

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA.



**"EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS SECUNDARIOS A LA EXPOSICIÓN
PROLONGADA DE GASES HALOGENADOS RESIDUALES EN EL PERSONAL DE
ANESTESIA DE LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL NACIONAL
DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL
ROSALES, HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS BENJAMÍN BLOOM EN EL PERÍODO
DE ENERO A MARZO 2025"**

PRESENTADO POR:

XIOMARA MARCELA LÓPEZ MÉNDEZ

INFORME FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

ASESOR:

LIC. LUIS EDUARDO RIVERA SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, "DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA" JULIO 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

MSC. ROGER ARIAS

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CISNEROS

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE MEDICINA

DECANO

DR. SAUL DIAZ

VICEDECANO

LIC. FRANKLIN MÉNDEZ

SECRETARIO

MSC. ROBERTO HERNANDEZ

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD

MSC. MÓNICA VENTURA

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

MSC. LUIS ALBERTO GUILLEN GARCÍA

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por haberme brindado vida, y sabiduría para llegar hasta este momento, por haber sido mi guía a lo largo de este camino, con altos y bajos, y por haber sido mi más fiel acompañante a lo largo de mi vida.

En segundo lugar y no menos importante, agradecer a mi linda madre, que jamás me abandono y estuvo conmigo en cada paso, desde mi infancia hasta culminar mi carrera universitaria, y se de corazón que falta mucho camino por recorrer a su lado, por el apoyo moral, económico y cada consejo que me brindo en lo que llevo de vida, ha sido un pilar fundamental en mi formación como persona y como profesional, la que me inspira cada día a ser una mejor persona y una mejor profesional, sin importar si fue un buen día o uno malo, ella siempre estuvo a mi lado sin soltar mi mano ni un segundo, sin importar nada su apoyo ha sido incondicional a lo largo de este tiempo, mi otra mitad y mi primer amor, gracias madrecita linda por jamás abandonarme.

XIOMARA MARCELA LÓPEZ MÉNDEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
CAPÍTULO II	
2.0 MARCO TEORICO.....	7
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL	9
2.2.1 ANATOMIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO	9
2.2.1.1 NARIZ	10
2.2.1.2 FARINGE	10
2.2.1.3 LARINGE	11
2.2.1.4 TRAQUEA	11
2.2.1.5 BRONQUIOS	12
2.2.1.6 PULMONES	13
2.2.2 VENTILACIÓN PULMONAR.....	13
2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES Y VAPORES ANESTÉSICOS	14
2.2.4 GASES HALOGENADOS.....	17
2.2.4.1 ISOFLURANO.....	19
2.2.4.2 SEVOFLURANO	20

2.2.5 GASES RESIDUALES EN SALA DE OPERACIONES.....	20
2.2.6 VAPORIZADORES DE LA MAQUINA DE ANESTESIA.....	23
CAPÍTULO III	
3.0 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
CAPITULO IV	
4.0 DISEÑO METODOLOGICO	30
4.1 TIPO DE ESTUDIO.....	30
4.1.1 DESCRIPTIVO	30
4.1.2 RETROSPECTIVO	30
4.1.3 CUALITATIVO.....	30
4.2 POBLACIÓN.....	30
4.3 MUESTRA	31
4.4 TIPO DE MUESTREO	31
4.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	31
4.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	31
4.7 MÉTODO, TÉCNICA, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTO	32
4.7.1 MÉTODO	32
4.7.2 TÉCNICA.....	32
4.7.3 INSTRUMENTO.....	32
4.7.4 PROCEDIMIENTO.....	32
4.8 PLAN DE RECOLECCIÓN, TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	33
4.8.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
4.8.2 TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	33
CAPITULO V	
5.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	35

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES.....	48
6.2 RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFIAS	50
ANEXOS	52

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo estuvo orientado a evaluar los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados residuales en el personal de anestesia de los hospitales de la zona central, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom.

