



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



# Anestesia y medio ambiente: impacto de la promoción de una anestesia verde en la practica clínica diaria y en la economía de los sistemas de salud

**Ana Martín (FEA)**

**Pablo Santiago Patterson (MIR 3)**

**Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor  
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia**

# Índice

1. Problema actual: Cambio climático
2. Impacto ambiental anestesia
3. Halogenados y huella ambiental
4. Anestesia con flujos bajos
5. Impacto ambiental de distintas modalidades anestésicas
6. Residuos relacionados con la anestesia

# 1. Problema actual: cambio climático

Desde el año **2000** se han **incrementado en un 50%** los gases de efecto invernadero, con un **aumento de 0,94°C** la temperatura media frente a la era preindustrial, estimándose un **incremento de 2,8°C** para finales de siglo

## Emisiones CO<sub>2</sub> globales

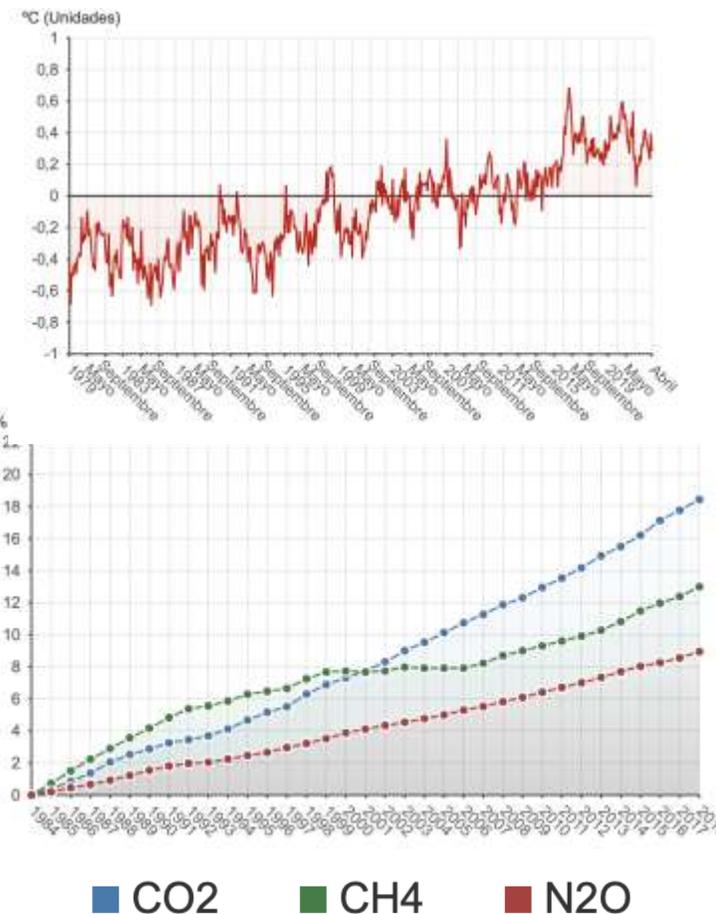
- 1. **Crecimiento de la población**
- 2. **Crecimiento energético**

- 1. **Eficiencia energética**
  - a) Efectos rebote directos
  - b) Efectos rebote indirectos
  - c) Limitación económica
- 2. **Emisiones por unidad de energía**

## Sostenibilidad

Reducir impacto ambiental

Adaptación a consecuencias del cambio climático



SARTD-CHGUV Sesión de formación continuada  
Valencia 26 de Septiembre de 2023

De acuerdo a la **OMS** el **cambio climático** es la **mayor amenaza para la salud** a la que se enfrenta la humanidad. Se estiman **250000** muertes adicionales por enfermedades sensibles al clima desde **2030** en adelante

A nivel mundial, solo alrededor del **0,5%** de la **financiación climática global** se ha atribuido a **proyectos de salud**

### Efectos directos

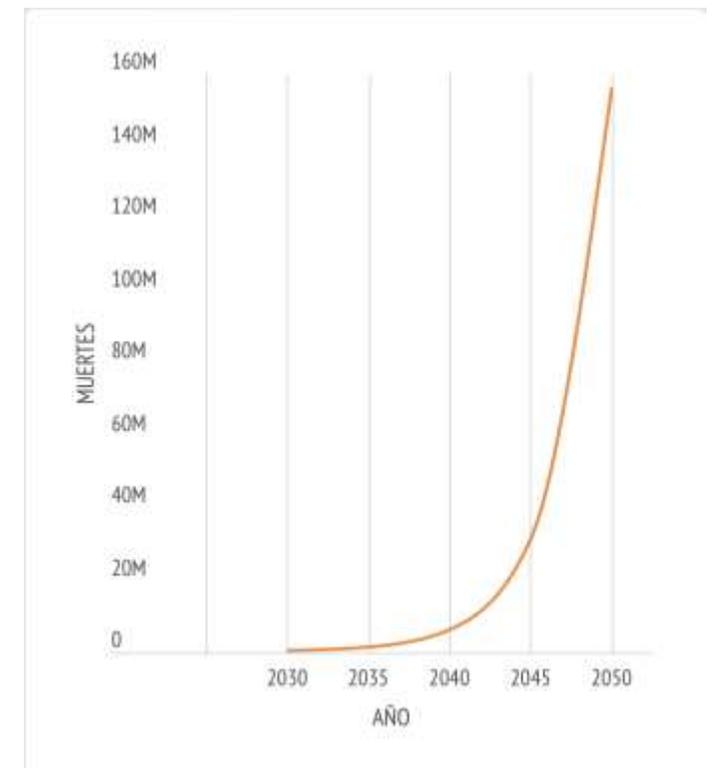
- Lesiones, enfermedades y defunciones por **fenómenos meteorológicos extremos**

### Efectos indirectos

- Enfermedades **respiratorias y alérgicas**
- Enfermedades **transmitidas por los alimentos y el agua.**
- Enfermedades **transmitidas por vectores**

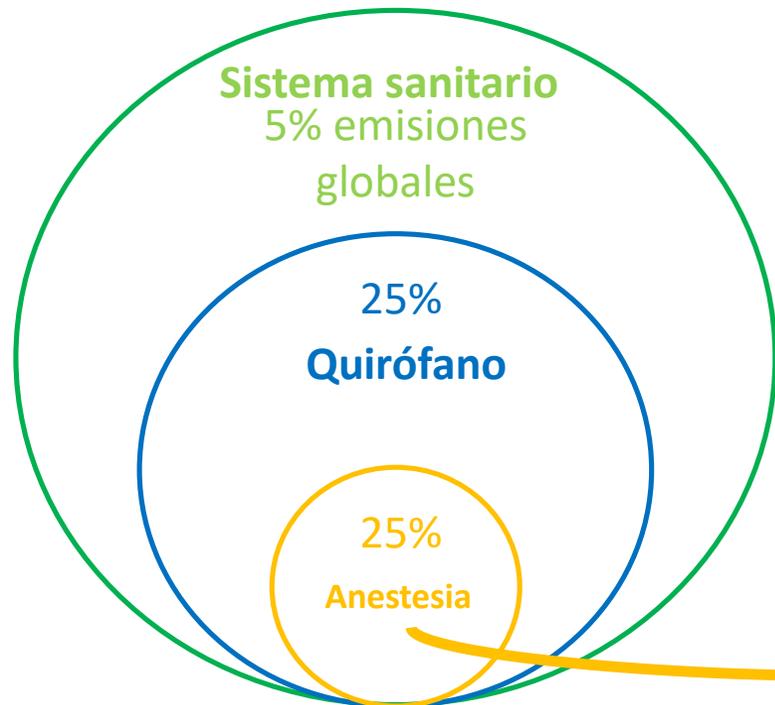
### Efectos indirectos a través de sistemas socioeconómicos

- **Inseguridad alimentaria** y del abastecimiento de **agua**
- Salud laboral y **grupos vulnerables**
- **Refugiados climáticos**, enfermedades mentales y estrés



## 2. Impacto ambiental anestesia

Si el sistema sanitario fuera un país correspondería con el quinto mayor emisor de carbono global



- Otras industrias han reducido su impacto, **incrementándose el impacto relativo del sistema sanitario**
- Un **impacto ambiental** estimado entre **23000-405000 años ajustados por discapacidad**.
- **Mismo número de muertes** estimado que por **errores médicos**

- **Residuos:** Equipamiento y material anestésico
- **Anestésicos inhalados**
- **Residuos medicamentosos**

