

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL USO DE SEVOFLURANO
EN MÉDICOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGÍA**

DANIEL MARCELO MORALES VILLATORO

Tesis

**Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología
Para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología**

Febrero de 2022



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

ME.OI.51.2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

El (la) Doctor(a): Daniel Marcelo Morales Villatoro

Registro Académico No.: 201010079

No. de CUI : 2139003780101

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro(a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Anestesiología**, el trabajo de TESIS **EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL USO DE SEVOFLURANO EN MÉDICOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGÍA**

Que fue asesorado por: Dra. Gladis Julieta Gordillo Cabrera, MSc


Y revisado por: Dr. Eddy René Rodríguez, MSc

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para **Febrero 2022**

Guatemala, 01 de Septiembre de 2021.


SEPT. 6, 2021

Dr. Rigoberto Velásquez Paz, MSc.
Director
Escuela de Estudios de Postgrado


Dr. José Arnoldo Saenz Morales, MA.
Coordinador General de
Maestrías y Especialidades



/dlsr

Ciudad de Guatemala, 25 de marzo de 2021

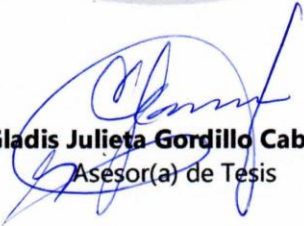
Doctor
Oscar Leonel Morales Estrada MSc.
Coordinador Específico
Programa de Maestrías y Especialidades
Facultad de Ciencias Médicas
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetable Dr. Morales:

Por este medio informo que he asesorado a fondo el informe final de graduación que presenta el Doctor **DANIEL MARCELO MORALES VILLATORO carné 201010079**, de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología, el cual se titula **"EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL USO DE SEVOFLURANO EN MÉDICOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGÍA"**.

Luego de la asesoría, hago constar que el Dr. **Morales Villatoro**, ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,



Dra. Gladis Julieta Gordillo Cabrera MSc.
Asesor(a) de Tesis

Ciudad de Guatemala, 06 de abril de 2021

Doctora

GLADIS JULIETA GORDILLO CABRERA

Docente Responsable

Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología

Hospital Roosevelt

Presente.

Respetable Dra. Gordillo:

Por este medio informo que he revisado a fondo el informe final de graduación que presenta el Doctor **DANIEL MARCELO MORALES VILLATORO carné 201010079**, de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología, el cual se titula "**EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL USO DE SEVOFLURANO EN MÉDICOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGÍA**".

Luego de la revisión, hago constar que el Dr. **Morales Villatoro**, ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,


Dr. Eddy René Rodríguez MSc.
Revisor de Tesis





Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

DICTAMEN.UdT.EEP/084-2021

Guatemala, 27 de abril de 2021

Doctora
Gladis Julieta Gordillo Cabrera, MSc
Docente Responsable
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología
Hospital Roosevelt

Doctora Gordillo Cabrera:

Para su conocimiento y efecto correspondiente le informo que se revisó el informe final del médico residente:

DANIEL MARCELO MORALES VILLATORO

De la Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Anestesiología, registro académico 201010079. Por lo cual se determina Autorizar solicitud de examen privado, con el tema de investigación:

“EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL USO DE SEVOFLURANO EN MÉDICOS RESIDENTES DE ANESTESIOLOGÍA”

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz, MSc.
Responsable
Unidad de Tesis
Escuela de Estudios de Postgrado

c.c. Archivo
LARC/karin -

2ª. Avenida 12-40, Zona 1, Guatemala, Guatemala

Tels. 2251-5400 / 2251-5409

Correo Electrónico: uit.eep14@gmail.com

De la responsabilidad del trabajo de graduación:

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Escuela de Estudios de Postgrado, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.

DEDICATORIA

Mamá, ¡una vez más lo logramos! Sin tu ayuda, esas palabras que me animaron a no caer, a no tirar la toalla, sin tus cuidados y gracias a todo el amor que me demuestras, alcancé una meta más en mi vida, la meta que me ayudaste a formular y ahora me acompañas a culminar. Te debo la vida.

Mariana y Natalia, siempre han caminado a mi lado siendo el sostén más importante en mi vida. Hace 5 años se los dije y hoy nuevamente quiero que tengan presente que deben luchar siempre por lo que más anhelan. Veo conquistar sus metas y sé que llegarán lejos, lo merecen.

Mami, desde ese lugar especial donde mora tu alma, donde viven mis pensamientos, sé que no me has abandonado. Este logro también es tuyo completamente, porque sé lo mucho que quisiste verme hasta donde he llegado.

Tíos *Fernando y Carmencita*, ustedes guiaron mis pasos y permitieron abrir el camino que hoy me lleva a esta nueva etapa en mi vida. El agradecimiento es eterno, pero el amor que siento hacia ustedes es infinito.

Tías *Carmen del Rosario y Renata*, quiero dedicarles especialmente a ustedes este hito en mi vida, sobre todo por el cariño y la atención que han tenido a lo largo de mi vivir. Deseo expresarles mi gratitud sincera por haber estado pendiente de mi bienestar durante los momentos más complicados de la pandemia. Son todo para mí.

AGRADECIMIENTO A

DOCENTES, JEFES DE SERVICIO Y JEFES DE TURNO

ASESORA Y DOCENTE RESPONSABLE

Dra. Gladis Julieta Gordillo Cabrera

REVISOR DE TESIS

Dr. Eddy René Rodríguez

MI SIEMPRE AMADO HOSPITAL ROOSEVELT

LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Exposición ocupacional a sevoflurano: Situación mundial actual	3
2.2 Anatomía estructural y funcional de la máquina de anestesia	6
2.3 Vaporizadores anestésicos	8
2.4 Sevoflurano	9
2.5 Riesgos profesionales del anestesiólogo	13
2.6 Salud ocupacional	19
III. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo general	23
3.2 Objetivos específicos	23
IV. MATERIAL Y MÉTODO	24
4.1 Diseño del estudio	24
4.2 Población y muestra	24
4.3 Criterios de inclusión	25
4.4 Criterios de exclusión	25
4.5 Operacionalización de las variables	26
4.6 Proceso de selección de los sujetos	27
4.7 Materiales	28
4.8 Plan de análisis estadístico	29
4.9 Aspectos éticos	29
V. RESULTADOS	30
VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	36

6.1 Análisis de resultados.....	36
6.2 Discusión de resultados.....	38
6.3 Conclusiones.....	41
6.4 Recomendaciones.....	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
VIII. ANEXOS.....	48
8.1 Certificado del test de flúor.....	48
8.2 Consentimiento informado.....	49
8.3 Boleta de recolección de datos.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Exposición ocupacional al uso de sevoflurano en médicos residentes de anestesiología.....</i>	31
Tabla 2.	<i>Análisis de flúor en orina en residente por servicio quirúrgico.....</i>	32
Tabla 3.	<i>Análisis de flúor en orina, según dosis del anestésico, el nivel de residencia y el tiempo en el quirófano.....</i>	33
Tabla 4.	<i>Caracterización de residentes de anestesiología.....</i>	34
Tabla 5.	<i>Distribución de quirófanos por área hospitalaria analizada.....</i>	35

RESUMEN

Introducción: El método de detección urinaria de flúor en anestesiólogos se ha convertido en un indicador fiable de exposición nociva a agentes anestésicos inhalados como sevoflurano, el cual puede llegar a ser detectado en no menos del 50% de muestras proporcionadas por estos profesionales. **Objetivo:** Medir cualitativamente niveles de flúor en orina de residentes de Anestesiología del Hospital Roosevelt. **Metodología:** Estudio descriptivo de corte transversal, en el que se tomaron 23 muestras de orina de residentes de Anestesiología en diferentes servicios quirúrgicos, empleando como método de análisis la reacción enzimática de ion selectivo cuyo resultado se interpreta mediante un cambio “pH-colorimétrico” que presenta la tira reactiva empleada para establecer la presencia de flúor en orina. **Resultados:** La frecuencia en la que puede detectarse flúor urinario se encuentra entre 43.6 % y 86.9 %. Los servicios con más presencia de flúor fueron Pediatría y Labor y Partos con el 100% de positividad. La dosis de sevoflurano con mayor asociación a flúor en orina es del 2% ($p=0.05$, $OR=11.6$), existe mayor probabilidad de positividad en residentes de tercer año ($OR=3.88$) y cuando el tiempo de exposición excede las tres horas ($OR=3.44$). **Conclusiones:** Se comprobó la presencia de flúor en la orina de los residentes. Pediatría es uno de los servicios con mayor contaminación como indica la literatura. Una dosis del 2% está asociado significativamente a la presencia de este ion. El residente de tercer año es más propenso a excretar flúor y puede aparecer después de tres horas de exposición.

Palabras clave: Anestesiología, Sevoflurano, Contaminación, Salud laboral, Quirófanos.

I. INTRODUCCIÓN

Son múltiples los riesgos conocidos derivados del noble ejercicio del 'Deorum Ars' o arte de los dioses: La Anestesiología. Siendo los más comunes, los riesgos de tipo biológico, físico y sobre todo el riesgo de tipo químico, esto como resultado de las concentraciones residuales de anestésicos inhalados, cuyos efectos adversos a la salud predisponen al anestesiólogo a padecer de cefalea, irritabilidad, cambios neuroconductuales (1) y daño en la estructura del ADN (2).

La presencia de flúor en orina de los profesionales de la salud que prestan sus conocimientos y servicios durante el acto anestésico como indicador de una exposición ocupacional nociva al sevoflurano puede llegar a ser detectada en no menos del 50 % de los anestesiólogos (3), quienes se exponen diariamente a ocho horas de trabajo continuas en quirófanos que disponen de este tipo de gases, traducido esto al límite máximo permitido en ambiente por parte de The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de 7.0 ppm de sevoflurano (4).

Existen múltiples estudios que revelan los efectos nocivos provocados en la salud del personal expuesto a gases anestésicos resultante de la exposición crónica a bajos niveles de los mismos teniendo en consideración, además, que los distintos productos de la degradación de agentes como el sevofluano (difluoroetileno, haloalcanos y trifluoro-metil- éter) poseen la capacidad de provocar en quien se expone a ellos procesos como hepato y nefrotoxicidad, carcinogénesis y anomalías fetales en el caso de las mujeres, esta información con un nivel de significancia $p < 0.001$ (5).

Por otra parte, se ha hecho evidente que el tipo de inducción anestésica empleada es un factor trascendental que influye en la contaminación del ambiente quirúrgico y la aparición de flúor en orina de anestesiólogos, estableciendo que las inducciones inhaladas se encuentran entre las prácticas más nocivas y riesgosas en cuanto a la polución por gas anestésico se refiere, esto se ha demostrado en otras publicaciones al detectar hasta 2.43 ppm de agente anestésico inhalado contra 0.62 ppm cuando la inducción se administró por vía intravenosa (6).