Los efectos que los gases halogenados residuales en el personal de anestesia fue hasta el momento de poca importancia en los hospitales, teniendo estos en la mayoría de casos un deficiente sistema de ventilación dentro de sala de operaciones, o un incorrecto sistema de desechos de estos gases residuales, provenientes de cirugías previas que son realizadas en sala de operaciones. La evidencia actual sugiere que más del 90 % de estos agentes se eliminan del organismo sin cambios; esto refuerza la idea de que se requiere un sistema para depurar los anestésicos volátiles para su correcta reutilización o eliminación.

El presente trabajo fue estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I: Se planteo la situación problemática de la investigación, incluye, además, el enunciado del problema, la justificación del trabajo de investigación, los objetivos, tanto general como específicos.

Capitulo II: En este apartado estaran los antecedentes históricos y el marco conceptual que este incluye todos los conceptos que el tema de investigación abarca desde anatomía y fisiología del sistema respiratorio, hasta el funcionamiento de los vaporizadores de la máquina de anestesia.

Capitulo III: Comprendio la operacionalización de las variables, donde se desarrollará cada variable con sus respectivas definiciones, conceptuales, y operacionales, sus dimensiones e indicadores.

Capitulo IV: Diseño metodológico, en el cual se determina el tipo de estudio de la investigación, la población seleccionada y muestra a estudiar, además de los criterios de inclusión y exclusión.

Capitulo V: Análisis y presentación de resultados, en el que se expusieron los resultado de la guía de observación y así mismo el análisis de cada apartado de esta.

Capitulo VI: Conclusiones y recomendaciones, en el cual se presentaron las conclusiones de la investigación y así mismo las recomendaciones del investigador, con el fin de proponer una solución al problema investigado.

CAPÍTULO I

1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona central del distrito de San Salvador se ubican 3 hospitales centrales, que brindan diferentes servicios a la población, en diferentes especialidades, los tres hospitales se categorizan en tercer nivel de atención, los cuales son, Hospital Nacional de la Mujer “Dr. María Isabel Rodríguez”, Hospital Nacional “Rosales”, Hospital Nacional de Niños “Benjamín Bloom”.

El Hospital Nacional de la Mujer “Dr. María Isabel Rodríguez” se especializa en la atención integral exclusivamente de la mujer, en diferentes especialidades, como obstetricia, ginecología, mastología, oncología, endocrinología, neonatología, imagenología, laboratorio clínico, área de emergencias, consulta externa, bienestar magisterial, UCI adultos, UCI y UCIN neonatal, Unidad Nacer con Cariño, en la cual se atienden a mujeres embarazadas, área de hospitalización, patología, banco de sangre

El Hospital Nacional “Rosales” se especializa en diferentes ramas de la medicina como lo es, ortopedia, oftalmología, endocrinología, coloproctología, cirugía plástica o reconstructiva, neurología, cardiología, selección de consulta externa, endoscopia, radiología e imágenes, otorrinolaringología, patología, medicina crítica, emergencia de medicina, emergencia de cirugía, cirugía general, infectología, banco de sangre, bienestar magisterial.

El Hospital Nacional de Niños “Benjamín Bloom” especializado en la atención pediátrica cuenta con neurología, ortopedia, emergencias, otorrinolaringología, cirugía general, cardiología, patología, banco de sangre, unidad de quemados, selección de consulta externa, radiología e imágenes, oftalmología, cirugía plástica, pequeña cirugía.

En los 3 hospitales antes mencionados existe la necesidad de procedimientos quirúrgicos, ya sea de corta o larga duración en las cuales es necesario utilizar el servicio de anestesia en los diferentes procedimientos que requieran de una intervención quirúrgica, siendo de las técnicas más utilizadas la anestesia

balanceada en la cual el uso de gases halogenados es indispensable para llevar a cabo dicho procedimiento y es aquí en el cual surge el problema de la exposición prolongada de gases halogenados en el personal de anestesia, se menciona que es una exposición prolongada, ya que el personal de anestesia se ve expuesta a diario a los gases halogenados provocando así posibles efectos secundarios. El estudio y evaluación de estos efectos secundarios podrá ayudar a mitigar el impacto que genera la exposición de los gases halogenados en el personal de anestesia.