## 2. Impacto ambiental anestesia

Es una **preocupación creciente**, lo que ha hecho que distintas **asociaciones** hayan empezado a **implementar programas** con el objetivo de **convertir los quirófanos en espacios verdes**



Reglamento del parlamento europeo

Programa emisiones Zero

### 3. Halogenados y huella ambiental

**Protóxido y gases halogenados son gases de efecto invernadero.** En Reino Unido se calculó que representan un **2,5% de la huella de carbono del país y 50% de la huella de los quirófanos**

Desde **1987 se vienen prohibiendo los CFC e HFC** debido a su **capacidad para destruir la capa de O<sub>3</sub> y contribución al calentamiento global**, pero **ningún protocolo ha prohibido los anestésicos volátiles** por necesidad médica

- Incremento 128% 1990 - 2005 → 336% para 2030
- En **2014 se emitieron** el equivalente de 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, **más que el total de emisiones de Malta**



Surgen **programas de mitigación:**

- En 2006 Directiva europea de gases fluorados
- En 2021 Emisiones Zero

# 3. Potencial de calentamiento global de anestésicos inhalados (GWP)

Es una medida de la **contribución de una masa concreta de un GEI al calentamiento** global por unidad de tiempo

GWP

- 1. Capacidad de absorción infrarroja
- 2. Vida media atmosférica

- Unidad de tiempo estandarizada: 100 años
- Gas de referencia: CO<sub>2</sub>

**Flujo gas fresco (FGF)**

- ↑ FGF
- ↑ Gas inalterado liberado atmósfera

**Potencia anestésica (CAM)**

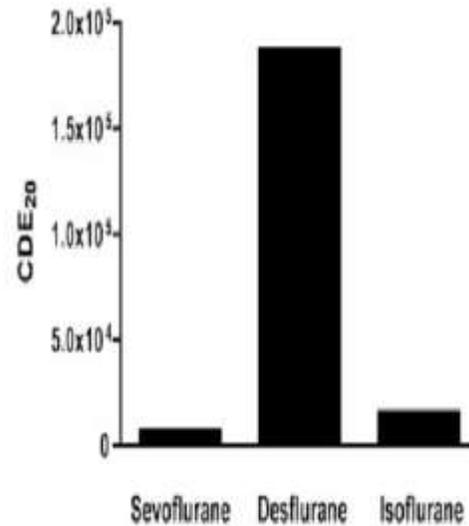
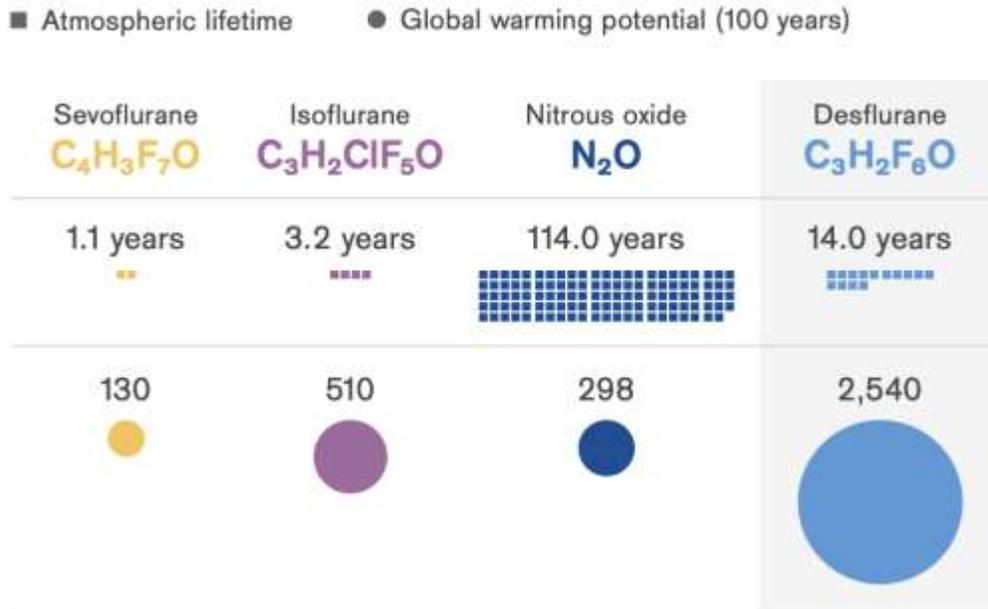
- ↑CAM
- ↑ Cantidad de gas a mismos FGF

**Uso de N<sub>2</sub>O**

- ↓ Halogenado necesario
- ↑ t/2 atmosférica
- Destrucción capa ozono

# Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to Clinical Use

Susan M. Ryan, Claus Nielsen • Published 1 July 2010 • Biology • Anesthesia & Analgesia



Impacto climático relativo de 1 CAM/h a 2l FGF

- **Desflurano**
  - ↑ CAM
  - ↑ GWP
- **N<sub>2</sub>O**
  - ↑ Vida media
  - Destruye capa de O<sub>3</sub>
- **Isoflurano**
  - Destruye capa de O<sub>3</sub>

- El **desflurano** es el **más perjudicial** para el medio ambiente
- El **sevoflurano** es el **menos contaminante**

Tras la propuesta del Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre los gases fluorados de efecto invernadero, por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937 y se deroga el Reglamento (UE) n.º 517/2014, que pone fecha a la prohibición del uso del desflurano (1 de enero de 2026), SEDAR emitió un comunicado oficial alegando alternativas a su eliminación con el objetivo de perseguir la finalidad 'emisiones cero' de los gases anestésicos fluorados.

## **Escocia, primer país en prohibir anestésicos nocivos para el medio ambiente**

Escocia ha prohibido el uso del desflurano, un gas que afecta negativamente al calentamiento global 2.500 veces más que el dióxido de carbono. El servicio de salud británico estudia imponer la misma prohibición a partir del año que viene. Se espera que otros países sigan la iniciativa.

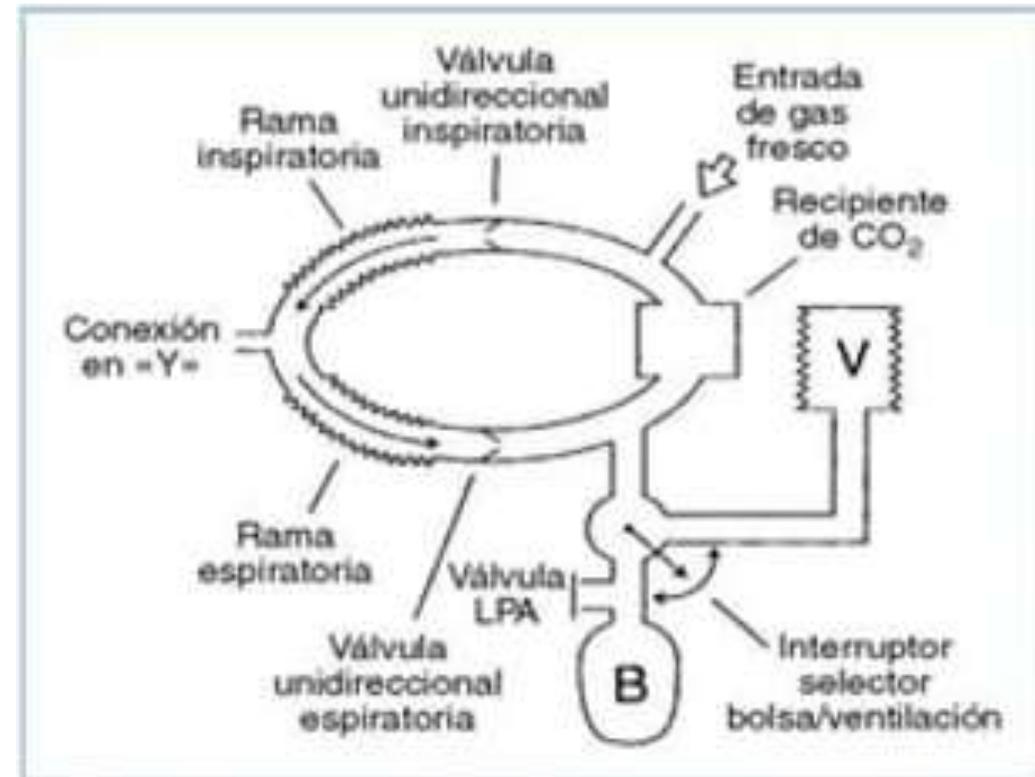
La mayor parte del GWP de los halogenados procede de su emisión a la atmósfera como gases de efecto invernadero