Ante la falta de datos disponibles y veraces en nuestro medio y relacionados con el tema, se hizo necesaria la ejecución del presente estudio descriptivo de corte transversal el cual se realizó en los quirófanos que disponen de vaporizadores tipo sevoflurano de los servicios quirúrgicos del Hospital Roosevelt durante el período de enero a octubre de 2019 con la finalidad de demostrar

la presencia de orina contaminada con flúor, como resultado de la polución ocupacional a causa de este tipo de gases.

Por consiguiente, la presente investigación se basa en la necesidad de conocer la exposición a Sevoflurano a la que se enfrentan los médicos residentes de Anestesiología del Hospital Roosevelt, el servicio con mayores niveles de exposición y la cantidad de horas a las que se exponen los profesionales. La metodología empleada se basó en un estudio descriptivo de corte transversal mediante el cual se estimó de manera cualitativa la presencia del ion flúor en muestras de orina bajo la técnica de reacción enzimática de ion selectivo, denominada también “prueba pH-colorimétrica” (7). Concluyendo finalmente que existe presencia de flúor en la orina de los residentes. El área de sala de operaciones de Pediatría es uno de los servicios con mayor contaminación tal y como lo indica la literatura. Una dosis del 2% está asociado significativamente a la presencia de este ion. El residente de tercer año es tres veces más propenso a excretar flúor y puede aparecer después de tres horas de exposición.

II. ANTECEDENTES

2.1 Exposición ocupacional a sevoflurano: Situación mundial actual

De acuerdo a lo expuesto por Gwak et al. En 2011, se ha sugerido que muchos de los efectos adversos en la salud del personal expuesto a gases anestésicos resultan de la exposición crónica a bajos niveles de los mismos (8). Debe además tenerse en cuenta los productos de la degradación de los anestésicos inhalados que pueden llegar a provocar un daño significativo en quienes se exponen a estos, por ejemplo, el isoflurano y el desflurano son potentes generadores de monóxido de carbono, mientras que el halotano y sevoflurano generan concentraciones importantes de difluoroetileno, haloalcanos y el no menos importante trifluorometil-vinil-éter comúnmente conocido como el “Compuesto A”, el cual tiene la capacidad imperante de producir hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, carcinogénesis deficiencia inmunitaria, anomalías en la fertilidad y efectos negativos en el desarrollo fetal (9).

La exposición crónica a los gases anteriormente mencionados, tienen la capacidad nociva de provocar cambios significativos en el genoma de diversas células de los trabajadores de salud, específicamente de anestesiólogos y otros colaboradores dentro de los ambientes quirúrgicos y esto puede deberse principalmente a las técnicas anestésicas y al uso inadecuado de prácticas comunes que pueden llegar a favorecer la fuga de anestésicos inhalados dentro de los quirófanos, sin embargo en la actualidad, sigue siendo una controversia la relación de causa y efecto entre los eventos adversos en la salud de los trabajadores y la exposición a gases anestésicos (10).

Existen diversas organizaciones a nivel mundial que han advertido sobre los riesgos a la exposición crónica de gases anestésicos y a su vez han colaborado incansablemente a fin de proponer soluciones que limiten la exposición y el daño provocado por estos agentes. Una de estas organizaciones es The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) quienes en 2011 emitieron recomendaciones precisas sobre estándares globales para la exposición ocupacional a gases anestésicos halogenados, fijando como límites máximos permisibles para el halotano de 50 ppm y para el enflurano e isoflurano de 75 ppm (11).

Asimismo, el máximo regente de la protección ocupacional de los trabajadores en Estados Unidos, The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), desde el remoto año de 1977 recomendaron como límite estricto de exposición para los anestésicos halogenados una cantidad máxima de 25 ppm (12).

Desde otro punto de vista y para tomar en cuenta, se reporta en la literatura fehacientemente que a pesar de la implementación de las medidas propuestas tanto por ACGIH como por NIOSH y a pesar de mejorar la instrumentación y técnicas anestésicas, el riesgo de exposición a gases anestésicos continúa siempre presente dentro de las salas de operaciones (11, 13).

Adicionalmente cabe mencionar, que además de las técnicas, prácticas y actitudes al momento de ejecutar el acto anestésico, los dispositivos comúnmente empleados para el manejo de la vía aérea del paciente anestesiado juegan un papel muy importante dentro de los niveles de polución química dentro de los quirófanos. Se ha constatado que el uso de tubos sin balón, y sobre todo el uso de mascarillas laríngeas incrementan considerablemente la exposición a los gases anestésicos por parte del operador. Los químicos contenidos en este tipo de gases y despididos por estos dispositivos son capaces de contaminar el aire de los quirófanos derivando en un riesgo altamente potencial de daño crónico a quienes se exponen a los mismos (14).

Otros estudios realizados en los últimos años han concentrado sus objetivos en determinar los cambios hematopoyéticos y bioquímicos que repercuten en el trabajador de salud expuesto a gases anestésicos como, por ejemplo, alteraciones en marcadores hepáticos los cuales son los más representativos en los resultados de estos estudios (9).

Sobre este tipo de tópicos, acerca de los cambios en diversos análisis sanguíneos, existen múltiples manuscritos, siendo uno de los más notables un estudio realizado en 2014 por parte del personal del "Centro di Medicina Occupazionale dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" titulado "Gas anestetici e lavoratori esposti professionalmente" concluye que existe una alta prevalencia de resultados por encima de lo normal en cuanto a los análisis hepáticos (GGT, TGO, TGP y bilirrubinas), principalmente en la cuantificación en sangre de glutamato-piruvato transaminasa y la gama glutamil transpeptidasa (15).

Este estudio además recoge información importante sobre el análisis clínico de los expuestos el cual reporta que los mismos, durante la exposición presentaron diversos síntomas relacionados como, cefalea, astenia, arritmias, reacciones alérgicas gastritis, rinitis, laringitis, herpes bucal y alteraciones en el ciclo menstrual (15).

Tal y como lo expone el estudio italiano citado con anterioridad, existen múltiples documentos que avalan este tipo de información, donde no solo existen cambios genéticos o de orden hemato-bioquímico sino que además, la constante exposición a la polución intraoperatoria de gases anestésicos puede llegar a provocar importantes cambios físicos y psicológicos que derivan en detrimento de la salud del anestesiólogo y los otros colaboradores del espacio quirúrgico (16, 17, 18).

Con el pasar de los años los esfuerzos por minimizar la exposición y la contaminación de gases anestésicos, dentro de los ambientes quirúrgicos hospitalarios han sido significativos y extensos, sin embargo, de acuerdo a la Occupational Safety and Health Administration del Department of Labor de Estados Unidos, el problema de exposición ocupacional permanece aún presente en las salas de operaciones (19).

Por lo tanto y de acuerdo con estudios realizados en 2009, es importante identificar y conocer todos los procedimientos anestésicos y quirúrgicos asociados con el incremento de las emisiones de anestésicos volátiles dentro del ambiente de las salas de operaciones con la finalidad de reducir posibles riesgos potenciales por parte de operadores y colaboradores críticamente expuestos (20).

En síntesis y de acuerdo los estudios disponibles relacionados a la exposición ocupacional a gases anestésicos, se establece que la magnitud de los efectos puede clasificarse en dos grandes grupos, los efectos orgánicos en los que juega un papel muy importante el tipo de anestésico volátil y su administración de flujo, su concentración, el nivel de exposición y las características propias del quirófano. Por otra parte, se encuentran los efectos subjetivos en los que participan la susceptibilidad del contaminado, la edad, características genéticas y la presencia o no de patologías concomitantes (21).

Dentro del contexto nacional se tiene el antecedente de limitadas investigaciones respecto a la condición actual de los quirófanos y la polución que se vive dentro de sus espacios concerniente a la emisión de gases anestésicos. En mayo de 2013 se hizo pública una investigación de tesis sobre la concentración de anestésico volátil en el área verde de las unidades hospitalarias del seguro social de Guatemala.

Mediante el uso de un detector de gases halogenados se estableció que en cinco de los nueve quirófanos analizados existe presencia de gas halogenado en ambiente, el 100% de estos pertenecientes a las salas de operaciones de la pediatría (lugar donde la mayoría de inducciones se da mediante mascarilla facial, siendo este un factor de riesgo para la exposición a gas anestésico (22).

2.2 Anatomía estructural y funcional de la máquina de anestesia (23)

La manera en la que se administra anestesia a los pacientes ha evolucionado considerablemente desde el primitivo sistema de esponjas humedecidas con éter hasta máquinas super-desarrolladas capaces de administrar dosis de anestésicos inhalatorios adecuadas sin descuidar la correcta ventilación del paciente y la pertinente eliminación de gases residuales de los sistemas.

En la actualidad, pensar en una máquina de anestesia puede llevar a la errónea idea de que la misma se trata de ventiladores similares a los de las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), sin embargo, existen diferencias abismales entre una máquina de anestesia y un simple ventilador de la UCI, las cuales se recogen en el cuadro 1.

Cuadro 1

Características que diferencian una máquina de anestesia con un ventilador de la UCI

- Administran gases anestésicos en dosis exactas
- Permiten reutilizar gases anestésicos después de ser separados del dióxido de carbono
- Miden de manera aislada el oxígeno y otros gases administrados
- Emplean la modalidad de respiración manual con ajustes de presión
- Previene la administración de mezclas hipóxicas de gas producidas por errores del usuario
- Poseen un sistema suplementario de oxígeno

Fuente: Miller R., et al. Miller's Anesthesia. 8ª ed. Madrid: Elsevier; pp 351; 2016.

La máquina de anestesia posee un aporte de gases mediante secciones de alta presión en donde puede encontrarse la entrada de las balas auxiliares de tamaño E, el cual, durante un funcionamiento completamente normal de la máquina de anestesia, el distribuidor central de gases del hospital funge como la fuente principal de gases para la administración de la anestesia. Sin embargo, es indispensable que las máquinas de anestesia se valgan de una bala como fuente suplementaria de oxígeno, esto es necesario para los casos de contingencia en los que falle el suministro de gases.

Por otro lado, existe una sección de presión intermedia que dispone de la entrada de la conducción de la fuente de gas central del hospital. También es posible identificar en estos sistemas de presión intermedia a las válvulas de lavado de oxígeno, este tipo de sistemas es el más antiguo conocido en las máquinas de anestesia permaneciendo hasta nuestros días como el dispositivo de seguridad más confiable. Existen sistemas de seguridad neumáticos, el caudalímetro auxiliar de oxígeno y reguladores de presión de segundo nivel.

Por último, es posible identificar también a la sección de baja presión compuesta por el bloque de los caudalímetros provisto de válvulas de control de flujo, dispositivos de

seguridad y tubos de flujo, sistemas de proporcionalidad con sensores electrónicos de flujo, sistemas de proporcionalidad con un sistema de control de la fracción de oxígeno y sistemas de limitación de la proporcionalidad, los vaporizadores y sistemas de anclaje y de bloqueo de los vaporizadores y la válvula de control de salida, la cual está destinada al control del flujo retrógrado al interior del vaporizador durante el uso de ventilación con presión positiva.

