ RUIZ et al.

siones de CO<sub>2</sub> motivadas por el uso de gases anestésicos en los cuarenta quirófanos del Hospital Universitario de Cruces [Figura 4].

Se calculó el impacto económico por bloque quirúrgico, en función del consumo y de las horas de funcionamiento al mes, obteniéndose un coste entre 0,5 a 1,5 euros por hora de anestesia en función del bloque quirúrgico.

## DISCUSIÓN

LA PRÁCTICA DE LA ANESTESIA JUEGA UN papel importante en la producción de GEI y otros contaminantes ambientales que afectan negativamente a la salud mundial. Los anestesiólogos deben comprender que minimizar nuestro impacto nocivo en la sostenibilidad de la salud ambiental no es solo deseable, sino éticamente necesario. Se demuestra que los programas para reducir los contaminantes derivados del uso de anestésicos son eficaces y también reducen los costos. Por este motivo, nuestro objetivo fue la implementación en nuestro hospital de un Programa de Emisiones Zero como parte de los Protocolos Zero de seguridad del paciente.

Los gases anestésicos de uso más común se comercializan en forma líquida y se aplican por vaporización en una corriente de gases medicinales. Debido a que hasta la fecha no existían sistemas obligatorios de captura de gas anestésico de desecho, y para proteger al personal sanitario, prácticamente todos los anestésicos utilizados escapaban a través de los sistemas de ventilación de los quirófanos o con sistemas de extracción de gases al exterior, lo que determina que los niveles de HFC hayan aumentado significativamente en la atmósfera.

Actualmente se están desarrollando varias tecnologías para capturar el gas anestésico de desecho (WAG) antes de su emisión al medio ambiente, utilizando la absorción del anestésico volátil en carbón activado o en un adsorbente selectivo, o bien la condensación al estado líquido, con los objetivos finales de destrucción, almacenamiento o purificación y reutilización. Los sistemas de captura de gases anestésicos para su reutilización más conocidos son *Dynamics Gas Scavenging System*<sup>®</sup> y *Deltasorb Blue Zone Delta*<sup>®</sup>, pero tienen limitaciones y no están aprobados por la Adminis-

Figura 4  
Emisiones relacionadas con el uso de gases anestésicos antes (azul) y después (negro) de la implementación del Plan Emisiones Zero.



Emisiones zero.  
Una responsabilidad compartida.  
Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.

ALBERTO MARTÍNEZ RUIZ et al.

tración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) (15-23).

En nuestro estudio utilizamos la tecnología *Contrafluran*<sup>®</sup> (Zeozy/Baxter) que utiliza cartuchos de propileno reciclables y filtros de carbón vegetal de cáscaras de coco, con una capacidad de 400 g, correspondiente a un vial de desflurano o de sevoflurano, con una eficiencia de absorción superior al 99%, que permite recuperar una fracción de anestésicos inhalados para su posible reutilización como un ejemplo de economía circular y que también reduce el impacto ambiental nocivo, lo cual es particularmente importante en el caso del desflurano (9). Es el único sistema con aprobación para la reutilización de desflurano empleado en Alemania y Austria desde 2022 y de sevoflurano desde 2019.

En este estudio utilizamos una modificación de la GWP<sub>100</sub> establecida en el *Protocolo de Kyoto*, porque esta métrica se ha desarrollado para la toma de decisiones políticas y es de poca utilidad en el ámbito anestesiológico para comprender el verdadero impacto asociado al uso de anestésicos volátiles. Por este motivo, incluimos en el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivados del uso de gases anestésicos el flujo de gas fresco y la Concentración Alveolar Mínima, que son variables que influyen en los niveles de anestésicos volátiles y, por consiguiente, de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de los mismos, lo que nos permite considerar el impacto de estos fármacos en diferentes puntos del tiempo durante un periodo de tiempo mas largo que de forma estática en un momento dado.

La implementación del *Programa Emisiones Zero* en nuestro hospital en el periodo del tiempo del estudio consiguió el objetivo de reducir las emisiones a cero, lo que demuestra que es posible llevar a cabo un proceso anestésico seguro y sostenible, dado que con los sistemas con capacidad de reciclaje utilizados en este estudio se podrían reutilizar anestésicos volátiles. Estos programas, además,

permiten la retirada de agentes como el N<sub>2</sub>O asociados con altos niveles de CO<sub>2</sub>.