**Anestesia de flujos bajos**

**Sistemas de captura de gases anestésico**

# 4. Circuito circular

1. **Entrada de gas fresco:** O<sub>2</sub> y vapores anestésicos
2. **Rama inspiratoria y espiratoria con válvula unidireccional** unidas a una **pieza en Y**
3. **Circuito de ventilación mecánica**
4. **Circuito de ventilación espontánea o manual**
5. **Válvulas limitadoras de presión:** Ventilación mecánica y espontánea (APL)
6. **Válvula de escape de gases residuales.**
7. **Sistema de eliminación de CO<sub>2</sub>**



# 4. Anestesia con FGF bajos

Se define como la anestesia con **FGF entre 0,5-1 L/min** siendo netamente inferior a  $V_{min}$  del paciente

Según el flujo de gas fresco

- **Sistema abierto:**  $FGF > V_{min}$  paciente:
- **Sistema semicerrado:** Captación mitocondrial  $< FGF < V_{min}$  paciente
- **Sistema cerrado:**  $FGF =$  Captación mitocondrial

1. Flujo metabólico	250 ml/min
2. Flujo mínimo	250-500 ml/min
3. Flujo bajo	500-1.000 ml/min
4. Flujo medio	1-2 l/min
5. Flujo alto	2-6 l/min

# 4. Anestesia con FGF bajos

FGF

**Garantizar aporte de O<sub>2</sub>**

**Consumo metabólico de O<sub>2</sub>**

Fórmula de Brody:  $VO_2 = 10 \times Kg^{3/4} \sim VO_2 = 3,5 \times Kg$

**Durante la anestesia:**

$$FiO_2 - FeO_2 \times VM (l) \times 10$$

**Mantener concentración gas anestésico**

1. **Alcanzar el equilibrio:** Saturar el sistema de gas



Circuito + alveolos + sangre + TAV

**Constante de tiempo**

2. **Equilibrio:** FA = concentración gas en TAV

**Coeficiente de utilización de gas fresco (CUGF)**



FGF/gas espirado → ↑ CUGF ↓ FGF

# 4. Captación del gas anestésico

## Dependientes del paciente:

- Ventilación alveolar
- Gasto cardíaco
- Edad
- Estado del paciente

## Dependientes del agente

### anestésico

- Solubilidad
- Coeficiente de partición

## Dependientes del anestesiólogo

- FGF
- Composición FGF

## Dependientes del circuito

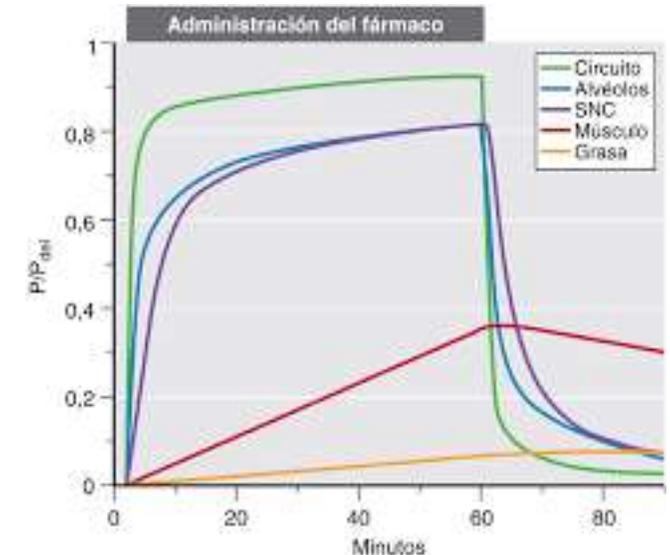
- Tipo de circuito
- Volumen
- Fugas

El **equilibrio** se alcanza cuando la **FA/FI** ~ 1

- **Flujos altos** la **FV = FI** influyendo únicamente la **solubilidad** en FA/FI
- **Flujos bajos** el **FGF** y la **solubilidad** influyen en FA/FI



**Constante de tiempo:** Volumen total del sistema (V circuito anestésico + CRF)/FGF  
× 3 para alcanzar saturación del sistema



# 4. Fase de equilibrio

## Garantizar aporte anestésico

**Aporte de vapor anestésico:**

$$FGF \times \% \text{ vaporizador.}$$

**Captación por el paciente:**

$$(F_i - F_e) \times V_{\text{min}}$$

1. **Aporte de anestésico al circuito:**  $FGF \times \% \text{ vaporizador} \rightarrow 0,5 \text{ l/min} \times 5\% = 25 \text{ ml/min}$
2. **Aporte de anestésico al paciente:**  $F_i \times V_{\text{min}} \rightarrow 2,5\% \times 5 \text{ l/min} = 125 \text{ ml/min}$
3. **Anestésico devuelto al circuito:**  $F_e \times V_{\text{min}} \rightarrow 2\% \times 5 \text{ l/min} = 100 \text{ ml/min.}$
4. **Cantidad anestésico que permanece en el paciente:**  $125 \text{ ml} - 100 \text{ ml} = 25 \text{ ml/min}$

## Garantizar aporte de O<sub>2</sub>

**Aporte de O:**

$$FGF \times \% O_2GF.$$

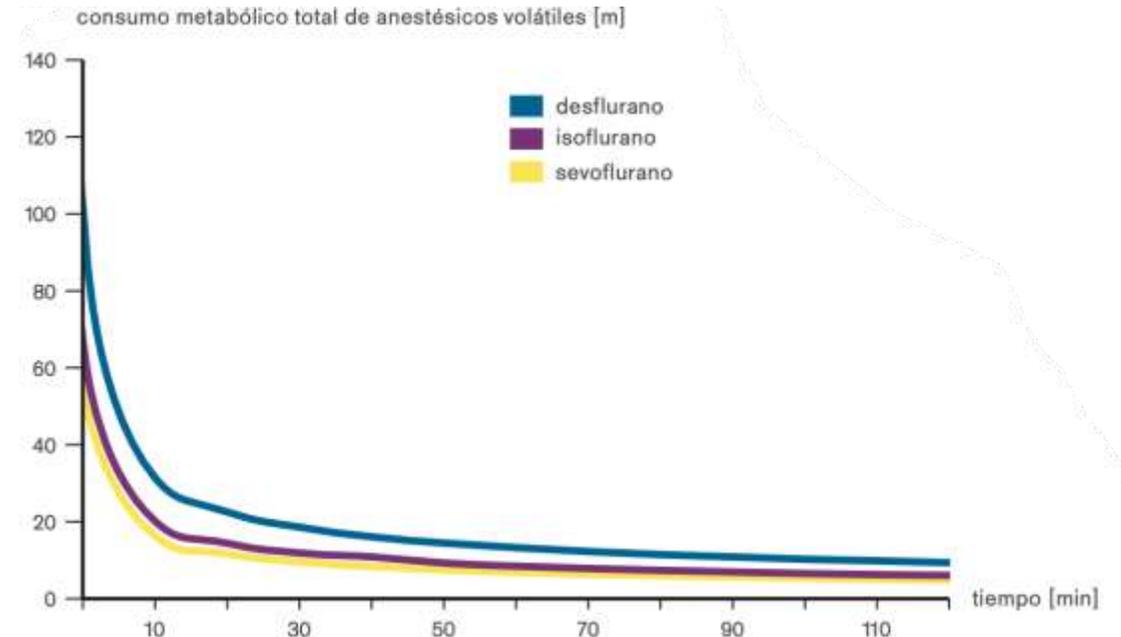
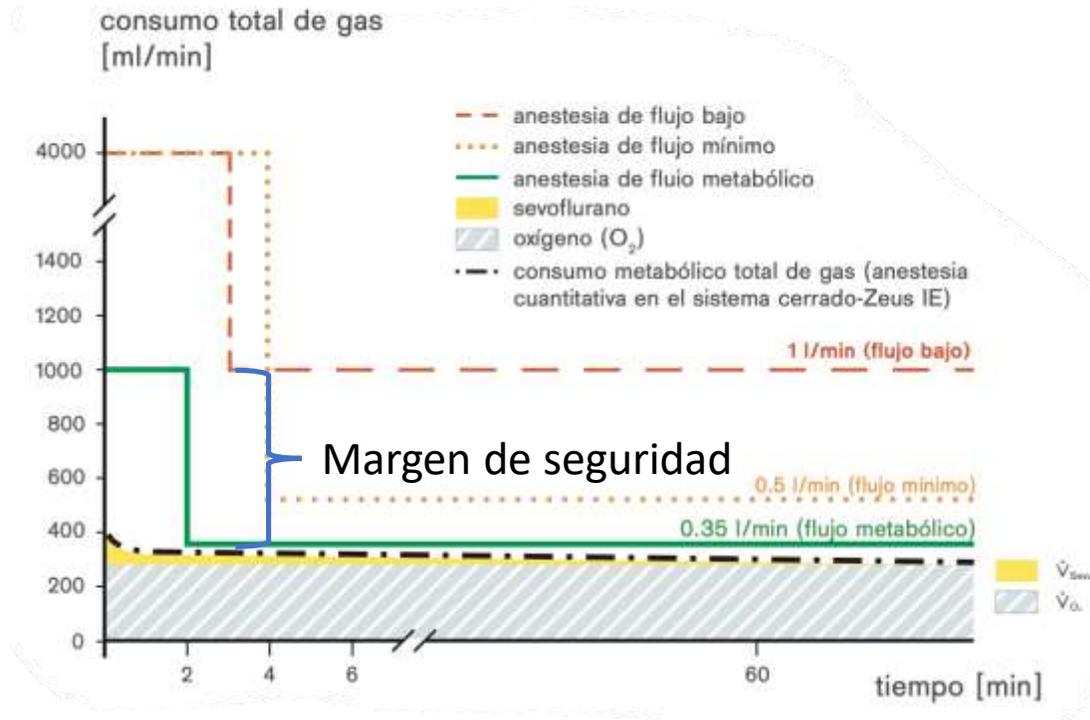
**Consumo metabólico de O:**