2.3 Vaporizadores anestésicos

Como se apreció en la justificación del presente manuscrito, sobre la administración del primer acto anestésico llevado a cabo por William Morton en 1846 a través de un novedoso sistema de administración de gas anestésico basado en éter el cual inició la etapa moderna de la anestesiología como se conoce hoy en día. Sin embargo, la concentración de gas administrado era completamente imposible de determinar a través de este sistema, sin poder controlar además los cambios hemodinámicos y térmicos provocados por la evaporación del líquido anestésico.

Existen distintos términos básicos que permiten comprender a profundidad el funcionamiento y el contexto general de los mecanismos efectuados por el vaporizador anestésico, el cual es el responsable de administrar la dosis adecuada del agente inhalado al paciente. Uno de ellos es la evaporación y la presión de vapor, este término es el que permite denominar a los agentes anestésicos como volátiles ya que, como cualquier otro líquido de este tipo, tienden a evaporarse o vaporizarse.

El fenómeno descrito sucede en los líquidos, como el líquido anestésico, el cual al exponerse al aire o a otro tipo de gases, las moléculas que se hayan en la superficie del mismo poseen la suficiente energía para escapar de una fase líquida y convertirse en una fase gaseosa. Este mecanismo es conocido como evaporación.

Cuando un tipo de sustancia específica, en este caso el agente anestésico, posee una mayor propensión a evaporarse generan una capacidad intrínseca y eficaz para provocar una presión de vapor más elevada, esta presión de vapor es una cualidad física que posee cada sustancia teniendo como característica un valor único a una temperatura determinada sin ser afectada en absoluto por la presión atmosférica.

Cuando la temperatura de un líquido, como en el caso del sevoflurano se reduce, la evaporación tiende a disminuir debido a que el número de partículas que poseen la capacidad de evaporarse desciende considerablemente impidiendo su entrada en la fase de vapor. De manera totalmente contraria, si la temperatura aumenta en el líquido inhalatorio, la evaporación mejora y por lo tanto, la presión de vapor se eleva.

Por todo lo anterior y debido a que los valores de presión de vapor son específicos y únicos para cada agente anestésico, todos los vaporizadores deben ser diseñados de una manera definida para cada agente. Es por esto que, si un vaporizador se rellena de manera errónea con otro tipo de agente para el que fue diseñado, las mezclas de gases producidas pueden evidenciar propiedades totalmente distintas a las de cada uno de los gases.

2.4 Sevoflurano

Nombre del medicamento: SEVORANE 100% líquido para inhalación del vapor.

Composición cualitativa y cuantitativa: Este medicamento contiene Sevoflurano 100%. Contiene como mínimo 300 ppm de agua como protección frente al ácido de Lewis ambiental. No contiene otros aditivos ni conservantes

Forma farmacéutica: Líquido para inhalación del vapor. Líquido volátil no inflamable.

Datos clínicos:

Indicaciones terapéuticas: Está indicado, para la inducción y mantenimiento de la anestesia general en cirugía de pacientes adultos y niños, hospitalizados o ambulatorios.

Posología y forma de administración: Medicación previa, debe seleccionarse la premedicación de acuerdo a las necesidades de cada paciente y a criterio del anesthesiólogo. Anestesia quirúrgica: El sevoflurano debe administrarse a través de un vaporizador calibrado específicamente para ser utilizado con este medicamento de modo que se pueda regular la concentración liberada. Debe conocerse la concentración de sevoflurano liberada por el vaporizador durante la anestesia. Inducción de la anestesia La

dosis debe ser individualizada y ajustada para conseguir el efecto deseado, según la edad y el estado clínico del paciente (24).

Puede administrarse un barbitúrico de acción corta u otro fármaco de inducción por vía intravenosa, seguidos por la inhalación de sevoflurano. Se puede realizar la inducción de la anestesia mediante la inhalación de sevoflurano en oxígeno (O₂) o en combinación con una mezcla de oxígeno-óxido nitroso (O₂/N₂O). Para la inducción de la anestesia, normalmente las concentraciones inhaladas de hasta el 8% de sevoflurano producen anestesia quirúrgica en menos de 2 minutos, tanto en adultos como en niños (25).

Mantenimiento de la anestesia: Los niveles de anestesia quirúrgica pueden mantenerse con concentraciones de 0,5 - 3% de sevoflurano en O₂ con o sin el uso concomitante de óxido nitroso (ver Interacción con otros medicamentos y otras formas de interacción, óxido nitroso). La concentración alveolar mínima (CAM), concentración a la que se inhibe el movimiento frente a un estímulo doloroso (ej. incisión quirúrgica) en el 50% de los pacientes, es específica para cada edad y disminuye a medida que aumenta la edad. La CAM del paciente en función de la edad se describe a continuación en la Tabla 2.

Despertar: Los tiempos de despertar después de la anestesia con sevoflurano son generalmente cortos. Por lo tanto, los pacientes pueden necesitar precozmente tratamiento para el dolor postoperatorio.

Pacientes de edad avanzada: La CAM disminuye con la edad. La concentración media de sevoflurano para alcanzar la CAM en un paciente de 80 años es aproximadamente el 50% de la requerida en un paciente de 20 años.

Población pediátrica: Consultar el cuadro 2 para los valores de CAM según la edad en pacientes pediátricos.

Cuadro 2
Valores de CAM (Concentración alveolar mínima) para adultos y pacientes
pediátricos según la edad

Edad	Sevoflurano + O2	Sevoflurano + NO2 y O2
0-1 mes*	3.3 %	
1 – 6 meses	3.0 %	
6 meses – 3 años	2.8 %	2.0 %**
3 – 12 años	2.5 %	
25	2.6 %	1.4 %
40	2.1 %	1.1 %
60	1.7 %	0.9 %
80	1.4 %	0.7 %
* Los neonatos son de edad gestacional a término. No se ha determinado la CAM en niños prematuros.		
** En los pacientes pediátricos de 1 a 3 años se utilizó 60 % de N2O y 40 % de oxígeno.		

Fuente: Ficha técnica del Sevoflurano. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. Diciembre de 2018 (24).

Contraindicaciones: Hipersensibilidad al principio activo o a alguno de los excipientes. Sevoflurano no debe utilizarse en pacientes con susceptibilidad genética, conocida o sospechada, de hipertermia maligna. Sevoflurano no debe ser utilizado en pacientes con sensibilidad conocida o sospechada a sevoflurano o a otros anestésicos halogenados (por ejemplo, con antecedentes de trastorno de la función hepática, fiebre o leucocitosis de origen desconocido después de la anestesia con uno de estos agentes). Sevoflurano está contraindicado en pacientes en los que está contraindicada la anestesia general (26).

Advertencias y precauciones especiales de empleo: Sevoflurano puede causar depresión respiratoria, la cual puede verse aumentada por la premedicación narcótica u otros agentes que causen depresión respiratoria. Debe supervisarse la respiración y si es necesario, proporcionar asistencia. Sevoflurano debe ser administrado sólo por personas entrenadas en la administración de la anestesia general. En las instalaciones debe haber

una disponibilidad inmediata para el mantenimiento de la vía aérea del paciente, ventilación artificial y oxígeno adicional, y reanimación circulatoria. Debe conocerse exactamente la concentración de sevoflurano que está siendo liberada desde el vaporizador (25).

Como los anestésicos volátiles difieren en sus propiedades físicas, sólo pueden utilizarse vaporizadores específicamente calibrados para sevoflurano. La administración de la anestesia general debe ser individualizada basándose en la respuesta del paciente. A medida que la anestesia es más profunda, aumenta la hipotensión y la depresión respiratoria. Se han notificado casos aislados de prolongación del intervalo QT, asociados muy raramente con torsade de pointes (siendo mortales en casos excepcionales). Debe tenerse precaución cuando se administre sevoflurano a pacientes sensibles (24). Se han notificado casos aislados de arritmia ventricular en pacientes pediátricos con la enfermedad de Pompe. Debe tenerse precaución en la administración de anestesia general, incluyendo Sevoflurano, a pacientes con trastornos mitocondriales (26).

Pacientes con daño hepático: En la experiencia postcomercialización se han notificado casos muy raros de disfunción hepática postoperatoria de moderada a grave o de hepatitis con o sin ictericia. Cuando sevoflurano se utilice en pacientes con una enfermedad hepática subyacente o en tratamiento con fármacos que se conozca que producen disfunción hepática, debe realizarse un juicio clínico previo sobre su utilización. Se ha reportado que en pacientes expuestos previamente a hidrocarburos halogenados, entre los que se incluye el sevoflurano, especialmente si el intervalo es menor de 3 meses, puede incrementarse el riesgo de daño hepático (25).

Hipertermia maligna: En individuos sensibles, la inhalación de anestésicos inhalatorios potentes, incluyendo sevoflurano, pueden desencadenar un estado hipermetabólico del músculo esquelético, produciendo una demanda muy alta de oxígeno y el síndrome clínico conocido como hipertermia maligna. El síndrome clínico se caracteriza por hipercapnia y puede incluir rigidez muscular, taquicardia, taquipnea, cianosis, arritmias y/o presión sanguínea inestable. Algunos de estos signos no específicos como hipoxia aguda, hipercapnia e hipovolemia pueden aparecer durante una anestesia superficial (24).

En los ensayos clínicos, se notificó un caso de hipertermia maligna. Además, ha habido notificaciones durante la postcomercialización de hipertermia maligna. Algunos de estos

informes han sido mortales. El tratamiento de la hipertermia maligna incluye supresión del agente desencadenante (ej: sevoflurano), administración intravenosa de dantroleno sódico y aplicación del tratamiento de soporte (24).

Dicha terapia incluye grandes esfuerzos para restablecer la temperatura corporal a la normalidad, soporte respiratorio y circulatorio según esté indicado y tratamiento de las anomalías de electrolitos y fluidos y el equilibrio ácido-base. Posteriormente, puede aparecer un fallo renal por lo que debe controlarse y mantenerse el flujo urinario siempre que sea posible (26).

Hiperpotasemia perioperatoria: El empleo de los anestésicos inhalatorios se ha asociado raramente con incrementos en los niveles de potasio sérico que han producido arritmias cardíacas y muertes en pacientes pediátricos durante el postoperatorio. Los más vulnerables parecen ser los pacientes con enfermedad neuromuscular latente y también sintomática, particularmente la distrofia muscular de Duchenne (26).

El uso concomitante de succinilcolina ha estado asociado con la mayoría, pero no todos, de estos casos. Estos pacientes también experimentaron aumentos significativos en los niveles de creatina quinasa sérica y, en algunos casos, cambios en la orina que responden a mioglobinuria. A pesar de la similitud en la presentación con la hipertermia maligna, ninguno de estos pacientes presentó signos o síntomas de rigidez muscular o estado hipermetabólico. Se recomienda una intervención rápida y agresiva para tratar la hiperpotasemia y las arritmias resistentes, así como la evaluación subsiguiente de la enfermedad neuromuscular latente (24).