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cuáles serán los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados residuales en el personal de anestesia de los hospitales de la zona central, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom en el periodo de enero a marzo 2025?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocó en estudiar los efectos secundarios que los gases halogenados pueden ocasionar en el personal de anestesia, fue de importancia realizar este estudio ya que permitió evaluar las formas, métodos o procedimientos necesarios para minimizar, reducir y en algunos casos contrarrestar dichos efectos secundarios.

El estudio en cuestión fue factible de realizar ya que se contó con los recursos necesarios como el acceso a las diferentes instancias que se evaluaron, así como la teoría científica que fue necesaria para fundamentar la investigación.

Cabe mencionar que también fue un tema de actualidad ya que los profesionales de anestesia se vieron expuestos a diario a esta problemática, por lo cual es fundamental que los profesionales de salud busquen pautas de seguridad que ayuden a minimizar estos efectos secundarios, la intención de la investigación es sugerir potenciales soluciones a esta problemática.

La evaluación de los efectos secundarios producidos por los gases halógenos permitió también dentro de lo posible, tomar medidas a nivel institucional respecto a los niveles de seguridad con los que se enfrentan los profesionales de anestesia, de la zona central y en un futuro del resto del país.

Fue de vital importancia la creación de protocolos enfocados en el cuidado de la salud de los profesionales que trabajan día a día con pacientes en sala de operaciones, no solo en el área de anestesiología, sino también las áreas de cirugía y enfermería, ya que el trabajo en sala de operaciones es en equipo.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados residuales en el personal de anestesia de los hospitales de la zona central, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom en el periodo de enero a marzo 2025.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los potenciales efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados.
- Analizar posibles efectos secundarios entre el personal de anestesia de los hospitales centrales que se ve expuesto de forma prolongada a gases halogenados.
- Evaluar posibles soluciones a la problemática con el fin de minimizar la exposición a gases halogenados en los hospitales de la zona central.

CAPÍTULO II

2.0 MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Entre los pioneros que buscaron el control del dolor físico se encuentran Hipócrates y Galeno. El primer método consistió en usar esponjas soporíferas, que se sumergían en una mezcla de opio, mandrágora y beleño; una vez mojadas, se aplicaban al paciente antes de la cirugía y así se conseguía dormirlo. Otro método que también se llegó a utilizar, pero con menor frecuencia, se basaba en apretarle el cuello al paciente hasta que perdiera el sentido e iniciara la producción de anestesia por hipoxia cerebral, que es cuando al cerebro no recibe una cantidad suficiente de oxígeno para su funcionamiento normal. Asimismo, se usaba un método en el que se golpeaba la cabeza del paciente con un pedazo de madera para causarle una contusión cerebral.

La anestesia inicia oficialmente cuando se dan avances científicos en el descubrimiento de algunos gases en estado puro, como por ejemplo el óxido nitroso y el nitrógeno, que fueron descubiertos por Josef Priestley y Daniel Rutherford, respectivamente. A raíz de estos hallazgos se fundó el Instituto de Medicina Neumática de Clifton, Inglaterra. Humphry Davy se hizo cargo de este instituto en 1799, y se dio a la tarea de investigar acerca de gases como el óxido nitroso, ya que poco antes de encargarse de esta institución, con solo 17 años, inhaló este gas y experimentó una sensación de relajación muscular y además mucha alegría. En 1800 publicó un libro sobre la manera en que el óxido nitroso sirve como analgésico en la extracción de las muelas cordales, conocidas también como muelas del juicio.