$$(F_i - F_e) \times V_{\text{min}}$$

1. **Aporte de O<sub>2</sub> al circuito:**  $FGF \times \% O_2GF. \rightarrow 0,5 \text{ l/min} \times 50\% = 250 \text{ ml/min}$
2. **Aporte de O<sub>2</sub> al paciente:**  $F_i \times V_{\text{min}} \rightarrow 0,36 \times 5 \text{ l/min} = 1800 \text{ ml/min}$
3. **O<sub>2</sub> devuelto al circuito:**  $F_e \times V_{\text{min}} \rightarrow 0,31 \times 5 \text{ l/min} = 1550 \text{ ml/min.}$
4. **Consumo metabólico O<sub>2</sub> paciente:**  $1800 \text{ ml} - 1550 \text{ ml} = 250 \text{ ml/min}$

Por lo tanto, empleando flujos bajos, una vez **lograda la saturación** del circuito, los alveolos, la sangre y tejidos ricamente vascularizados, se alcanza un **estado de equilibrio, pudiendo introducir, en condiciones ideales, el mismo volumen al circuito que el que es captado por el paciente**

## 4. Anestesia con FGF bajos



En las **mezclas con  $N_2O$**  la  **$FiO_2$**  va **disminuyendo progresivamente** debido al incremento del retorno de  $N_2O$  secundario a la disminución de la captación → **Mezclas hipóxicas**

# 4. Monitorización de un circuito circular

- Respirador
1. Presión vías respiratorias
  2. Vmin espirado
  3. Fi y Fe O<sub>2</sub>
  4. Fi y Fe gas anestésico

- Paciente
1. ECG
  2. Presión arterial
  3. Pulsioximetría
  4. Capnógrafo

## Monitorización Fi y Fe

- **Fi:** grado de saturación de O<sub>2</sub> y gas del aire inspirado
- **Fe:** Concentración de anestésico y O<sub>2</sub> retenida por el paciente
- **Diferencia entre Fi y Fe de gas anestésico va reduciéndose** con el transcurso del procedimiento



Registra el nivel de llenado de la bolsa manual

# 4. Contraindicaciones

1. Anestesia general de **corta duración con mascarilla**
2. Técnicas que **no garanticen el neumotaponamiento**
3. **Limitación de aparatos técnicos**
4. **Monitorización insuficiente**
5. **Intoxicaciones:**
  1. Alcohólica (OH)
  2. Cetoacidosis (acetona)
  3. Coma hepático (metilcarptanos)
  4. Obstrucción intestinal (metano)
  5. Paraldehído (acetaldehído)

# 4. Procedimiento esquemático

## 1. Premedicación

## 2. Inducción:

1. Preoxigenación con oxígeno al 100% a 6 l/min durante 1-3 min
2. Administración de agente hipnótico, analgésico y relajante
3. IOT + conexión al respirador

## 3. Fase inicial:

1. Ajustes de flujo de gas fresco: O<sub>2</sub> 1 l/min + aire 3 l/min (O<sub>2</sub> 40% + FGF 4 l/min)
2. Ajustes del vaporizador: Sevofluorano 3,5%
3. FiO<sub>2</sub> entre 35-40%

## 4. CAM 0,8 – 1 o según monitorización de profundidad anestésica

1. Reducción del FGF hasta 0,3 l/min y aire 0,2 l/min (O<sub>2</sub> 68% y FGF 0,5 l/min)
2. Aumento del vaporizador sevofluorano a 5%

## 5. Monitorización:

1. FiO al menos 28%
2. Vmin < 500 ml/min valor deseado
3. Concentración de Sevofluorano 3-3,5%

## 6. Cambio rápido profundidad anestésica:

1. Vaporizador 0,5-1% por encima o por debajo de la cantidad deseada
2. Aumentar FGF a 4 l/min
3. Una vez alcanzada la concentración deseada (~ 5min) reducir FGF a 0,5 ml/min

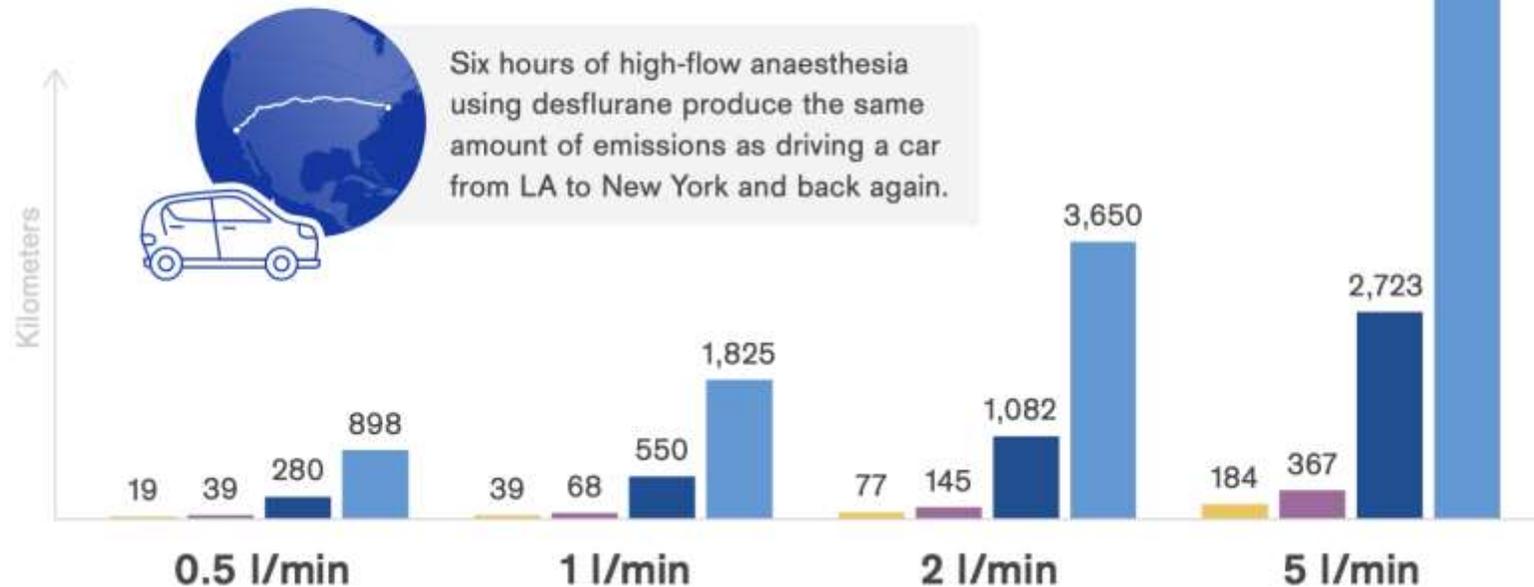
The logo for Dräger, consisting of the word "Dräger" in a bold, blue, sans-serif font.