2.5 Riesgos profesionales del anesthesiologo (27)

2.5.1 Definiciones

Como se ha expresado con anterioridad, la anestesiología es una rama de la medicina que debido a su naturaleza presenta múltiples riesgos en su actuar, por lo que considerando esto, la Confederación Latinoamericana de Sociedades de Anestesiología (C.L.A.S.A.) por medio de la Comisión de Riesgos Profesionales ha elaborado una extensa guía en el marco del desarrollo del proyecto de riesgos profesionales del

anestesiólogo en Latinoamérica, la cual trata sobre los riesgos que forman parte de la afectación directa que sufre el anestesiólogo en relación a su salud y seguridad ocupacional.

Esta guía tiene como objetivo brindar información y recomendaciones para que estas sean tomadas en cuenta por los anestesiólogos y su aplicación sea de tipo voluntaria. Asimismo, pretende ser una guía que oriente a organizaciones involucradas para desarrollar negociaciones en materia de condiciones laborales para el profesional de la anestesia. Por otra parte, persigue ser un referente de información dirigido hacia los empleadores de los anestesiólogos y a su vez y no menos importante, ser una guía legal para institucionalizar la protección laboral del anestesiólogo, desafío que debe liderar en particular cada país miembro de la C.L.A.S.A.

2.5.2 Clasificación de los riesgos profesionales del anestesiólogo

De acuerdo a la guía que proporciona la C.L.A.S.A., existen diversos riesgos que representan cierto grado de peligro en el desarrollo de las actividades que desempeña el anestesiólogo en su ámbito laboral. La clasificación elaborada por esta confederación se detalla en el cuadro 3.

2.5.2.1 Riesgos vinculados a agentes químicos

De acuerdo al cuadro 3 los riesgos vinculados a agentes químicos que afectan el ejercicio profesional diario del médico anestesiólogo comprenden explícitamente la alergia al látex y la exposición a gases anestésicos, empero, son mencionados dentro de este grupo algunos antisépticos como la clorhexidina y el yodo, así como también el contacto accidental con ciertos medicamentos.

Cuadro 3
Clasificación de los riesgos profesionales del Anestesiólogo Confederación
Latinoamericana de Sociedades de Anestesiología
Uruguay, 2003. (Revisada en el año 2006)

Riesgo	Fuente
Vinculado a la naturaleza del trabajo del anestesiólogo	<ul style="list-style-type: none"> - Estrés crónico laboral - Trastornos psicosociales - Farmacodependencia - Ergonomía
Vinculado a agentes biológico	Infecciones provocadas por: <ul style="list-style-type: none"> - Virus de hepatitis B - Virus de hepatitis C - VIH - Bacterias, hongos y otros.
Vinculado a agentes físicos y de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Radiaciones ionizantes y no ionizantes - Ruido - Carga térmica - Ventilación - Iluminación - Electricidad e incendios - Vibraciones
Vinculado a la organización laboral	<ul style="list-style-type: none"> - Organización y contenido - Diseño del puesto - Carga horaria - Violencia
Vinculado a agentes químicos	<ul style="list-style-type: none"> - Alergia al látex - Gases anestésicos

Fuente: Morales M. Efectos de la contaminación acústica en médicos residentes de Anestesiología. Tesis de grado. Junio de 2017 (28).

2.5.2.1.1 Factores de riesgo en la contaminación por agentes químicos

Son la contaminación ambiental en el quirófano por los residuos de los gases anestésicos (agentes halogenados) y la Inhalación crónica de estos. Las fuentes principales son por múltiples causas, entre otras:

Vinculadas a la infraestructura edilicia del quirófano:

- Carencia de sistemas de ventilación
- Carencia o ineficaces Sistemas de Evacuación de Gases Anestésicos

- Quirófanos sin extractores

Vinculadas al equipamiento médico:

- Maquinas de Anestesia sin sistema de Evacuación de gases
- Maquinas de Anestesia con pérdidas por falta de mantenimiento
- Fugas o Perdidas por el circuito anestésico
- Fugas o Perdidas de flujo metros
- Perdidas por el vaporizador
- Mal funcionamiento de Válvulas de evacuación
- Fugas o Perdidas por el Canister absorbedor de CO2
- Fugas o Perdidas por el Ventilador

Vinculadas a la técnica anestésica:

- Incorrecto sellado de la máscara facial
- Realización de Flushing en el circuito
- Fallos en el llenado del vaporizador
- Fallo en el cerrado del flujo de gas al final de la anestesia
- Fugas en los Circuitos pediátricos
- Fugas en tubos oro traqueales pediátricos sin manguito

2.5.2.1.2 Efectos vinculados a agentes químicos

No existen evidencias de daño clínico o patológico significativo al hígado, riñones gónadas u otros órganos. Además actualmente no aparecen incluidos por la IARC en ninguno de sus cinco Grupos 1, 2A, 2B, 3 o 4 de sus listados de agentes cancerígeno humanos, tampoco tienen potencial acción mutagénica, por tanto el concepto actual de la ASA (American Society of Anestesthesia) Task Force Anesthetic Gases establece que es que los efectos sobre la salud de acuerdo a las recientes revisiones no existen evidencias firmes que sugieran que las concentraciones residuales de los gases anestésicos representen un riesgo para la salud pero no existe una prueba definitiva de lo contrario. (29, 30)

En cuanto a las repercusiones sobre el rendimiento intelectual y físico surge falta de acuerdo en las investigaciones, no existiendo evidencias convincentes que los agentes

anestésicos en concentraciones iguales a las encontradas en quirófanos sin sistema de eliminación tengan algún efecto sobre el comportamiento psicomotor de sujetos sanos en el laboratorio. (27)

2.5.2.1.3 Medidas de mitigación contra los riesgos químicos

Para disminuir la contaminación ambiental y los niveles de exposición en el quirófano se recomienda reducir las concentraciones residuales de los gases anestésicos. Para tales fines las recomendaciones son: (27, 30)

- a. Utilizar sistema de evacuación de gases
- b. Realizar apropiadas prácticas laborales
- c. Monitorización de los niveles de los residuos de los gases anestésicos
- d. Establecer programas de vigilancia medica

a. Sistema de evacuación de gases (12)

Se recomienda que se debe usar un sistema de evacuación de gases anestésicos en todos los quirófanos que se imparta anestesia, debiéndose asegurar además el recambio del aire del lugar de trabajo con una frecuencia de 15-21 veces por hora. Se recomienda que las máquinas de anestesia deben disponer de sistema de evacuación de gases.

Es responsabilidad de cada institución prestadora de asistencia médica organizar y documentar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, así como el chequeo de todo el equipamiento anestésico incluido el sistema de evacuación de gases, aspiración central, acondicionadores de aire, y sistemas de ventilación.

Estas medidas buscan llegar a los niveles de concentraciones recomendadas por las agencias reguladoras siendo los límites superiores de concentraciones de Gases Anestésicos Residuales o Máxima Concentración en el Lugar de Trabajo (MWC) de acuerdo a la:

- N. I O. S. H - Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional E. U.A.: de 25 ppm (partes /millón) para el Óxido Nitroso, de 0.5 ppm (partes /millón) para la

combinación de A. Halogenado y Óxido Nitroso, de 2 ppm (partes /millón) para los Agentes Halogenados

- COSHH (Comité de Salud y Seguridad) del Reino Unido, de 100 ppm (partes/millón) para el Óxido Nitroso, de 50 ppm (partes /millón) de 50 ppm (partes /millón) para el Enflurano y para el Isoflurano, de 10 ppm (partes /millón) para el Halotano.

b. Prácticas laborales (30)

- Utilizar circuitos anestésicos de bajos flujos.
- Uso efectivo de la mascarilla facial (adecuada coaptación) para evitar fugas.
- Asegurar mantener cerrado el vaporizador cuando no se usa.
- No comenzar a utilizar el flujo gas fresco previo a comenzar la inducción anestésica.
- Debe vaciarse al sistema de evacuación la bolsa reservorio antes de discontinuar la anestesia.
- Se debe realizar el llenado del vaporizador con precaución para evitar pérdidas al ambiente.
- Evitar realizar fluhing en el circuito.
- Contralor del normal funcionamiento de las válvulas de sobre flujo.
- Chequear que no tenga fugas el manguito de alta complacencia de las sondas orotraqueales.

c. Monitorización de los niveles de los residuos de los gases anestésicos en el quirófano (31)

La monitorización no se recomienda como obligatoria de rutina, pero aquellas instituciones que la realicen tendrán una información más precisa acerca de pérdidas o fugas de gases en el sistema.

d. Programas de vigilancia médica

Se recomiendan programas de educación para los anesthesiólogos y el personal que trabaje en quirófanos. Este programa debe incluir información actualizada de la literatura

médica en el tema, haciendo énfasis en los efectos adversos para la salud, en las prácticas médicas, así como el chequeo y mantenimiento periódico del equipamiento involucrado. Además, cada institución debe proveer al trabajador de los mecanismos de reporte sobre efectos adversos sobre la salud relacionados a su trabajo en el quirófano (27).

En cuanto a programas de vigilancia activa, España, por ejemplo, recomienda el análisis periódico y sistemático de pruebas de función renal y hepática en todo el personal quirúrgico, a su vez indica la necesidad de identificar presencia de productos de la degradación de anestésicos inhalados en la orina de los anestesiólogos, suspendiéndolos de sus labores por una semana cuando las concentraciones detectadas sobrepasan los 3.3 g/l, valor que corresponde a una contaminación ambiental por encima de las 2 ppm (4).

2.6 Salud ocupacional

2.6.1 Aspectos generales de la salud ocupacional referente a la exposición de vapores en el quirófano

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud ocupacional comprende actividades de tipo multidisciplinario encausadas a la promoción y protección de la salud de los trabajadores a través de la prevención y el control de enfermedades y accidentes, así como la eliminación de factores y condiciones que ponen en peligro la salud y seguridad en el trabajo (30).

Asimismo, procura la generación y promoción del trabajo seguro y sano, así como la creación de ambientes y organizaciones de trabajo que realcen el bienestar de orden físico mental y social de los empleados, respaldando el perfeccionamiento y mantenimiento de su capacidad laboral. A la vez, contribuye a la habilitación de los trabajadores para que formen vidas social y económicamente productivas, colaborando eficazmente al desarrollo sostenible. En resumen, la salud ocupacional es una herramienta útil para el enriquecimiento humano y profesional en el trabajo (19).

De acuerdo a la contextualización de los entornos laborales saludables de la OMS, un entorno de trabajo saludable es todo aquel sitio donde los colaboradores actúan unidos para alcanzar una visión de salud en conjunto y además buscan el bienestar para los trabajadores de la comunidad. Esto ofrece a todos los integrantes de la fuerza de trabajo las condiciones físicas, psicológicas, sociales y organizacionales que protejan y promuevan la salud y seguridad. Esto a su vez permite tanto a empleadores como empleados tener un mejor control sobre su propio estado de salud, les provee de capacidades necesarias para poder mejorarlo y a su vez tener la posibilidad de ser más energéticos, positivos y felices (30).