En este estudio conseguimos además una recuperación máxima (100%) por el sistema *Contrafluran*<sup>®</sup>, como se comprueba por la determinación de concentraciones de gases anestésicos en el aire ambiente de todos los quirófanos que resulta ser de cero, de forma similar a los resultados de González-Rodríguez (24).

Los gases medicinales generan emisiones de GEI de un 37,29% del total según nuestro estudio. Cuando se usa un agente inhalatorio durante el periodo intraoperatorio se debería cambiar nuestro modo de pensar actual de *¿qué significará esto para el planeta en 100 años?* por la consideración de cuál es el impacto del uso de estos fármacos y como podría reducirse a lo mínimo (13,19). Nuestra práctica clínica debe perseguir el objetivo de ser climáticamente neutros y contribuir a producir cero emisiones con seguridad y eficacia para el paciente y la sociedad en general.

A modo de conclusiones, nuestro planteamiento parte de la base de sensibilizar sobre el impacto de la práctica de la anestesia en la contaminación global y sobre los pasos para reducirla. La responsabilidad ética de los anestesiólogos de ser buenos administradores del medio ambiente surge de los deberes éticos hacia sus pacientes y la sociedad en general, porque todas estas responsabilidades tienen efectos directos e indirectos sobre la salud del paciente y la justicia distributiva.

La implementación de un *Programa de Emisiones Zero* es capaz de conseguir el objetivo de reducir las emisiones a cero dentro de un entorno de práctica clínica segura y sostenible. La medición de las emisiones como parte inicial de este programa nos permite limitar o retirar el uso de agentes como el N<sub>2</sub>O que determinan altos niveles de CO<sub>2</sub>. Es importante disponer de sistemas como el *Contrafluran*<sup>®</sup> en las áreas quirúrgicas con capacidad para ▶

adsorber los gases halogenados expulsados por el paciente y reciclarlos, evitando así su emisión a la atmósfera, limitando su repercusión medioambiental y reduciendo los costos sanitarios. De esta manera, los anestesiólogos podemos desarrollar una gestión de gases anestésicos eficiente.

En el futuro, para alcanzar los objetivos de ser climáticamente neutros los sistemas de salud deberán medir sus emisiones de gases anestésicos inhalados, establecer objetivos y plazos de reducción y, además, realizar un seguimiento. Con los sistemas electrónicos de nuestros respiradores es posible medir las tasas de flujo de gas promedio por hora de anestésico inhalado, así como la intensidad de las emisiones, por lo que resultará sencillo implementar *Programas de Emisiones Zero* como el desarrollado en este estudio. Además, los hospitales pueden utilizar registros para estimar sus emisiones, que se deben ajustar a la actividad clínica para permitir comparaciones entre organizaciones en cuanto a estándares de buenas prácticas. 📍

## BIBLIOGRAFÍA

||||||||||||||||||||||||||||||||

1. Gordon D. *Sustainability in the Operating Room: Reducing Our Impact on the Planet*. Anesthesiol Clin. 2020 Sep;38(3):679-692. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2020.06.006>. PMID: 32792191; PMCID: PMC7416086.
2. Center for Climate and Energy Solutions Website. <https://www.czes.org/content/internationalemissions/>. Consultado: 14 mayo 2020.
3. European Environmental Agency Website. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-and-consumption-of-fluorinated-2/assessment-2>. Consultado: 14 may 2020.
4. Charlesworth M, Swinton F. *Anaesthetic gases, climate change, and sustainable practice*. The Lancet. 2017;1: e216-e217.
5. Velders GJM, Ravishankara AR, Miller MK, Molina MJ, Alcamo J, Daniel JS, D. W. Fahey DW, Montzka SA, Reimann S (2012). *Preserving Montreal Protocol climate benefits by limiting HFCs*, Science, 335, 922-923, doi: <https://doi.org/10.1126/science.1216414>
6. United Nations Framework Convention on Climate Change. *The Paris Agreement*. 2015. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
7. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C *et al*. *The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future*. Lancet 2021;398: 1619-1662. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6). PMID: 34687662.
8. Kelly R. *Veterinarians eye environmental cost of inhaled anesthetics*. Veterinary Information Network, 2022. <https://news.vin.com/default.aspx?pid=210&Id=10700741>
9. Hinterberg J, Beffart T, Gabriel A *et al*. *Efficiency of inhaled anaesthetic recapture in clinical practice*. Br J Anaesth 2022; S0007-0912(22)00191-X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.04.009>. PMID: 35589427
10. Vollmer MK, Rhee TS, Rigby M *et al*. *Modern inhalation anesthetics: potent greenhouse gases in the glo-*