# 4. Ventajas anestesia con flujos bajos

## Ecológicas

Emissions from 6 hours of general anaesthesia in steady state, converted into kilometres travelled by car depending on used fresh gas flow and anaesthetic agent.

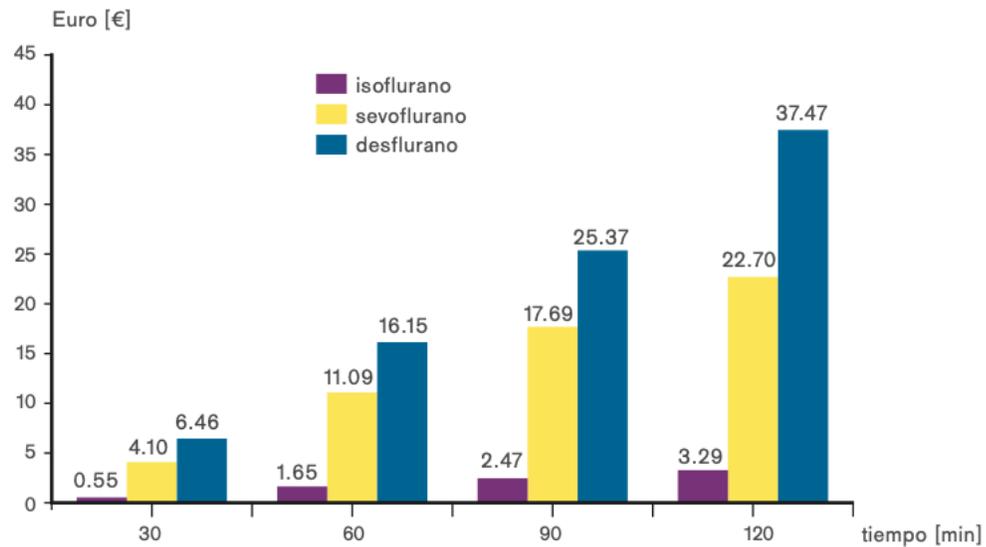
■ Sevoflurane ■ Isoflurane ■ Nitrous Oxide (60%) ■ Desflurane



SARTD-CHGUV Sesión de formación continuada  
Valencia 26 de Septiembre de 2023

# 4. Ventajas anestesia con flujos bajos

## Económicas



Dräger

**Consumo y costo anual de sevoflurano en 8.350.000 horas de anestesia, expresado en ml, en litros y en \$**

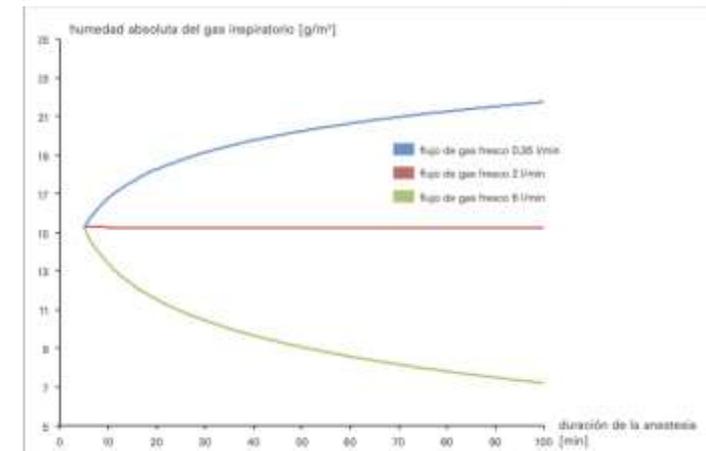
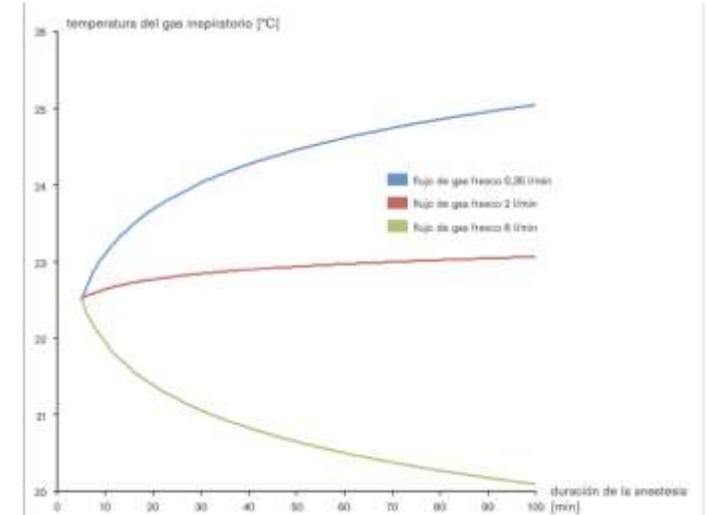
l/min	% del dial	Constante	FGF		litros totales	\$
			ml/h	ml		
0,5	5	3	7,5	62.625.000	62.625	75.150.000
2,0	2	3	12	100.200.000	100.200	120.240.000
4,0	2	3	24	200.400.000	200.400	240.480.000
6,0	2	3	36	300.600.000	300.600	360.720.000

[https://www.anestesia.org.ar/search/articulos\\_completos/1/1/168/c.php](https://www.anestesia.org.ar/search/articulos_completos/1/1/168/c.php)

# 4. Ventajas anestesia con flujos bajos

## Clínicos

- 1. Reduce daño epitelio respiratorio**
  1. Mejoría de la depuración mucociliar
  2. Disminución de mediadores inflamatorios
- 2. Mantenimiento de la temperatura corporal**
  - Únicamente en procesos de larga duración
  - Pérdidas calóricas por vía respiratoria 15 kcal/h, aproximadamente un 10% de las pérdidas totales



## 4. Riesgos ¿Compuesto A?

### The impact of sevoflurane anesthesia on postoperative renal function: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials

Rakesh V Sondekoppam <sup>1</sup>, Karim H Narsingani <sup>2</sup>, Trent A Schimmel <sup>2</sup>, Brie M McConnell <sup>3</sup>, Karen Buro <sup>4</sup>, Timur J-P Özelsel <sup>5</sup>

**Conclusions:** We did not find any association between the use of sevoflurane and postoperative renal impairment compared with other agents used for anesthesia maintenance. The scientific basis for recommending higher FGF with the use of sevoflurane needs to be revisited.

- Se recomiendan **FGF > 2 l/min en ficha técnica**
- Identificadas concentraciones nefrotóxicas en ratas que **nunca se han reproducido en seres humanos.**
- Compuesto nefrotóxico:
  - Glucosuria
  - Proteinuria
  - ↑ BUN en sangre.
- **Únicamente en contacto con bases fuertes (KOH y NaOH) no con CaOH**

# 4. Sistemas de captura de gases anestésicos: Contrafluoran





# 5. Evaluación ciclo de vida

La **evaluación del ciclo de vida (LCA)** se define como el **análisis** sistemático de los **posibles impactos ambientales** de los productos o servicios **durante todas las etapas de su ciclo de vida**

Realizar **comparaciones**

- Abordajes para una misma cirugía
- Modalidades anestésicas
- Productos de un solo uso

La **LCA permite un cálculo** más comprensivo de el **coste global** de un procedimiento o producto para el sistema sanitario



**Coste del ciclo de vida (LCC)**

## Análisis del inventario



## Definición meta y alcance

1. Producto y unidad funcional
2. Objetivo y aplicación

## Evaluación del impacto

1. Emisión GEI
2. Depleción O<sub>3</sub>
3. Salud
4. Disrupción ecosistemas

# 5. Evaluación ciclo de vida: Fármacos

LCA en la industria farmacéutica tiene una aplicación limitada:

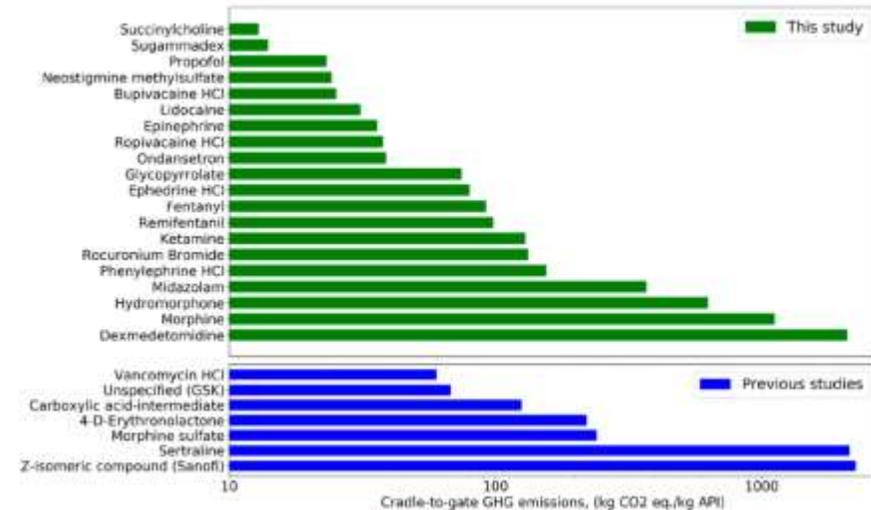
1. **Intensificación del proceso:** Múltiples etapas en el análisis del inventario
2. **Propiedad intelectual:** Dificulta el acceso a distintas etapas del proceso
3. Muchos de los LCA se hacen por **estimaciones mediante modelos predictivos**

## Cradle-to-Gate Greenhouse Gas Emissions for Twenty Anesthetic Active Pharmaceutical Ingredients Based on Process Scale-Up and Process Design Calculations

Article in ACS Sustainable Chemistry & Engineering · January 2019

DOI: 10.1021/acscchemeng.8b05412

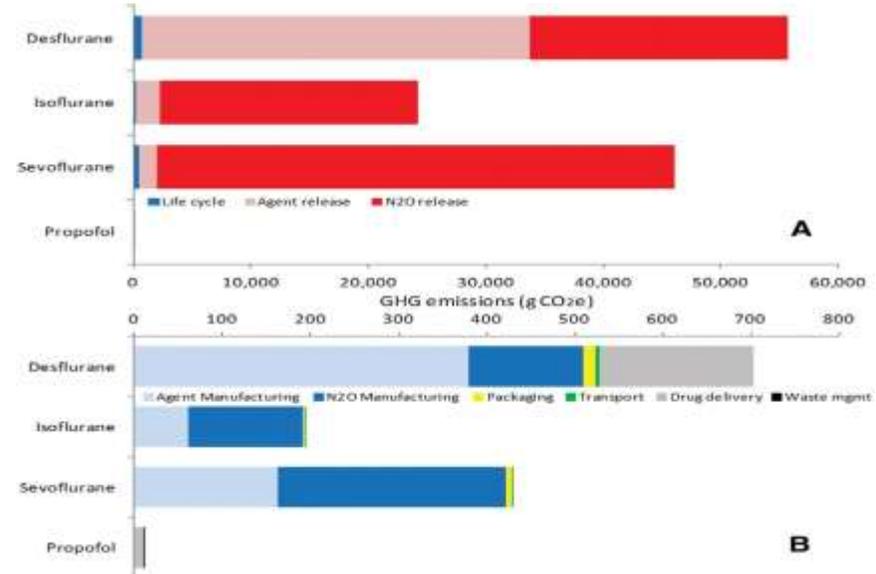
Análisis del LCA de 20 fármacos, estimando una pérdida de 155 procesos de análisis de inventario



# 5. TIVA vs Anestesia inhalada

## Comparing the environmental impact of inhalational anaesthesia and propofol-based intravenous anaesthesia

	Global warming potential	Weight per 7-h anaesthetic	kg CO <sub>2</sub> e per 7-h anaesthetic
Propofol LCA	21	0.004 kg	0.084
Remifentanil LCA	103	0.000004 kg	0.000412
Plastic production	3.25	0.443 kg	1.44
Glass production	0.895	0.472 kg	0.42
Waste incineration	1.179	0.915 kg	1.079
		Energy per 7 h anaesthetic	
Electricity usage (UK grid)	0.4	0.45 kWh	0.18
TIVA total			3.2
Desflurane	2540		820.2
Sevoflurane	130		69.9



- **Posible infraestimación de costes:** 10 jeringas de 50ml + 8 viales Propofol + 2 bolsas de 100ml SSF + 1 bomba TIVA + 1 BIS
- **Diferencias entre 1 intervención 7h a 7 intervenciones de 1h**

En anestesia pediátrica, cuando se realiza **inducción inhalatoria**, el mantenimiento con TIVA únicamente tiene **beneficio en las emisiones de CO<sub>2</sub> con tiempo > 77min o 105 min si > 30-50kg**

# 5. TIVA vs Anestesia inhalada

## Total intravenous anesthesia vs inhalational anesthesia in patients undergoing surgery under general anesthesia. Cost-minimization study

Fabián David Casas-Arroyave<sup>a,b</sup> 

<sup>a</sup>Anesthesiology and Resuscitation Section, Surgery Department, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>b</sup>Hospital Universitario San Vicente Fundación, Medellín, Colombia.

Correspondencia: Cl. 67 # 53-108, Medellín, Colombia. E-mail: fabian.casas@udea.edu.co

- **TIVA ↑ Coste**, especialmente durante el intraoperatorio
- **Reducción de costes progresivo** con el abaratamiento de nuevas tecnologías como bombas TCI



Limita la aplicación de TIVA en países con menor grado de desarrollo

# 5. Consumo de plásticos asociados a TIVA

Costos de por vida	Anestesiista individual		Todos los anestesiistas <i>del</i> Reino Unido	
	Uso:	Equivalente a:	Uso:	Equivalente a:
KWh consumo de electricidad	2268 kWhc	22.680 forúnculos de hervidor = 4,5 hervores de hervidor/lista	21,4 millones de kWh	21 millones de calderas
Jeringas de 50 ml	50.400	1,66 toneladas de residuos plásticos	476,5 millones	15.726 toneladas de residuos plásticos
Viales de Propofol (50 ml)	40.320d	2,38 toneladas de residuos de vidrio	381 millones	22.492 toneladas de residuos de vidrio
100 ml de bolsas de solución salina	10.080	141 kg de residuos plásticos	95,3 millones	1334 toneladas de residuos plásticos
Conjuntos de donaciones TIVA	5040	345,7 kg de residuos plásticos	47,6 millones	3240 toneladas de residuos plásticos
desechables pEEG	5040	84,67 kg de residuos	47,6 millones	800,6 toneladas de residuos
<b>Residuos totales</b>		<b>4,6 toneladas de residuos</b>		<b>43.593 toneladas de residuos</b>

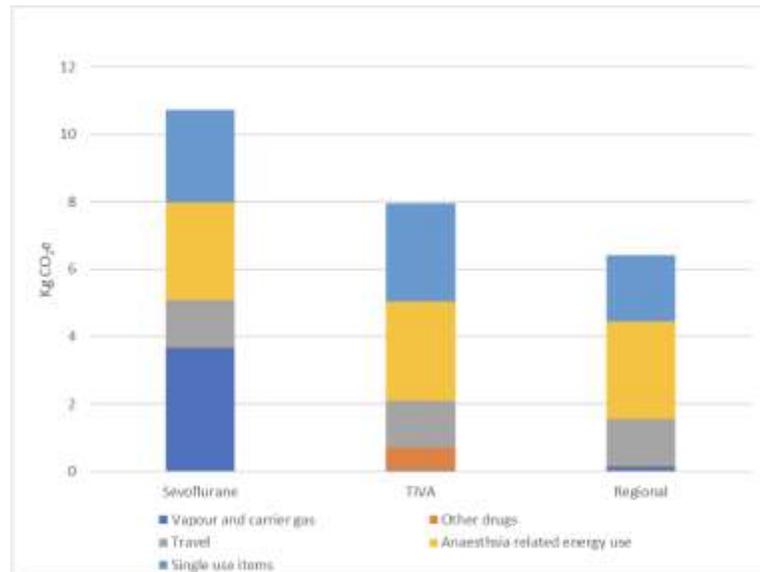
Cálculos basados en 7h de anestesia 3 días/semana 42 semanas

# 5. Anestesia inhalada vs TIVA vs Regional

Mediante el LCA se pueden realizar **estimaciones** del **impacto ambiental** de diferentes modalidades anestésicas



Hay que realizar estudios en la **práctica clínica**



KgCO <sub>2</sub> e	Sevoflurane	TIVA	Regional
Vapour and carrier gas	3.66	0.03	0.15
Other drugs	0.03	0.66	0.005
Travel	1.4	1.4	1.4
Anaesthesia related energy use	2.89	2.94	2.89
Single use items	2.74	2.94	1.97
<b>Total</b>	<b>10.72</b>	<b>7.97</b>	<b>6.415</b>