Conforme a lo que reporta el portal de salud ocupacional de la Organización Mundial de la Salud, existen cinco claves que promueven el correcto funcionamiento de un lugar de trabajo saludable, que ofrece una gama de posibilidades al empleado a desenvolverse en un ambiente amigablemente sano. La primera clave corresponde fundamentalmente al compromiso que adquiere la dirección del centro laboral a integrar un lugar de trabajo saludable que correspondan a los valores y objetivos del servicio, compañía o empresa. Una vez adquirido el compromiso por parte de la dirección, se busca involucrar a los trabajadores y sus representantes, esto con el fin de lograr su participación activa en cada uno de los pasos del proceso, desde la planificación hasta la evaluación del plan considerando como importantes sus ideas y opiniones al respecto (12).

El tercer punto clave para fomentar la salud ocupacional en espacios laborales es observar la ética y legalidad que el centro laboral posee, teniendo como premisa inicial el principio de no maleficencia o “no hacer daño”, el cual es una base esencial de la seguridad y salud que debe ofrecérsele a los empleados. Por otro lado, debe utilizarse un proceso sistemático e integral que garantice la mejora continua y la eficacia de los procesos que se siguen para desarrollar un lugar de trabajo saludable.

Finalmente debe lograrse un adecuado plan de sostenibilidad de las medidas tomadas, con el fin de obtener los mejores resultados y determinar su perduración en el tiempo. En materia de salud ocupacional conviene además resaltar las acciones emprendidas por entidades internacionales como el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), mencionado en secciones anteriores, el cual dentro de sus publicaciones ofrece información sobre uno de sus principales programas clave, el Total Worker Health, el cual

comprende toda una estrategia en la que convergen la seguridad ocupacional y la protección de la salud con la promoción en salud y cuyo fin primordial es prevenir lesiones y enfermedades en los trabajadores y con ello mejorar no solo su salud sino además preservar su bienestar (30).

Este trabajo ofrecido por el NIOSH informa que, debido al creciente número de evidencia científica de alto rigor, se sabe en la actualidad que existen factores estrechamente ligados con el trabajo y los factores médicos que atañen de manera tenaz problemas relacionados a la seguridad y la salud. Por si fuera poco, expresa también que dichos problemas significan un importante riesgo no solo para los empleados, sino que involucra de igual manera a sus familias (12).

Se señala, asimismo, que una de las principales razones por las cuales los empleadores han fracasado en brindar a sus empleados las herramientas óptimas para la protección de su salud en el trabajo es el hecho de haber centrado sus acciones en crear programas que supervisen la seguridad únicamente sin tomar en cuenta la promoción en salud. Por otro lado, cuando se emplea únicamente la promoción se pretende insistir únicamente en los estilos de vida del trabajador, pero fuera del área de labores. Por lo anterior, es que el NIOSH decidió crear esta guía que compromete tanto a directivos como a subordinados a tomar en cuenta no solo el aspecto de seguridad laboral sino también la promoción de la preservación de su salud dentro y fuera de las instalaciones de trabajo (19).

Resumiendo las ideas expresadas sobre el ámbito de la salud ocupacional, se establece que son diversas las acciones emprendidas por organismos internacionales, como lo son la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades a través de NIOSH y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (30).

Sin embargo, el concepto general sobre salud ocupacional que debe considerarse para el desarrollo principal de este marco conceptual es que “la salud del empleado se incorpora generalmente a la definición de salud (física mental y social) de la OMS y va más allá de la ausencia de afectación física; Un entorno de trabajo saludable, en el sentido extenso del término es también una organización próspera desde el punto de vista de su funcionamiento y de cómo consigue sus objetivos. La salud de la empresa y del empleado

están estrechamente vinculadas. El entorno de trabajo ideal es pues, aquel entorno saludable en donde convergen la protección de la salud del trabajador con la promoción de su salud a todo nivel (12).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

3.1.1 Determinar la presencia de flúor asociado a la exposición a sevoflurano en la orina de residentes de Anestesiología del Hospital Roosevelt.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Identificar el servicio del hospital donde con mayor frecuencia se detectó el medicamento en las muestras de orina proporcionadas por los médicos residentes.

3.2.2 Determinar la dosis del anestésico, el nivel de residencia, y el tiempo en el quirófano en horas relacionados con presencia de flúor en orina atribuidos a la exposición a sevoflurano.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Diseño del estudio

Estudio descriptivo de corte transversal. El estudio se desarrolló mediante un enfoque deductivo propio de las investigaciones de tipo de cuantitativo. Esto se establece al considerar que se partió desde la detección de flúor en orina hasta conocer el servicio en el que se presentaron los mayores niveles del mismo, fue realizado en el Departamento de Anestesiología del Hospital Roosevelt, durante el período de enero a octubre de 2019.

4.2 Población y muestra

4.2.1 Población

Médicos residentes del Departamento de Anestesiología del Hospital Roosevelt quienes proporcionaron muestras de orina para su análisis.

4.2.2 Sujeto de estudio

Muestras de orina que proporcionaron voluntariamente los médicos residentes de anestesiología que laboraron en ambientes cuyos principales vaporizadores utilizados fueron de sevoflurano y que fueron analizadas mediante la técnica de reacción enzimática de ion selectivo para detección de flúor.

4.2.3 Muestra

De tipo no probabilística. Debido a las características del grupo de población del cual se tomaron los datos no se estimaron cálculos muestrales, por lo que la selección se basó en la distribución, al momento del estudio, de las rotaciones de los 33 médicos residentes, de primer a tercer año, siempre que no se encontraran dentro de los criterios de exclusión, en los distintos servicios quirúrgicos del Hospital Roosevelt que emplearan como gas anestésico el sevoflurano.

4.3 Criterios de inclusión

- Todo médico residente debidamente inscrito al programa de postgrado de maestría en Anestesiología del Hospital Roosevelt acreditado por la Universidad de San Carlos de Guatemala en el ciclo lectivo 2019.

4.4 Criterios de exclusión

- Médicos residentes de la maestría en Anestesiología del Hospital Roosevelt que se encontraban realizando el ejercicio profesional supervisado.
- Médicos residentes de Anestesiología que rotaron por servicios fuera de sala de operaciones (cardiología, UNICAR, INCAN, gastroenterología y operatoria dental)
- Médicos residentes de Anestesiología que se encontraban cumpliendo período vacacional o que presentaron algún tipo de suspensión de sus labores (por enfermedad, accidente o amonestación) o informaron estado de gravidez.
- Médicos residentes de Anestesiología que durante el período de la investigación se retiraron del programa de postgrado o bien fueron removidos de su cargo.
- Médicos residentes de Anestesiología en cuyos espacios de trabajo (quirófanos) no se contó con la disponibilidad de vaporizadores tipo sevoflurano.
- Todo aquel sujeto de estudio que se negó voluntariamente a proporcionar muestra de orina por cualquier motivo o haya decidido retirarse del estudio en cualquier momento de su desarrollo.

4.5 Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Escala de medición	Unidad de medida
Exposición ocupacional	Contacto con un agente físico, químico o biológico potencialmente nocivo como resultado del trabajo de una persona.	Presencia de flúor en orina	Cualitativa	Nominal	Positivo Negativo
Dosis de Sevoflurano	Agente anestésico inhalado halogenado.	Dosis de anestésico 2% 4% 6% 8%	Cuantitativa	Razón	Porcentaje
Nivel de residencia	Cargo laboral que desempeña un individuo dentro de su área de labores.	Médico residente de Anestesiología	Categórica	Ordinal	I II III
Área de trabajo	Unidad estratégica equipada para realizar procedimientos invasivos en seres humanos.	a.) SOPA b.) Emergencia c.) Maternidad d.) Ginecología e.) Pediatría	Categórica	Nominal	Servicio quirúrgico
Tiempo de exposición	Tiempo al que una persona se expone a un agente nocivo	1-2 horas 2-3 horas 3-4 horas 4-5 horas Más de 5 horas	Numérica discreta	Intervalo	Horas

4.6 Proceso de selección de los sujetos

El Hospital Roosevelt cuenta con distintos servicios quirúrgicos para la atención de los usuarios en cirugía de adultos y pediátrica, ortopedia y traumatología, ginecología y obstetricia, hospital de día y cirugía oral y maxilofacial. Estos servicios cuentan con quirófanos equipados para la administración de la anestesia a los pacientes que serán intervenidos quirúrgicamente.

Como parte de los equipos destinados a la administración de la anestesia en los distintos servicios quirúrgicos que brindan atención a los usuarios del Hospital Roosevelt, se encuentran las máquinas de anestesia que poseen vaporizadores de tipo desflurano, isoflurano y sevoflurano, siendo este último el de mayor uso de acuerdo a los registros estadísticos del Departamento de Anestesiología.

Para la administración del acto anestésico se emplean diversas técnicas a través de dispositivos como el tubo endotraqueal, la mascarilla facial y los supraglóticos o mascarillas laríngeas, estas últimas dos técnicas de administración son las que generan mayor fuga del agente inhalado y por ende provocan una mayor exposición al mismo, como se mencionó en los antecedentes.

Por lo tanto, se seleccionaron a los médicos residentes de anestesiología cuyas rotaciones (de enero a octubre de 2019) involucraron la presencia de un vaporizador de sevoflurano dentro del quirófano que le fue asignado para el mes de recolección de la muestra. Se tomó una muestra en distintos períodos durante el año de realización del presente estudio, con base en el tiempo de exposición a sevoflurano por parte del cuerpo de residentes del Departamento de Anestesiología. Se tomaron muestras de orina para la identificación de flúor en este fluido cada tres meses durante el período de investigación, siendo la primera toma en médicos residentes de tercer año durante el mes de marzo de 2019, teniendo en cuenta que ellos llevaban un aproximado de 26 meses expuestos a gases anestésicos. La segunda muestra fue tomada en el mes de junio de 2019 en médicos residentes de segundo año, considerando que poseían un tiempo de exposición cercano a los 18 meses. Por último, la tercera muestra se tomó en los residentes de primer año durante el mes de septiembre de 2019, quienes se expusieron por un tiempo de 9 meses aproximadamente.

4.7 Materiales

El laboratorio encargado de proveer el material para procesar las muestras de orina y lograr la identificación de flúor (MACHEREY-NAGEL, laboratorio alemán mediante representación nacional a través de HANDELUNG, S.A.) utiliza el método de reacción enzimática de ion selectivo para identificar la presencia o no de flúor en este tipo de fluidos. Este tipo de técnicas denominadas también pH-colorimétricas, cambia el color al momento de reaccionar enzimáticamente con el ion flúor dentro de la muestra a estudiar. El color base de la tira reactiva presenta un fondo rojo-rosado el cual al reaccionar se torna a un color blanco-amarillento, estableciendo de esta manera la presencia indudable de flúor en orina. Esta técnica posee una sensibilidad del 94% y una especificidad del 91% de acuerdo a la información proporcionada por el mencionado laboratorio y comprobado en el debido certificado de análisis proveído por el laboratorio. (7, ver anexo 1).