Años más tarde, Horace Wells y William Morton hicieron avanzar la búsqueda de mejores analgésicos. Wells y Morton comenzaron a trabajar en eliminar el dolor a sus pacientes en Boston. Después de un tiempo, Wells decidió regresar a su pueblo natal, porque fue invitado a realizar una demostración del analgésico con el que estaba experimentando. Esta consistía en extraerle una muela a un paciente, pero cuando Wells intentó sacarla, el paciente dio de gritos por el intenso dolor. Este suceso llevó a Wells al fracaso y a ser considerado un mentiroso. Luego de que

Wells fracasó en su demostración, Morton comenzó a trabajar en pruebas con éter en perros, amigos y en sí mismo. Al ver que estas tenían éxito, resolvió crear un dispositivo de vidrio, en forma de una esfera, con fieltro adentro y con dos orificios: uno para introducir el éter y otro del que salía una boquilla para el paciente. Confiado en su invento, Morton solicitó mostrarlo en Harvard, propuesta que fue aceptada y programada para el 16 de octubre de 1846.

El paciente que fue tratado durante esta demostración tenía un tumor en la glándula submaxilar. Una vez que fue dormido, con la ayuda del instrumento diseñado por Morton, el profesor John Collins Warren le realizó la primera incisión. Todos quedaron sorprendidos al ver que el paciente no gritó ni se movió en el transcurso de todo el procedimiento. Sin embargo, cuando Morton se dispuso a patentar su invento resultó que otra persona ya lo había registrado, el químico Charles Thomas Jackson, quien reclamó que él le sugirió a Morton el uso del éter como analgésico. Al final, el mérito fue para ambos científicos. Años después, el doctor James Young Simpson recomendó el cloroformo como analgésico, sustancia que probó con éxito; incluso, la reina Victoria aceptó que los doctores James Clark y John Snow lo aplicaran para el nacimiento de su octavo hijo. No obstante, pasado un tiempo se suscitaron muchos problemas a causa de la utilización de este gas, por lo que se creó una comisión para investigar sus efectos. Al ver todas las complicaciones y las consecuencias que podría ocasionar su empleo, se determinó olvidarlo y regresar al éter.

Debido a que aún persistía la insatisfacción con los analgésicos existentes, muchos científicos se dieron a la tarea de buscar otras alternativas, así encontraron el acetileno y el etileno; sin embargo, ninguno de estos compuestos químicos superaba las ventajas del óxido nitroso. Posteriormente, los doctores Easson Brown, George Lucas y Velyien Henderson, se dedicaron a indagar sobre un analgésico que fuera superior a los conocidos hasta el momento. Su investigación los condujo al uso del ciclopropano, que había sido descubierto desde 1882, pero fue hasta 1930 que se reconoció su gran eficiencia y seguridad.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ANATOMIA DEL SISTEMA RESPIRATORIO

Las células del cuerpo utilizan oxígeno (O_2) en forma constante para las reacciones metabólicas que generan ATP a partir de la descomposición de las moléculas de nutrientes. Al mismo tiempo, estas reacciones liberan dióxido de carbono (CO_2) como producto de desecho. Un exceso de CO_2 produce acidez, que puede ser tóxica para las células, por lo que debe eliminarse en forma rápida y eficiente. El sistema cardiovascular y el aparato respiratorio, contribuyen al ingreso de O_2 y la eliminación de CO_2 .

El aparato respiratorio permite el intercambio de gases - ingreso de O_2 y eliminación de CO_2 - y el sistema cardiovascular transporta la sangre que contiene estos gases entre los pulmones y las células de los tejidos del cuerpo. Una falla en alguno de estos sistemas altera la homeostasis y causa muerte celular por falta de oxígeno y la acumulación de productos de desecho. Además de participar en el intercambio de gases, el aparato respiratorio regula también el PH de la sangre, contiene receptores del sentido del olfato, filtra el aire inspirado, produce sonidos y permite liberar agua y calor del cuerpo con el aire exhalado.¹

El aparato respiratorio está compuesto por la nariz, la faringe(garganta), la laringe (caja de resonancia u órgano de la voz), la tráquea, los bronquios y los pulmones (Anexo 2). Sus partes se pueden clasificar de acuerdo con su estructura o su función.

Según su estructura, el aparato respiratorio consta de dos porciones:

1. El aparato respiratorio superior, que incluye la nariz, cavidad nasal, la faringe y las estructuras asociadas.
2. El aparato respiratorio inferior, que incluye la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones.