Emisiones zero.  
Una responsabilidad compartida.  
Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.  
ALBERTO MARTÍNEZ RUÍZ *et al*.

bal atmosphere. *Geophys Res Lett*2015; 42:1606-1611. doi: <https://doi.org/10.1002/2014GL062785>

11. Varughese S, Ahmed R. *Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update*. *Anesth Analg*. 2021 Oct 1;133(4):826-835. doi: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000005504>. PMID: 33857027; PMCID: PMC8415729.

12. Ryan SM, Nielsen CJ. *Global warming potential of inhaled anesthetics: application to clinical use*. *Anesth Analg* 2010; 111:92-98. doi: <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181e058d7>. pmid: 20519425

13. Ozelsel T, Sondekoppam RV, Buro K. *The future is now: it's time to rethink the application of the Global Warming Potential to anesthesia*. *Can J Anesth*2019; 66:1291-1295.

14. Sulbaek Andersen MP, Nielsen OJ, Karpichev B, Wallington TJ, Sander SP. *Atmospheric chemistry of isoflurane, desflurane, and sevoflurane: kinetics and mechanisms of reactions with chlorine atoms and OH radicals and global warming potentials*. *J Phys Chem A*2012; 116:5806-5820. doi: <https://doi.org/10.1021/jp2077598>. pmid:22146013

15. *Recycled anesthetic technology saves dollars, environment*. Vanderbilt magazin website. Disponible en: <https://news.vanderbilt.edu/2009/03/16/recycled-anesthetic-technology-saves-dollars-environment/>. 2009. Consultado: 10 noviembre 2010.

16. *A remedy for the operating room*. Blue-Zone Technologies Ltd website. Disponible en: <http://www.blue-zone.com>. 2009. Consultado: 10 noviembre 2010.

17. Van Norman GA, Jackson S. *The anesthesiologist and global climate change: an ethical obligation to act*. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2020 Aug;33(4):577-583. doi: <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000887>. PMID: 32628406.

18. Sherman JD, Chesebro BB. *Inhaled anaesthesia and analgesia contribute to climate change*. *BMJ*. 2022 Jun 8;377: 01301. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.01301>. PMID: 35675944.

19. Seglenieks R, Wong A, Pearson F, McGain F. *Discrepancy between procurement and clinical use of nitrous oxide*: waste not, want not. *Br J Anaesth* 2022;128: e32-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.10.021>. pmid: 34802695

20. Sherman JD, Sulbaek Andersen MP, Renwick J, McGain F. *Environmental sustainability in anaesthesia and critical care*. Response to Br J Anaesth 2021; 126: e195-e197. *Br J Anaesth* 2021;126: e193-5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.12.025>. pmid: 33487453 doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30162-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30162-6). pmid: 29851650

21. McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD. *Environmental sustainability in anaesthesia and critical care*. *Br J Anaesth* 2020; 125:680-692. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.055>. pmid: 32798068.

22. Barrick BS. *WAG treatment and CO<sub>2</sub> absorbers: new technologies for pollution and waste prevention*. *ASA Monitor* 2018; 82:12-14.

23. American Society of Anesthesiologists. *Inhaled anesthetic 2022 challenge*. 2018. <https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/environmentalsustainability/inhaled-anesthetic-challenge>. Guidelines for the Ethical Practice of Anesthesiology. American Society of Anesthesiologists. Última modificación 17 Oct 2018. Disponible en: <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/guidelines-for-the-ethical-practice-of-anesthesiology>