La muestra del fluido se recolectó en envases para muestras de orina estériles, nuevos, elaborados de poliuretano con cierre hermético y que no poseían sustancias que interfieran con la lectura de las tiras reactivas (cloratos, bromatos y sulfato). Se empleó a su vez un gotero estéril para recolectar la gota de orina la cual se aplicó sobre la tira del test de flúor y se procederá a realizar la lectura de la misma.

En concentraciones altas de flúor apareció una mancha blanco-amarillenta, mientras que en cantidades inferiores la apariencia obtenida fue de un anillo con las mismas características cromáticas. La reacción se determinó inmediatamente después de la aplicación de la gota de orina. El comportamiento anterior indica que los iones de flúor de movimiento complejo reaccionaron de la misma manera que los iones de flúor libres, por lo que la prueba fue válida (7, ver anexo 1).

Los datos obtenidos fueron vaciados en un instrumento previamente diseñado el cual incluye los siguientes datos (anexo 2):

- Uso de sevoflurano
- Año de residencia
- Presencia de flúor en orina
- Servicio quirúrgico

- Número de quirófano
 - Tiempo de exposición
- Ver anexo 2.

4.8 Plan de análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el software Excel 2016 y Epi-Info 7.2 A su vez fueron utilizados instrumentos estadísticos como:

- Frecuencias y porcentajes
- Medidas de tendencia central
- Odds ratio
- Evaluación de variables con prueba de χ^2 con nivel de error tipo I (5%).

4.9 Aspectos éticos

En torno a los principios de la Declaración de Helsinki, el médico investigador es el responsable de promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes y/o sujetos de estudio involucrados en investigaciones médicas. En la presente investigación se determinaron los niveles de flúor contenidos en la orina de los médicos residentes de anestesiología expuestos a altos niveles de sevoflurano dentro de los quirófanos de las distintas unidades quirúrgicas del Hospital Roosevelt durante los meses de enero a octubre de 2019.

Esta línea de investigación no representó ningún efecto adverso o nocivo para los sujetos involucrados ni para el investigador. La realización de este estudio permitió determinar los niveles de exposición al sevoflurano de los residentes de Anestsesiología desarrollando un plan a futuro que permita limitar la exposición ocupacional a este agente anestésico por parte del mencionado grupo de profesionales, lo anterior toma a consideración la preservación de los principios de justicia, beneficencia y no maleficencia hacia los sujetos de estudio y las personas que en un futuro se enfrentarán a este tipo de riesgos laborales.

V. RESULTADOS

Derivado del acto anestésico se ha identificado a lo largo del tiempo que puede llegar a representar un riesgo significativo no solo para el operador sino para quienes desarrollan sus actividades dentro de las distintas áreas quirúrgicas de un nosocomio, estos riesgos profesionales inherentes al anestesiólogo han sido plasmados, sintetizados y se han propuesto diversas soluciones a través de la Confederación Latinoamericana de Sociedades de Anestesiología en la “Guía de prevención y protección de los riesgos profesionales del anestesiólogo”, la cual recoge aseveraciones importantes en cuanto a los riesgos vinculados a agentes químicos tales como los gases anestésicos, objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

Derivado de lo expuesto anteriormente se definió como objetivo principal de la investigación poder determinar la presencia de flúor asociado a la exposición a sevoflurano en la orina de residentes de Anestesiología del Hospital Roosevelt, hallando la presencia de muestras con resultado positivo en el 65.2% de los análisis efectuados a través de pruebas pH-colorimétricas de tipo cualitativo.

Como objetivos específicos, se plantearon las necesidades de identificar el servicio quirúrgico en el que se puede llegar a detectar niveles de flúor en orina y determinar tanto la dosis de anestésico como el nivel de residencia y el tiempo en el quirófano en horas relacionado con presencia de flúor en orina atribuidos a la exposición de sevoflurano.

Se estableció de esta manera que tanto las áreas quirúrgicas de Pediatría como Labor y Partos presentan la mayor frecuencia de resultados positivos con el 100% de las muestras recolectadas. Se definió además que la dosis de sevoflurano al 2% se asocia a una mayor frecuencia de positividad ($p=0.05$). Se observó un aumento en la probabilidad de resultados positivos en residentes de tercer grado ($OR=3.88$) y cuando el tiempo en el quirófano era de 3 horas o más ($OR=3.44$).

Tabla 1

Exposición ocupacional al uso de sevoflurano en médicos residentes de Anestesiología

Medición de niveles de flúor en orina de residentes de Anestesiología (n = 23)

Resultado	f	%	IC _{95%}
Positivo	15	65.2%	
Negativo	8	34.8%	43.58 a 86.86

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Tabla 2.

Análisis de flúor en orina en residente por servicio quirúrgico

		Resultado			
		Positivo		Negativo	
		<i>f</i>	%	<i>f</i>	%
Área hospitalaria*	SOPA	6	60.0%	4	40.0%
	ECA	0	0.0%	3	100.0%
	L Y P	3	100.0%	0	0.0%
	Ginecología	1	50.0%	1	50.0%
	Pediatría	5	100.0%	0	0.0%

*Áreas hospitalarias: **SOPA**: Sala de operaciones de adultos.

ECA: Sala de operaciones de la Emergencia de Adultos.

L Y P: Labor y partos.

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Tabla 3.

Análisis de flúor en orina, según dosis del anestésico, el nivel de residencia, y el tiempo en el quirófano

		Resultado				Valor <i>p</i>	OR	IC _{95%}
		Positivo		Negativo				
		<i>f</i>	%	<i>f</i>	%			
Dosis de Sevoflurano	2%	9	52.9%	8	47.1%	0.050	11.63	0.57 a 238.73
	4%	3	100.0%	0	0.0%			
	8%	3	100.0%	0	0.0%			
Residencia	R I	5	55.6%	4	44.4%	0.149	3.88	0.52 a 28.71
	R II	4	57.1%	3	42.9%			
	R III	6	85.7%	1	14.3%			
Tiempo (horas)	1 a 2	0	0.0%	1	100.0%	0.208	3.44	0.51 a 23.19
	2 a 3	2	50.0%	2	50.0%			
	3 a 4	3	75.0%	1	25.0%			
	4 a 5	2	50.0%	2	50.0%			
	5 o más	8	80.0%	2	20.0%			

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Tabla 4.

Caracterización de residentes de anestesiología

		<i>f</i>	%
Dosis	Sevoflurano 2%	17	73.9%
	Sevoflurano 4%	3	13.0%
	Sevoflurano 8%	3	13.0%
Residencia	R I	9	39.1%
	R II	7	30.4%
	R III	7	30.4%
Área hospitalaria*	SOPA	10	43.5%
	ECA	3	13.0%
	L Y P	3	13.0%
	Ginecología	2	8.7%
	Pediatría	5	21.7%
Tiempo (horas)	1 a 2	1	4.3%
	2 a 3	4	17.4%
	3 a 4	4	17.4%
	4 a 5	4	17.4%
	5 o más	10	43.5%

*Áreas hospitalarias: **SOPA**: Sala de operaciones de adultos.

ECA: Sala de operaciones de la Emergencia de Adultos.

L Y P: Labor y partos.

Fuente: Boleta de recolección de datos.

Tabla 5

Distribución de quirófanos por área hospitalaria analizada*

	Quirófano	f	%
SOPA	1	2	8.70
	2	1	4.35
	3	0	0.00
	4	1	4.35
	5	1	4.35
	6	1	4.35
	7	2	8.70
	8	1	4.35
	9	1	4.35
ECA	1	2	8.70
	2	1	4.35
L Y P	1	1	4.35
	2	1	4.35
	3	1	4.35
Ginecología	A	1	4.35
	B	1	4.35
Pediatria	1	2	8.70
	2	1	4.35
	3	1	4.35
	4	1	4.35

*Áreas hospitalarias: **SOPA**: Sala de operaciones de adultos.

ECA: Sala de operaciones de la Emergencia de Adultos.

L Y P: Labor y partos.

Fuente: Boleta de recolección de datos.

VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis de resultados

Se presentan los resultados de la exposición ocupacional al uso de sevoflurano en los médicos residentes de anestesiología en el Departamento de Anestesiología del Hospital Roosevelt, durante el período de enero a octubre de 2019, evaluándose en total a 23 individuos.

La frecuencia flúor detectado en orina en residentes de anestesiología correspondió en este estudio a dos terceras partes (65.2%) y según el intervalo de confianza del 95% en la población de la que se extrajo la muestra el verdadero valor de la frecuencia con la que se detectaría flúor en residentes de anestesia se encuentra entre 43.6% a 86.9% (Tabla 1).

De acuerdo a lo presentado en la Tabla 2, los servicios del Hospital Roosevelt en los que puede detectarse la presencia de flúor en orina de los residentes fue con mayor frecuencia Pediatría (100%) y Labor y Partos (100%).

Las dosis de sevoflurano mayores al 2% se asociaron a una mayor frecuencia de resultados positivos de flúor en orina ($p=0.05$) y cuando se usaban estas concentraciones del anestésico la probabilidad de presentar un resultado positivo era de 11.6 veces con relación a las concentraciones al 2%. A pesar de que no se observó asociación significativa, se observó un aumento en la probabilidad de resultados positivos en residentes de tercer grado y cuando el tiempo en el quirófano era de 3 horas o más (Tabla 3).

Referente a lo señalado en la Tabla 4, se estableció que la mayoría de las veces el sevoflurano utilizado se encontraba a una concentración de 2% (73.9%). El nivel de residencia más frecuente fue RI (39.1%), el área hospitalaria donde se tomaron más muestras fue la sala de operaciones de adultos (43.5%) y el tiempo en el quirófano de 5 horas o más (43.5%)

Como datos adicionales se presenta la Tabla 5 en donde se identifican los quirófanos analizados por área quirúrgica según la rotación de los médicos residentes de anestesiología que fueron tomado en cuenta para la obtención de las muestras de orina. Esta información fue recabada con la única finalidad de poder proveerle al residente que así lo deseara, el resultado de su muestra de orina, identificándolo únicamente por número de quirófano y servicio, así como también, fu utilizado para analizar la infraestructura de la sala que suponga un riesgo de contaminación hacia el personal que labora dentro de dichos espacios.

Se aprecia que el servicio que más análisis obtuvo fue Sala de Operaciones de Adultos, el cual cuenta con nueve quirófanos y con la mayoría de las rotaciones de los tres años de la maestría, representando el 43.5% del total de especímenes recolectados.

Seguido al área descrita en líneas previas, se identifica a Sala de Operaciones de Pediatría, la misma posee dentro de sus instalaciones seis quirófanos de los cuales únicamente cuatro cuentan con rotaciones por parte del cuerpo de residentes del Departamento de Anestesiología. En este servicio se analizó el 21.7% del total de muestras siendo este lugar en el que la totalidad de pruebas tuvieron resultado positivo, al igual que Sala de Labor y Partos, donde se muestrearon los tres quirófanos que conforman esta área.