¹ Tortora, J. y Derrickson, B. (2018). Principios de Anatomía y Fisiología (John Wiley & Sons, Ltd., Ed.; 15ª ed.).

De acuerdo con su función, el aparato respiratorio también puede dividirse en dos partes:

1. La zona de conducción, compuesta por una serie de cavidades y tubos interconectados, tanto fuera como dentro de los pulmones (nariz, cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y bronquiolos terminales), que filtran, calientan y humidifican el aire y lo conducen hacia los pulmones.
2. La zona respiratoria, constituida por tubos y tejidos dentro de los pulmones responsables del intercambio gaseoso (bronquiolos respiratorios, conductos alveolares, sacos alveolares y alvéolos), donde se produce el intercambio de gases entre el aire y la sangre.

2.2.1.1 NARIZ

La nariz es un órgano especializado localizado en la entrada del aparato respiratorio, que puede dividirse en una porción externa y una interna denominada cavidad nasal. La porción externa es la parte de la nariz visible en la cara y consiste en un armazón de soporte óseo y de cartílago hialino cubierto por músculo y piel, revestido por una mucosa. El marco óseo de la porción externa de la nariz está constituido por los huesos frontal, nasales y maxilar.

La porción interna de la nariz o cavidad nasal es un gran espacio en la región anterior del cráneo, ubicado en posición inferior con respecto al hueso nasal y superior en relación con la cavidad bucal; está revestida por músculo y mucosa. En su parte anterior, la cavidad nasal se continúa con la porción externa de la nariz y en su parte posterior se comunica con la faringe, a través de dos aberturas llamadas narinas internas o coanas. (Anexo 3)

2.2.1.2 FARINGE

La faringe, o garganta, es un conducto en forma de embudo de alrededor de 13 cm de longitud que comienza en las narinas internas y se extiende hasta el nivel del

cartílago cricoides, que es el más inferior de la laringe. La faringe se localiza detrás de las cavidades nasal y oral, por encima de la laringe y delante de la columna vertebral cervical. Su pared está compuesta por músculos esqueléticos y está revestida por una mucosa. Los músculos esqueléticos relajados ayudan a mantener la permeabilidad de la faringe. La contracción de los músculos esqueléticos asiste en la deglución. La faringe funciona como vía para el pasaje del aire y los alimentos, actúa como caja de resonancia para emitir los sonidos del habla y alberga las amígdalas, que participan en las reacciones inmunológicas contra los agentes extraños. La faringe puede dividirse en tres regiones anatómicas: 1) la nasofaringe, 2) la bucofaringe y 3) la laringofaringe. (Anexo 3)

2.2.1.3 LARINGE

La laringe o caja de resonancia es un conducto corto que conecta la laringofaringe con la tráquea. Se encuentra en la línea media del cuello, por delante del esófago y en el segmento comprendido entre la cuarta y la sexta vértebra cervical (C4-C6).

La pared de la laringe está compuesta por nueve piezas cartilaginosas, tres impares (cartílago tiroides, epiglotis y cartílago cricoides) y tres pares (cartílagos aritenoides, cuneiformes y corniculados). De los cartílagos pares, los aritenoides son los más importantes porque influyen en los cambios de posición y tensión de los pliegues vocales (cuerdas vocales verdaderas, que participan en el habla). La epiglotis es un fragmento grande de cartílago elástico en forma de hoja, cubierto de epitelio. Durante la deglución, la faringe y la laringe ascienden. La elevación de la faringe la ensancha para recibir el alimento o la bebida, y la elevación de la laringe desciende la epiglotis, que cubre a la glotis como una tapa y la cierra. (Anexo 4)