Parvatker, A et al. Cradle-to-gate Greenhouse Gas Emissions for Twenty Anesthetic Active Pharmaceutical Ingredients based on Process Scale-up and Process Design Calculations. ACS Sustainable Chem. Eng.; 2019(7): 6580-6591

# 5. Anestesia general vs regional vs combinada

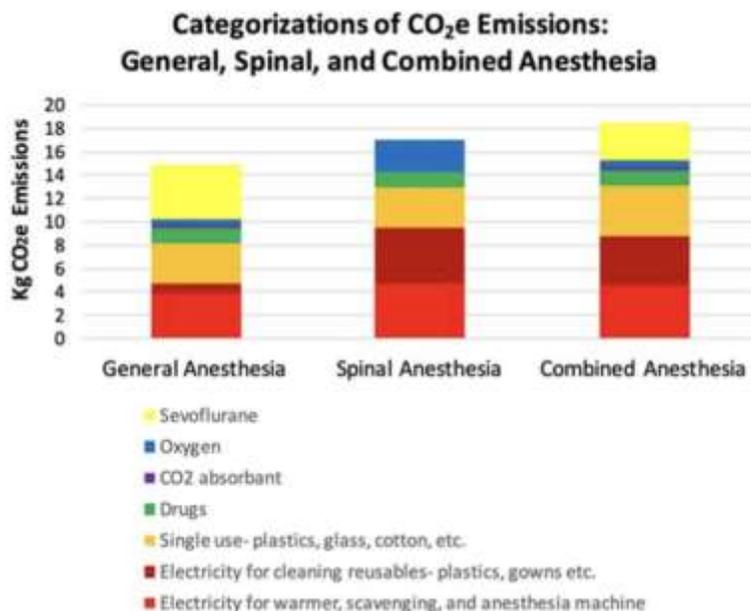
## Carbon Footprint of General, Regional, and Combined Anesthesia for Total Knee Replacements FREE

👁️ 🗨️

Forbes McGain, F.A.N.Z.C.A., F.C.I.C.M., Ph.D.; Nicole Sheridan, F.A.N.Z.C.A.; Kasun Wickramarachchi, B.Sc., M.P.H., M.D.; Simon Yates, M.D.; Brandon Chan, M.B.B.S.; Scott McAllister, B.Sc., Pgrad., Dip.Sci., M.Eng.Sci.

+ Author and Article Information

Anesthesiology December 2021, Vol. 135, 976–991.



- **Impacto ambiental similar entre los tres tipos de anestesia**
- **Mayores fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> entre los tres grupos:**
  - **Material de un solo uso** 20-25%
  - **Electricidad y calentamiento del paciente** 15%
  - **Fármacos** 8%
- **Sevorane mayor impacto en general (32%) y combinada (17%)**
- **Duración procedimiento 20% más largo en anestesia regional.**
- **Inhalada vs TIVA > 1,2 kg/h CO<sub>2</sub>**

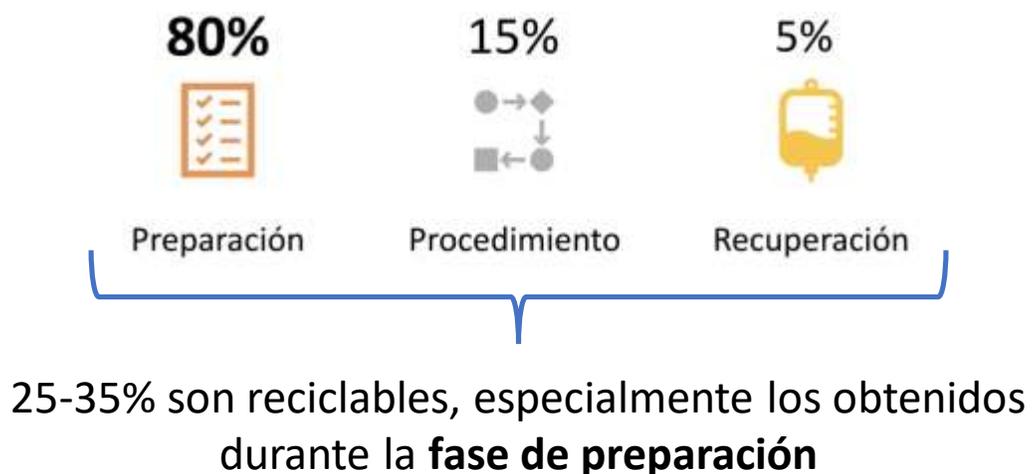
CO<sub>2</sub>

- **Regional:** ↓ O 10 – 6 l/min → 1,6 km/h qx
- **General:**
  - ↓ FGF 1 l/min → 4,8 km/h qx
  - Inhalatoria vs TIVA → 4,8 km/h LFGF
- **Plástico mínimamente necesario** → 4,8 km/h qx

## 6. Residuos relacionados con la anestesia

Origen de los desechos generados en quirófano

El **65% las emisiones** proceden de la **obtención y gasto de productos sanitarios**



- **Reducir:**
  1. Consumo de energía, agua, papel, plástico
  2. Objetos de un solo uso
  3. Exposición a agentes químicos y ambientales
- **Reutilizar:**
  1. Reprocesado de dispositivos médicos
  2. Esterilización de equipamiento
- **Reciclar:**
  1. Plásticos, papel, vidrio
  2. Metales
  3. Baterías
- **Replantear:**
  1. Elementos innecesarios en kits anestésicos
  2. Reducción estancia hospitalaria: **Fast-track**
  3. Compra sostenible: **ciclos de vida**

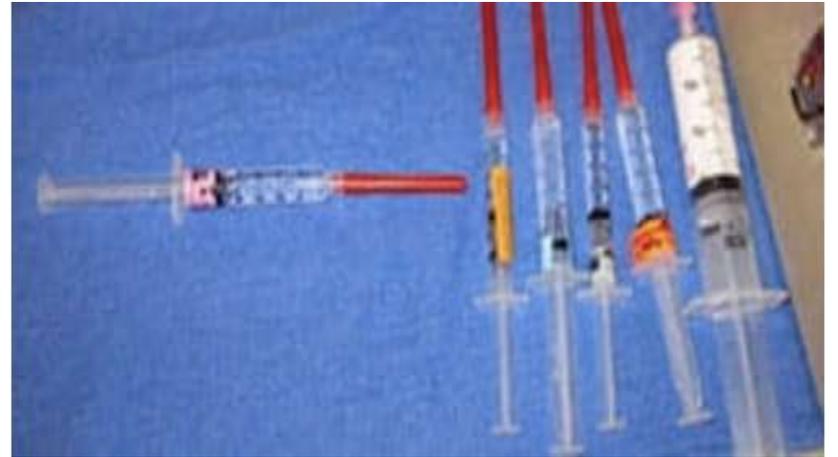
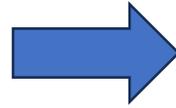
# 6. Reducir

La **generación de residuos** es un proceso **inherente al proceso asistencial**, por ello el **primer paso** para reducir el impacto pasa por **reducir al mínimo** dicha generación

## Fármacos anestésicos

- **25-30%** del presupuesto total de **fármacos anestésicos se elimina sin haber sido utilizado**
- El **Propofol** es el más **empleado** y el **más desperdiciado** (32-49%)
- **Vasoactivos preparados** (atropina, efedrina, fenilefrina) **no se emplean hasta en el 50% de ocasiones**

1. **Evitar** precargar medicación que no sea de emergencia
2. Empleo de **jeringas precargadas** para evitar desechar medicaciones cargadas de forma preventiva.
3. **Reducir** la cantidad de **medicación** preparada