6.2 Discusión de resultados

Como objetivo fundamental trazado para el desarrollo de la presente investigación se estableció la necesidad de determinar la presencia del ion flúor en muestras de orina asociado a la exposición de sevoflurano por parte de los médicos residentes del Departamento de Anestesiología del Hospital Roosevelt. Para ello se contó con la participación de 23 residentes (nueve de primer año y siete de segundo y tercer año) que cumplieron los criterios de inclusión, los cuales voluntariamente brindaron una muestra de orina a la cual se le aplicó el test de reacción enzimática de ion selectivo, el cual presenta un cambio de tipo pH-colorimétrico al momento de entrar en contacto con flúor.

Debido a la naturaleza del trabajo del anestesiólogo, se ha establecido por parte de la C.L.A.S.A. que son múltiples los riesgos a los que éste se enfrenta, en este caso se ha abordado el riesgo desde el punto de vista químico y esto debido a que la exposición continua a vapores anestésicos puede llegar a provocar importantes cambios a nivel fisiológico de orden hematopoyético, oncológico, neuroconductual, gastrointestinal, genético, gineco-obstétrico y renal (27, 32).

Relacionado a lo que reporta The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) puede llegar a detectarse metabolitos asociados a la degradación del sevoflurano (especialmente el trifluoro-metil-éter) en hasta el 50% de anestesiólogos expuestos a este gas durante una jornada laboral de ocho horas (12, 33). De acuerdo a los resultados encontrados en el presente estudio se ha establecido con un intervalo de confianza del 95% que el ion flúor puede llegar a detectarse entre el 43.6% al 86.9% de los residentes que mantienen el plano anestésico de sus pacientes con vaporizadores de sevoflurano.

Un estudio observacional con un nivel de evidencia $p < 0.001$ realizado por el Departamento de Anestesiología del Hospital Ruhr-University de Bochum, Alemania, indica que el método de inducción anestésica elegido por el anestesiólogo incide directamente en el nivel de exposición a gases anestésicos y sus consiguientes efectos en la salud de los profesionales, estableciendo que las inducciones de tipo inhalado (como las que se administran comúnmente en servicios como Pediatría, dentro del ámbito del

Hospital Roosevelt) llegan a provocar niveles de contaminación de hasta 2.43 ppm, versus las inducciones intravenosas que generan una polución ambiental de tan solo 1.91 ppm (6), por debajo de lo que recomienda tanto OSHA como NIOSH en Estados Unidos (19). Y fue precisamente en el servicio de sala de operaciones de pediatría donde se detectó una positividad a la reacción enzimática de ion flúor del 100% de la totalidad de muestras recolectadas.

Estos niveles de flúor detectados en los profesionales de sala de operaciones de pediatría están estrechamente relacionados a lo que reporta la bibliografía en cuanto al tipo de inducción proporcionada (inhalatoria) y sobre todo al tipo de dispositivos de la vía aérea que rutinariamente se utilizan en la mayoría de intervenciones quirúrgicas, como lo son, de mayor a menor exposición: las mascarillas faciales, los dispositivos supraglóticos y los tubos endotraqueales sin balón (14, 34).

A pesar de lo que menciona la literatura, sobre el tipo de servicios donde es más común identificar mayores índices de exposición a agentes inhalados, se encontró que además de pediatría, en el Hospital Roosevelt, el 100% de las muestras obtenidas en Labor y Partos presentaron una reacción positiva a la prueba colorimétrica, esto se debe a múltiples factores, como la inducción establecida para pacientes sometidas a revisión de cavidad pélvica, legrados, códigos rojos o a la aspiración manual endouterina.

Otros factores que predisponen a la presencia de flúor en la orina de los residentes que rotan por maternidad, es el estado funcional de los vaporizadores y máquinas de anestesia en relación a fugas en dichos equipos, el deficiente sistema de extracción de vapores, la ausencia de recambios de aire dentro del quirófano y la falta de una adecuada presión negativa dentro de este tipo de ambientes, situaciones que señala la American Society of Anesthesiologists en el documento de "Task Force Anesthetic Gases" como primordiales en relación a la reducción de gases nocivos para el personal quirúrgico.

Respecto a lo que indica Martin, J. en el reporte de actualización publicado en Candian Journal of Anesthesia, la exposición a gases anestésicos debe dividirse en dos componentes esenciales, siendo estos, los efectos provocados por la concentración del anestésico administrado y por otra parte las características que participan en la susceptibilidad del sujeto contaminado, incluyendo el tiempo de exposición y la

experiencia del profesional de la anestesia (21). En torno a estos preceptos se investigó la dosis que más utilizaron los residentes, la cantidad de horas a las que se sometieron durante las intervenciones y el nivel de residencia al momento del estudio.

Analizando los resultados se ha encontrado que los residentes expuestos a una concentración habitual de sevoflurano al 2% son 11.6 veces más susceptibles de excretar flúor en orina ($p=0.05$), la simple aparición de este elemento es indicativo que en ambiente existe una polución por arriba de las 2 ppm recomendadas tanto por NIOSH como por la ASA. A su vez se estableció una mayor probabilidad de presentar resultados positivos en la prueba enzimática cuando incrementa el nivel de residencia, en este caso se observó en los residentes de tercer año. Asimismo, se determinó como más probable la excreción de flúor cuando el tiempo de estancia en el quirófano sobrepasa las 3 horas continuas.

La información vertida en líneas previas se correlaciona adecuadamente con lo establecido por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, en cuya Nota Técnica de Prevención (No. 606) referente a exposición laboral a gases anestésicos indica que mediante una cromatografía de gases después de cuatro horas de exposición continua es posible hallar 3.3 g/l de trifluoro-metil-éter, correspondiente a 2 ppm en ambiente, por lo que recomienda la suspensión del personal quirúrgico cuando los valores aumenten por encima de este valor y verificar los sistemas de evacuación del aire en los quirófanos, ya que estos valores empeoran significativamente cuando en dicho espacio se efectúan varias intervenciones consecutivas (3, 4).

6.1 Conclusiones

- 6.1.1** Se determinó la presencia de flúor en la orina del 65.2% de los residentes de Anestesiología (IC95% [43.58 a 86.86]).
- 6.1.2** Los servicios quirúrgicos del Hospital Roosevelt en los que se detectó con mayor frecuencia la presencia de flúor en orina de residentes de Anestesiología fueron Pediatría (100%) y Labor y Partos (100%).
- 6.1.3** El sevoflurano con concentraciones mayores al 2% se asoció significativamente a la presencia de flúor en orina ($p = 0.050$, OR = 11.6); y aunque la asociación no fue significativa, los residentes de tercer grado y el tiempo en el quirófano de 3 horas o más aumentaban la probabilidad de encontrar flúor en orina ($p = 0.149$ OR = 3.9 y $p = 0.208$ OR = 3.44, respectivamente).

6.2 Recomendaciones

6.2.1 Al Hospital Roosevelt

- 6.2.1.1 Se sugiere a las autoridades del Hospital Roosevelt, implementar un comité de Salud y Seguridad Ocupacional que vele por normas adecuadas de un ambiente laboral sano, sustentable y eficiente. El mismo deberá velar por el estado de la infraestructura de los quirófanos, verificando que existan sistemas de evacuación de gases funcionales que eviten la exposición a gases a todo el personal de Sala de Operaciones.
- 6.2.1.2 Verificar que se realice un adecuado y consciente mantenimiento preventivo y/o en su defecto, correctivo de las máquinas de anestesia de todo el nosocomio, de manera periódica y constante, a fin de prevenir fugas de gas al ambiente que expongan al personal a los efectos nocivos del mismo.
- 6.2.1.3 Se insta a las autoridades del referido nosocomio a verificar las normas internacionales para construcción y adecuación de los quirófanos en todas sus unidades de los distintos niveles de atención, a fin de utilizar adecuadamente los sistemas de evacuación de gases, asegurando además el recambio del aire del lugar de trabajo con una frecuencia mínima de 15-21 veces por hora, según lo establece el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América (18).
- 6.2.1.4 La monitorización de la calidad de aire dentro de los quirófanos no se recomienda como obligatoria de rutina, sin embargo, resulta menester que en aquellas instituciones con una alta carga de intervencionismo quirúrgico se realice un análisis periódico de la polución ambiental en las salas de operaciones de los distintos servicios hospitalarios a efecto de obtener información precisa sobre el estado de los sistemas de evacuación de gases y la presencia de fugas por parte de las máquinas de anestesia.

6.2.2 Al Departamento de Anestesiología

- 6.2.2.1 Se recomienda instruir e incentivar a todo el personal que conforma el Departamento a realizar prácticas laborales apropiadas en el ejercicio de la profesión anestésicas, las

cuales incluyen entre otras: uso de circuitos anestésicos de bajo flujo, uso efectivo de la mascarilla facial, verificar el cerrado de los vaporizadores cuando no están en uso, no utilizar flujo de gas fresco previo a iniciar la inducción anestésica, vaciar la bolsa de reservorio antes de finalizar con la anestesia, llenar los vaporizadores de manera cauta y paciente a fin de evitar pérdidas al ambiente, evitar el uso de flushing del circuito, controlar el buen funcionamiento de las válvulas de flujo y verificar siempre la ausencia de fugas en cualquier punto de la máquina de anestesia.

6.2.2.2 Se propone establecer un programa de educación para anestesiólogos y personal de apoyo en sala de operaciones, el cual deberá incluir información actualizada referente a este tema haciendo énfasis en los efectos adversos para la salud, así como chequeo y mantenimiento de todo el equipo anestésico involucrado. Este programa puede desarrollarse en el espacio destinado para la discusión de casos interesantes, lecturas de revista o presentación de la estadística, con una periodicidad mensual y de carácter obligatorio para los médicos residentes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wang, Y., Wang, X., Wei, H. Dual effects of neuroprotection and neurotoxicity by general anesthetics on neural stem cells: Role of autophagy. *JESR*. 2017 Feb;1(2), pp. 12-18.
2. Gobbo, L. Comparison of waste anesthetic gases in operating rooms with or without an scavenging system in a Brazilian University Hospital. *Rev Bras Anesthesiol*. 2017 Sep; (67):516-519.
3. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. NTP: Exposición laboral a gases anestésicos. Madrid, España; 2011. (Serie de Informes Técnicos; 141)
4. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. NTP: Exposición laboral a gases anestésicos. Madrid, España; 2016. (Serie de Informes Técnicos; 606)
5. Crego E. Toxicidad de los anestésicos inhalatorios [tesis Médico en línea]. Argentina; Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina; 2009. [citado 17 Feb 2018]. Disponible en: <https://cutt.ly/JaD6PJ3>
6. 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 Oct;69(10):1138-1150.
7. Macherey-Nagel. Fluoride Test Paper for the rapid determination of fluoride ions. Informe Técnico y Certificado de Calidad. Alemania: 2019.
8. Gwak, M., Cao, L., Li, L. and Zuo, Z. Isoflurane preconditioning reduces oxygen–glucose deprivation-induced neuronal injury via B-cell lymphoma 2 protein. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2012 Ene;31(1), pp.262-265.
9. Degrandi C. Exposição Ocupacional a Resíduos de Gases Anestésicos. *Rev Bras Anesthesiol*. 2009 Ene; (59):110-124.
10. Chandrasekhar, M. Evaluation of genetic damage in operating room personnel exposed to anaesthetic gases. *Mutagenesis*. 2006 Jul;21(4), pp.249-254.