2.2.1.4 TRAQUEA

La tráquea es un conducto aéreo tubular, que mide aproximadamente 12 cm (5 pulgadas) de longitud y 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro. Se localiza por delante del esófago y se extiende desde la laringe hasta el borde superior de la quinta vértebra

torácica (T5), donde se divide en los bronquios principales derecho e izquierdo. Tiene entre 16 y 20 anillos horizontales incompletos de cartílago hialino, cuya disposición se parece a la letra C; se encuentran apilados unos sobre otros y se mantienen unidos por medio del tejido conectivo denso. Pueden palparse a través de la piel, por debajo de la laringe. La porción abierta de cada anillo cartilaginoso está orientada en dirección posterior hacia al esófago. Los anillos cartilagosos sólidos en forma de C aportan un soporte semirrígido que mantiene la permeabilidad y hace que la pared traqueal no pueda colapsar hacia adentro (en especial durante la inspiración) y obstruir el paso del aire.(Anexo 5)

2.2.1.5 BRONQUIOS

En el borde superior de la quinta vértebra torácica, la tráquea se bifurca en un bronquio principal derecho, que se dirige hacia el pulmón derecho, y un bronquio principal izquierdo, que va hacia el pulmón izquierdo. El bronquio principal derecho es más vertical, más corto y más ancho que el izquierdo. Como resultado, un objeto aspirado tiene más probabilidades de aspirarse y alojarse en el bronquio principal derecho que en el izquierdo. Al igual que la tráquea, los bronquios principales tienen anillos cartilagosos incompletos y están cubiertos por epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado. En el punto donde la tráquea se divide en los bronquios principales derecho e izquierdo, se identifica una cresta interna llamada carina (quilla), formada por una proyección posterior e inferior del último cartílago traqueal. La mucosa de la carina es una de las áreas más sensibles de la laringe y la tráquea para desencadenar el reflejo tusígeno. Al ingresar en los pulmones, los bronquios principales se dividen para formar bronquios más pequeños, los bronquios lobares (secundarios), uno para cada lóbulo del pulmón. (El pulmón derecho tiene tres lóbulos, y el pulmón izquierdo, dos.) (Anexo 6). Los bronquios lobares siguen ramificándose y originan bronquios aún más pequeños, los bronquios segmentarios (terciarios), que se dividen en bronquiolos. Los bronquiolos se ramifican varias veces y los más pequeños se dividen en conductos aún más pequeños, denominados bronquiolos terminales. Los bronquiolos contienen células de Clara,

que son células cilíndricas no ciliadas entremezcladas con las células epiteliales. Los bronquiolos terminales representan el final de la zona de conducción del aparato respiratorio. Esta ramificación extensa a partir de la tráquea, a través de los bronquiolos respiratorios, se asemeja a un árbol invertido y suele denominarse árbol bronquial.(Anexo 7)

2.2.1.6 PULMONES

Los pulmones son órganos pares, de forma cónica, situados en la cavidad torácica, están separados entre sí por el corazón y otros órganos del mediastino, estructura que divide la cavidad torácica en dos compartimientos anatómicos distintos. Por esta razón, si un traumatismo provoca el colapso de un pulmón, el otro puede permanecer expandido. Dos capas de serosa, que constituyen la membrana pleural, encierran y protegen a cada pulmón. La capa superficial, denominada pleura parietal, tapiza la pared de la cavidad torácica; la capa profunda o pleura visceral reviste a los pulmones. Entre la pleura visceral y la parietal hay un pequeño espacio, la cavidad pleural, que contiene un escaso volumen de líquido lubricante secretado por las membranas. El líquido pleural reduce el rozamiento entre las membranas y permite que se deslicen con suavidad una contra la otra, durante la respiración. Este líquido también hace que las dos pleuras se adhieran entre sí, de la misma manera en que lo haría una gota de agua entre dos portaobjetos de vidrio, fenómeno llamado tensión superficial. Los pulmones derecho e izquierdo están rodeados por cavidades pleurales separadas. (Anexo 8)

2.2.2 VENTILACIÓN PULMONAR

Revisando la ventilación pulmonar se pueden sacar diversas conclusiones y puntos clave a tomar en cuenta para entenderla ²:

-
- 1** La ventilación pulmonar o respiración es un proceso que comprende la inspiración y la espiración.
-

² Tortora, J. y Derrickson, B. (2018). Principios de Anatomía y Fisiología (John Wiley & Sons, Ltd., Ed.; 13ª ed.).