**SARTD-CHGUV Sesión de formación continuada  
Valencia 26 de Septiembre de 2023**

## 6. Reducir

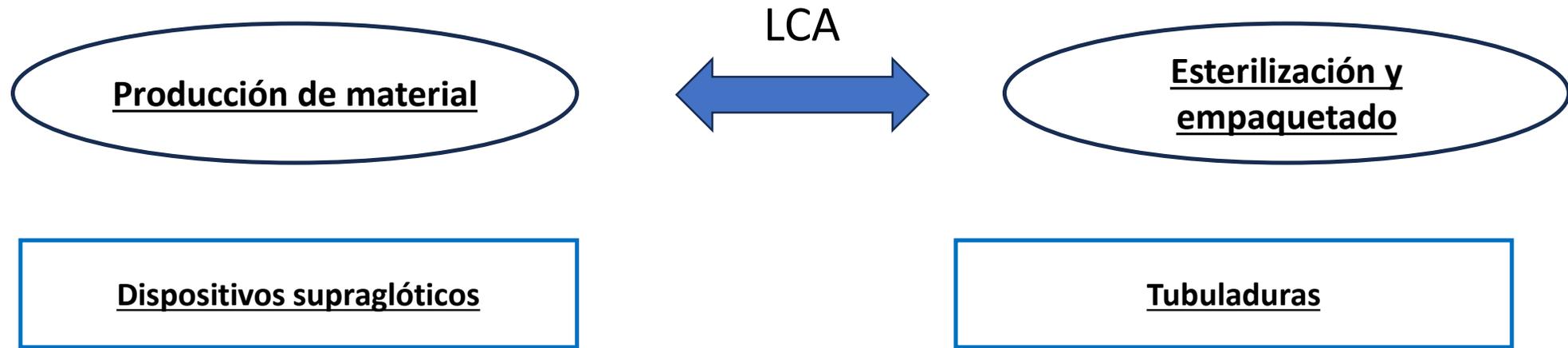
### Materiales y energía



- **Paquetes o bandejas preparadas:**
  - Evitar apertura para **uso de un único elemento**
  - **Revisar periódicamente el inventario** para reducir elementos que no se empleen
- **Planear el proceso quirúrgico:** Evitar preparación de material que no se vaya a emplear
- **No emplear periódicamente materiales de un solo uso:**
  - Uso de batas estériles/aislamiento como ropa de abrigo
  - Empleo de gorros de tela
- **Mantenimiento eficiente de la temperatura** de quirófano



## 6. Reutilizar



- **DSA reutilizables** ↓ **impacto ambiental**
- DSA desechables
  - Producción de polímeros
  - Empaquetamiento
  - Manejo de residuos
- DSA reutilizables: Esterilización

- **Sociedad Alemana de Anestesiología** defiende el **cambio cada 7 días**.
- **Filtro** con una **eficacia >99%**
- **Recambio en casa de enfermedades infecciosas**

## 6. Reprocesamiento de material de un solo uso

**Reprocesamiento o remanufacturamiento** hace referencia al **proceso de limpieza, testeo y reempaquetamiento de material médico de un solo uso** y aprobado por diferentes agencias reguladoras

Muchas veces **la etiqueta de un solo uso viene indicada por el fabricante** atendiendo más a **intereses económicos**

**Materiales de un solo uso:** Manguitos de PA, pulsioxímetros, garrotes, mascarillas de anestesia



# 6. Reciclaje y clasificación de residuos

	Residuos comunes	Residuos médicos regulados
<u>Riesgo biológico</u>	No	Si
<u>Proceso de eliminación</u>	Sin tratamiento específico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incineración</li><li>• Autoclave</li></ul>
<u>Costo energético</u>	Bajo	Alto
<u>Costo económico</u>	Similar a residuos no hospitalarios	40% del presupuesto hospitalario tratamiento de residuos
<u>Proporción totalidad residuos</u>	85%	<10%
<u>Potencialmente reciclable</u>	Si	No

- El **90%** de los desechos en quirófano **se clasifica erróneamente** como clínico o peligroso
- Con un **sistema eficiente de clasificación de residuos** es posible **reducir** hasta en un **80% los costes** en el manejo de residuos

# 6. Clasificación de residuos

Tipo de plástico	Material de quirófano
Polietileno (PET)	Empaquetado de jeringas, sistemas de gotero, tubos endotraqueales, etc
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Contenedores de fluidoterapia, empaquetado flexible y transparente, paños estériles
Polivinilo de cloro (PVC)	Sistemas de gotero, gafas nasales
Polipropileno (PP)	Tubuladuras, bandejas, bateas

Los **contenedores de materiales punzantes** se pueden **esterilizar y reutilizar** reduciendo costes e impacto ambiental



# 7. Conclusiones

1. El cambio climático es un problema que afecta a todos nuestros ámbitos de la vida y que está en nuestra mano poder cambiarlo
2. Anestesia y las especialidades quirúrgicas son las que más impacto ambiental tienen dentro del sistema sanitario
3. La anestesia con flujos bajos es segura y tiene beneficios tanto para el paciente como para el medio ambiente
4. La TIVA, actualmente, tiene un menor impacto ambiental que la anestesia inhalada
5. La reducción, la reutilización y el reciclaje de los residuos puede reducir sustancialmente la huella ambiental de quirófano
6. Cada vez hay más programas, por parte de organismos globales, para la implementación de medidas que reduzcan la huella de carbono

# 8. Bibliografía

- How to reduce our carbon footprint in the OR, in the hospital, on the planet? A tool-kit for beginners. Albaladejo P, Beloeil H, Brazzi L, et al. ESAIC Sustainability Committee 2022. Accessed September 17: <https://www.esaic.org/uploads/2020/03/flash-display-screen1.pdf>
- Europea Propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO sobre los gases fluorados de efecto invernadero, por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937 y se deroga el Reglamento (UE) n.o 517/2014. 2022;0099(2014):2-32
- Carter LA, Oyewole M, Bates E, Sherratt K. Promoting low-flow anaesthesia and volatile anaesthetic agent choice. *BMJ Open Qual.* 2019;8(3):1-6. doi:10.1136/bmjopen-2018-000479
- Colak YZ, Toprak HI. Feasibility, safety, and economic consequences of using low flow anesthesia according to body J *Anesth.* 2020;34(4):537-542. doi:10.1007/s00540-020-02782-y
- Varughese S, Ahmed R. Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update. *Anesth Analg.* 2021;133(4):826- doi:10.1213/ANE.0000000000005504
- Axelrod D, Bell C, Feldman J et al. Greening the Operating Room and Perioperative Arena: Environmental Sustainability for Anesthesia Practice. American Society of Anesthesiologists. 2014. Accessed June 2, <https://www.asahq.org/aboutasa/governance-andcommittees/>
- Sherman J, Le C, Lamers V EM. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg.* 2012;114:1086-1090
- Sherman J MF. Environmental sustainability in anesthesia: pollution prevention and patient safety. *Adv Anesth.* 2016;34:47-61
- Europea C. ANEXOS de la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre los gases fluorados de efecto invernadero, por la que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937 y se deroga el Reglamento (UE) n.o 517/2014. 2022;(2014):2-32
- Petre MA MS. Environmentally sustainable perioperative medicine: simple strategies for anesthetic practice. *Can J Anaesth.* 2020;67:1044-1063
- Brattwall M, Warrén-Stomberg M, Hesselvik F, Jakobsson J. Brief review: Theory and practice of minimal fresh gas flow *Can J Anesth.* 2012;59(8):785-797. doi:10.1007/s12630-012-9736-2
- Kampman JM, Sperna Weiland NH. Anaesthesia and environment: impact of a green anaesthesia on economics. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2023 Apr 1;36(2):188-195. doi:10.1097/ACO.0000000000001243. Epub 2023 Jan 23. PMID: 36700462; PMCID: PMC9973446.
- Rajaratnam V, Abdelwahab M, Jeffries S, Hemmerling TM. A novel app to calculate the environmental impact of general anesthesia using propofol or volatile anesthetics. *J Clin Anesth.* 2022 Nov;82:110942. doi: 10.1016/j.jclinane.2022.110942. Epub 2022 Aug 10. PMID: 35961226.

- 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: 10.1213/ANE.0000000000005504. PMID: 33857027; PMCID: PMC8415729.
- Gaya da Costa M, Kalmar AF, Struys MMRF. Inhaled Anesthetics: Environmental Role, Occupational Risk, and Clinical Use. *J Clin Med*. 2021 Mar 22;10(6):1306. doi: 10.3390/jcm10061306. PMID: 33810063; PMCID: PMC8004846.
- Upadya M, Saneesh PJ. Low-flow anaesthesia - underused mode towards "sustainable anaesthesia". *Indian J Anaesth*. 2018 Mar;62(3):166-172. doi: 10.4103/ija.IJA\_413\_17. PMID: 29643549; PMCID: PMC5881317.
- Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg*. 2012 May;114(5):1086-90. doi: 10.1213/ANE.0b013e31824f6940. Epub 2012 Apr 4. PMID: 22492186.