11. Clougherty J. A Growing Role for Gender Analysis in Air Pollution Epidemiology. *Environ Health Perspect.* 2010 Feb;118(2):167-176.
12. US Department of Health, Education and Welfare. Criteria for a recommended standard... Occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors. Informe de NIOSH – CDC. Washington D.C.: NIOSH; 1977 (Serie de Informes Técnicos, revisión 6 Jun 2014) p. 3-7.
13. Gustorff B. Environmental Monitoring of Sevoflurane and Nitrous Oxide Using the Cuffed Oropharyngeal Airway. *Anesth Analg.* 2002 May;9(4):1244-48.
14. Nilsson, R. Health risks and occupational exposure to volatile anaesthetics – a review with a systematic approach. *J Clin Nurs.* 2005 Sep;14(1), pp.173-186.
15. Ciarrocca, M. Anesthetic gases and workers exposed professionally: Is urinary 1-hydroxypyrene a valid biomarker for exposure to air pollution in outdoor workers? A meta-analysis. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2014 Ene;24(1), pp.17-26.
16. Urner, M. Fluorinated Groups Mediate the Immunomodulatory Effects of Volatile Anesthetics in Acute Cell Injury. *Am J Respir Cell Mol Biol.* 2011 Sep;45(1), pp.617-624.
17. Shaffie, M. Hematological Findings in Medical Professionals Involved at Intraoperative Fluoroscopy. *Global J Health Sci.* 2016 Abr;(8), pp.232-238.
18. Ciarrocca M. Assessment of occupational exposure to benzene, toluene and xylenes in urban and rural female workers. *Chemosphere.* 2012 May;87(1):813-819.
19. National Institute for Occupational Safety and Health. Waste anesthetic gases. Informe de DHHS – NIOSH. Washington D.C.: NIOSH; 2007 (Serie de Informes Técnicos, revisión 6 Jun 2014) pp.1-10.
20. Tankó, B., Molnár, C., Búdi, T., Pető, C., Novák, L. and Fülesdi, B. The Relative Exposure of the Operating Room Staff to Sevoflurane During Intracerebral Surgery. *Anesth Analg.* 2009 Oct;109(4), pp.1187-1192.
21. Martin, J. Volatile anesthetics and liver injury: a clinical update or what every anesthesiologist should know. *Can J Anesth.* 2005 Feb;52(2), pp.125-129.

22. Díaz, E. Ruido y concentración de anestésico volátil en el área verde de las unidades hospitalarias de accidentes, obstetricia y enfermedad común durante el año 2010-2011. [tesis de Maestría]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2013.
23. Miller R., Cohen N., Eriksson L., Fleisher L., Wiener-Kronish J., Young, W. Miller's anesthesia. 8 ed. Madrid: Elsevier; pp.346-388; 2016.
24. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. Ficha técnica del Sevoflurano. Madrid, España. Ministerio de Sanidad. Diciembre, 2018.
25. Stoelting, R., Hillier, S. and Stoelting, R. Pharmacology & physiology in anesthetic practice. 5 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; pp.216-234; 2015.
26. Dunn, P. and Alston, T. Clinical anesthesia procedures of the Massachusetts General Hospital. 9 ed. USA: Wolters Kluwer, pp.251-287; 2016.
27. Calabresse, G. Prevención y protección de los riesgos profesionales del anesestesiólogo. Uruguay: CLASA; 2006. pp.23-36. Disponible en: <https://bit.ly/2fBpocL> [citado 18 Ago 2018].
28. Morales Villatoro, DM. Niveles de contaminación acústica y sus efectos en médicos residentes de anestesiología. [tesis de Médico y Cirujano] Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2017.
29. Miller R., Cohen N., Eriksson L., Fleisher L., Wiener-Kronish J., Young, W. Miller's anesthesia. 8 ed. Madrid: Elsevier; pp. 2611-26; 2016.
30. OSHA.gov, Anesthetic Gases: Guidelines for Workplace Exposures [en línea]. Washington, D.C.: Occupational Safety and Health Administration; 20 Jul 1999 [actualizado 18 May 2000; citado 15 Sep 2019]. Disponible en: <https://cutt.ly/da2ehVT>
31. ASAHQ.org, 2008 ASA Recommendations for Pre Anesthesia Checkout [en línea]. Illinois: American Society of Anesthesiologists; 1992 [actualizado 2008; citado 7 Oct 2019].

32. García-Nájera, O. ¿Los anestésicos ocasionan cambios cognitivos en los anesthesiólogos? *Rev Mex Anest.* 2016 Jun;1(39), pp. 36-37.
33. Volquind, D., Bagatini, A., Massaro, G., Rech, J., Benvenuto, G. Occupational hazards and diseases related to the practice of anesthesiology. *Rev Bras Anesthesiol.* 2013 Jun;2(63), pp. 227-232.
34. Yasny, J., White, J. Environmental implications of anesthetic gases. *Anesth Prog.* 2011 Jun;1(59), pp. 154-158.
35. Deng, H., Li, F., Cai, Y., Xu, S. Waste anesthetic gas exposure and strategies for solution. *Journal of Anesthesia.* 2018 Feb;1(32), pp. 269-282.

VIII. ANEXOS

8.1 Certificado de calidad del test de flúor, laboratorio Macherey-Nagel, Alemania

MACHEREY-NAGEL



Certificate of Analysis

Product information

Product:	Fluoride Test Paper
REF:	90750
LOT:	0219
Expiration date:	31.01.2021
Date of examination:	09.01.2019
Gradation:	qualitative

Confirmation

Hereby we confirm, that the above mentioned product has successfully passed our quality control system in accordance with ISO 9001 and meets the specific quality criteria.



8.2 Consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO



INTRODUCCIÓN

Me presento ante su persona como residente de segundo año de la Maestría en Ciencias Médicas con Especialización en Anestesiología de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Me encuentro realizando un estudio de investigación sobre los riesgos profesionales del anestesiólogo, específicamente acerca la exposición ocupacional al uso de sevoflurano en médicos residentes de anestesiología, un riesgo químico que estipula la Guía de Riesgos Profesionales de la Confederación Latinoamericana de Sociedades de Anestesiología como uno de los más relevantes que afecta al médico anestesiólogo en su práctica laboral diaria. En esta oportunidad, después de haber permanecido expuesto a este tipo de agente inhalado y por la carga horaria a la cual se enfrenta, se le aplicará un test para la determinación de iones fluoruro en orina y de esta manera establecer su grado de exposición al anestésico polifluorado en mención. Se le ampliará información al respecto si usted lo cree conveniente. No olvide que los resultados del test obtenidos son estrictamente confidenciales y bajo ningún motivo será revelada su identidad a lo largo del estudio.

PROPÓSITO

La anestesiología constituye una de las especialidades médicas que, de acuerdo a su naturaleza, representa un riesgo más significativo que el resto. Por lo que derivado de los estatutos generales de la OIT, las recomendaciones de la OMS, con base en los lineamientos publicados por el National Institute for Occupational Safety and Health del CDC de Atlanta y considerando los escasos estudios y las nulas regulaciones que existen en el país sobre la emisión de gases anestésicos en los espacios de trabajo del médico se ha trazado como propósito central del presente estudio identificar si en realidad existe exposición nociva derivada del uso constante de gases anestésicos dentro de los quirófanos del Hospital Roosevelt.

SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

Para desarrollar el objeto de estudio de la presente investigación, se está invitando a participar a los médicos residentes de anestesiología del Hospital Roosevelt que se encuentran laborando dentro de quirófanos que cuentan con vaporizadores de sevoflurano y administren anestesia basada en este tipo de agente inhalado, en el citado nosocomio.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Su participación en el desarrollo y ejecución del presente estudio es total e íntegramente voluntaria. Usted posee la potestad absoluta de abandonar el mismo en el momento que usted crea conveniente. Si al finalizar de leer, comprender y disipar cualquier duda que surja en este documento, está completamente de acuerdo a ser partícipe de la investigación sírvase encarecidamente firmar el mismo en el espacio correspondiente.

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso del presente estudio de investigación comprende las siguientes etapas: A. Se le solicitará en su servicio una muestra de orina en un recipiente estéril destinado a recolectar este tipo de sustancias. B. Se sumergirá una tira reactiva para determinar la presencia de iones fluoruro en la muestra de orina. C. Se realizará una lectura rápida de la tira indicando el resultado en el instrumento de recolección de datos en el presente estudio. D. Una vez concluido el proceso se socializarán los resultados obtenidos a los responsables de velar por la salud y seguridad ocupacional dentro de las instalaciones nosocomiales.

CONTACTO

Si tuviese alguna duda, comentario, queja, opinión o desee mayor información sobre el estudio y/o temas relacionados puede comunicarse vía electrónica al correo marcelo.morales@outlook.com, en donde gustosamente se le responderá.



FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO



He sido invitado (a) a participar en la investigación “Exposición ocupacional al uso de sevoflurano en médicos residentes de anestesiología”. Estudio descriptivo de corte transversal a realizarse en los quirófanos del Hospital Roosevelt. Entiendo que fui elegido para la aplicación de un test de identificación de iones fluoruro en orina derivado de la exposición a agentes inhalados polifluorados de manera rutinaria, causantes de diversos efectos adversos en mi salud. He sido informado (a) que los datos aquí revelados son totalmente confidenciales y bajo ningún motivo será divulgado cualquier dato que me identifique. Comprendo la posibilidad que los resultados obtenidos por el investigador y las conclusiones que el mismo establezca, representan un beneficio para atender y mejorar mi salud y seguridad ocupacional. Se me ha proporcionado un correo electrónico de contacto con el investigador para futuras referencias.

He leído y comprendido la información proporcionada hacia mi persona. He tenido la oportunidad de preguntar cualquier inquietud referente al citado estudio. Asimismo, acepto voluntariamente a participar en esta investigación y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la misma en el momento que yo crea conveniente.

Nombre del participante:

Firma del participante: _____ Fecha: _____

Nombre del investigador:

Firma del investigador: _____ Fecha: _____

8.3 Boleta de recolección de datos

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**HOSPITAL ROOSEVELT
DEPARTAMENTO DE ANESTESOLOGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

Correlativo de residente: _____ Año de residencia: _____

Servicio: _____ Quirófano: _____

Fecha de toma de muestra: _____

Cantidad de horas laborales al tomar la muestra: _____

.....

Resultados del test de flúor en orina.

Muestra de orina No.: _____

Resultado cualitativo: _____

Conclusión: _____

Observaciones:

PERMISO PARA REPRODUCCIÓN DEL CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada "Exposición ocupacional al uso de sevoflurano en médicos residentes de anestesiología" para pronósticos de consulta académica, sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiere la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción comercialización total o parcial.