2 El movimiento del aire dentro y fuera de los pulmones depende de los cambios de presión gobernados en parte por la ley de Boyle, que establece que el volumen de un gas varía en relación inversa a la presión, cuando la temperatura permanece constante.

3 La inspiración se produce cuando la presión alveolar disminuye por debajo de la presión atmosférica. La contracción del diafragma y de los músculos intercostales externos aumenta el diámetro del tórax y disminuye en consecuencia la presión intrapleurales, lo que promueve la expansión de los pulmones. Al expandirse, disminuye la presión alveolar, de manera que el aire se desplaza a favor de un gradiente de presión, desde la atmósfera hacia los pulmones.

4 Durante la inspiración forzada, también participan músculos inspiratorios accesorios (esternocleidomastoideos, escalenos y pectorales menores).

5 La espiración se produce cuando la presión alveolar es mayor que la presión atmosférica. La relajación del diafragma y de los intercostales externos permite la retracción elástica del tórax y los pulmones, lo que incrementa la presión intrapleurales, de manera que el aire se desplaza desde los pulmones hacia la atmósfera.

6 La espiración forzada implica la contracción de los músculos intercostales internos y abdominales.

7 La tensión superficial ejercida por el líquido alveolar disminuye en presencia de surfactante.

8 La distensibilidad es la facilidad con que pueden expandirse los pulmones y la pared torácica.

2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GASES Y VAPORES ANESTÉSICOS

Se denomina vapor al estado gaseoso de los cuerpos que son líquidos o sólidos en las condiciones ordinarias de presión y temperatura. El cambio de estado líquido a

vapor se denomina vaporización y la reconversión del vapor al estado líquido se conoce como condensación. Si bien es cierto que los vapores se apartan considerablemente del comportamiento de los gases perfectos, las leyes fundamentales que los estudian pueden aplicarse, tolerando un elevado margen de error, para comprender y analizar algunas de las conductas de los agentes empleados en la anestesia por inhalación. La condensación de un vapor puede obtenerse comprimiendo o enfriándolo. A presión atmosférica sólo bastará una ligera substracción de calor para provocarla. Por esta razón es poco conveniente calentar por encima de la temperatura ambiente un anestésico volátil para favorecer su vaporización ya que se condensará rápidamente en las tubuladuras del circuito disminuyendo a la vez su presión de saturación.

El comportamiento de los gases ha sido descrito por una serie de leyes que deben conocerse para comprender acabadamente su accionar. Las mismas se detallan brevemente a continuación:

- Ley de Boyle-Mariotte: (volumen vs presión) si una porción de gas es comprimida gradualmente sin que varíe su temperatura, la presión del gas experimentará cambios inversamente proporcionales a los cambios de volumen, manteniéndose siempre constante los productos de presión por volumen.
- Ley de Charles: (volumen vs temperatura) a presión constante, el volumen de una masa gaseosa varía en razón de la temperatura.
- Ley de Gay-Lussac: (temperatura vs presión) a volumen constante las presiones del gas son directamente proporcionales a sus temperaturas.
- Ley de Dalton: (presión parcial) en una mezcla gaseosa, la presión de cada gas es la misma que tendría si él solo ocupara el mismo volumen que ocupa toda la mezcla, sin importar su naturaleza ni la presión propia de cada componente.

Todo gas en contacto con un líquido tiende a disolverse parcialmente en él. Este proceso se debe a un pasaje neto de las moléculas, del gas al líquido, que queda limitado al estado de equilibrio. Durante éste, la presión parcial del gas es semejante