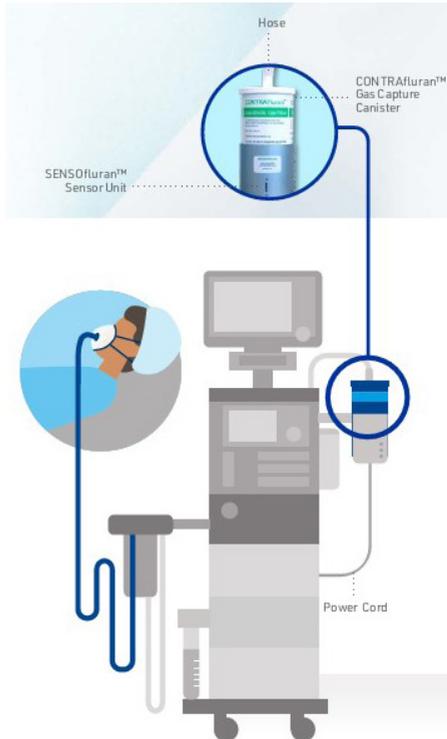
24. González-Rodríguez R, Muñoz Martínez A, Galan Serrano J, Moral García MV. *Health worker exposure risk during inhalation sedation with sevoflurane using the (AnaConDa®) anaesthetic conserving device*. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2014 Mar;61(3):133-139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.redar.2013.11.011>. Epub 2014 Jan 15. PMID: 24439525.

25. Medical Society Consortium on Climate and Health. *U.S. Call to Action on Climate, Health and Equity: A Policy Action Agenda*. 2019. Disponible en: [climatehealthaction.org](https://climatehealthaction.org). Consultado: 12 febrero 2020.

26. Yasny JS, White J. *Environmental implications of anesthetic gases*. *Anesth Prog*. 2012 Winter;59(4):154-158. doi: <https://doi.org/10.2344/0003-3006-59.4.154>. PMID: 23241038; PMCID: PMC3522493.

Anestésico	Rango de absorción de IR ( $\mu\text{m}$ )	Vida útil troposférica (año)	GWP 100	Contenedor estándar	Kg CO <sub>2e</sub> por contenedor	CAM 40	CAM CO <sub>2e</sub> relativo comparado con sevoflurano
Sevoflurano	7-10	1,1	130	250 ml	49	1,8	1
Isoflurano	7,5-9,5	3,2	510	250 ml	191	1,2	2,6
Desflurano	7,5-9,5	14	2.540	240 ml	893	6,6	72
Óxido Nitroso	4,5, 7,6, 12,5	110	298	Tamaño del cilindro G	5.066	104	132

**Referencias:** Vida útil calculada a partir de JPL (<http://jpldataeval.jpl.nasa.gov>); GWP 100 de Sulbaek Andersen 2012 (<http://dx.doi.org/10.1021/jpl2077598>); CAM<sub>40</sub> (Concentración Alveolar Mínima 40) de Tom Pierce, Asesor Medioambiental del Colegio Real de Anestesiólogos, Reino Unido.



Emisiones zero.  
Una responsabilidad compartida.  
Proyecto captura de gases y reciclado en el Hospital Universitario de Cruces.

ALBERTO MARTÍNEZ RUIZ et al.

---

**Evita la emisión de sevoflurano y desflurano a la atmósfera por el sistema extractor del quirófano.**

Reduce la huella de carbono del hospital. Facilita a los Anestesiólogos la libertad de elección de Anestésico Inhalado para beneficio clínico del paciente.

---

**Cartucho reciclable.**

Proporciona una solución sostenible para evitar la liberación de gases anestésicos al medio ambiente.

---

**Cartucho pequeño y manejable, fácil de instalar.**

Se adapta fácilmente a las prácticas de trabajo diarias, ocupando un espacio mínimo.

---

**Las alarmas sonoras y visuales indican cuando el recipiente está lleno.**

Gran facilidad de uso: cambio de cartucho fácil y rápido que se pueden cambiar incluso durante la cirugía.

---

**La instalación de CONTRAfluran® permite prescindir del sistema de extracción de gases de quirófano.**

Posible reducción de costes de electricidad y mantenimiento por eliminación del sistema extractor de gases de quirófano, con reducción de la huella de carbono del hospital.

---

**Captura tanto Sevoflurano como Suprane (desflurano) en un cartucho. Muy importante CONTRAfluran® no está indicado para usar con Óxido Nitroso.**

Permite a los Anestesiólogos decidir libremente entre Suprane y Sevoflurano, según lo clínicamente mas apropiado para el paciente.

---

*Emisiones zero.  
Una responsabilidad  
compartida.  
Proyecto captura  
de gases y  
reciclado en  
el Hospital  
Universitario  
de Cruces.*

**ALBERTO  
MARTÍNEZ  
RUIZ  
et al.**