en ambas fases (gas/ líquido). Si dicha presión aumenta, más moléculas se incorporarán al líquido para equilibrar nuevamente la presión. Si por el contrario la presión parcial del gas o vapor disminuye, las moléculas disueltas en el líquido escapan del mismo, restableciendo una vez más el equilibrio. La magnitud de este fenómeno, es decir el número total de moléculas del gas que se disuelven en el solvente, depende de la naturaleza química del gas en cuestión, así como de su presión parcial durante el intercambio, las características del solvente y la temperatura a la que se produce dicho fenómeno. La relación entre estos factores esta descrita por la Ley de Henry. Esta postula que la cantidad de gas disuelta en un líquido a una temperatura determinada es directamente proporcional a la presión del gas. Si en lugar de un solo gas se pone una mezcla de gases en contacto con un líquido, la cantidad disuelta de cada gas será de la misma manera directamente proporcional a su respectiva presión parcial en la mezcla. Esta ley se aplica para todos aquellos gases que no reaccionan químicamente con los líquidos orgánicos es decir para todos los gases y vapores anestésicos.

Coefficiente de solubilidad

La magnitud con la cual un gas se disuelve en un determinado solvente queda expresada, generalmente por el coeficiente de solubilidad. Para los anestésicos inhalatorios, la solubilidad es comúnmente cuantificada y expresada como coeficiente de partición. Este expresa la relación existente entre el anestésico disuelto en el solvente y en el gas (por ej., sangre y gas) o entre dos tejidos (p. ej., cerebro y sangre). De esta manera el citado coeficiente define la capacidad de un determinado solvente de disolver al gas anestésico. Es decir, que nos indica como se repartirá el anestésico, en cada una de las fases con las que contacte, luego de logrado el equilibrio. Se debe tener presente que el pasaje del gas de uno a otro compartimento se debe a la diferencia de presión parcial existente entre cada uno de ellos y por consiguiente el mismo finaliza luego de logrado el equilibrio, durante el cual no existe migración molecular en el sistema.

2.2.4 GASES HALOGENADOS

Los gases halogenados son hidrocarburos en los que algunas de sus moléculas son sustituidas por un átomo halógeno: Flúor, Bromo o Cloro. Se encuentran en forma líquida a temperatura ambiente, a diferencia del óxido nitroso, que se encuentra naturalmente como gas y no requiere vaporización para su uso.³

Los anestésicos halogenados, desflurano, isoflurano y sevoflurano, pertenecen al grupo farmacológico de los hidrocarburos halogenados, anestésicos generales administrados por vía inhalatoria. Debido a su singular vía de administración tienen propiedades farmacológicas específicas que no comparten otros anestésicos endovenosos. Poseen un alto índice terapéutico y baja toxicidad.

Su farmacocinética está basada en el paso del agente desde un compartimento a otro según la diferencia de presiones parciales en cada uno de ellos: una vez introducido en el organismo a través del sistema respiratorio, se produce un traspaso desde el alvéolo a la sangre y de ésta al cerebro y resto del organismo. La exposición a la circulación pulmonar presenta una aparición más rápida del agente anestésico en sangre que la administración endovenosa. El paso del anestésico depende de las presiones parciales, la solubilidad de los agentes en un determinado compartimento y el flujo sanguíneo del mismo. El modelo farmacocinético multicompartimental incluye órganos muy perfundidos como las vísceras, otro compartimento menos perfundido como el muscular y un tercero poco perfundido como la grasa. La velocidad de equilibrio entre estos compartimentos y la sangre es proporcional al gasto cardíaco que reciben. Son agentes poco liposolubles, por lo que las presiones parciales entre dos compartimentos se igualan rápidamente, sobre todo en tejidos muy perfundidos como el cerebro, condicionando una hipnosis y un despertar rápidos. La principal vía de eliminación de los anestésicos inhalatorios es la respiratoria. Se metabolizan muy escasamente en el organismo a

³ Zapata SIG. 5. Agentes Farmacológicos en Anestesia: Inhalatorios e Inductores opiáceos [Internet]. Uchile.cl. [citado el 30 de abril de 2025]. Disponible en: <https://sintesis.med.uchile.cl/tratados-por-especialidad/tratados-de-cirugia/15070-5-agentes-farmacologicos-en-anestesia-inhalatorios-e-inductores-opiaceos>

nivel hepático produciendo ion flúor y metabolitos no activos que se eliminan a nivel renal.

El mecanismo de acción se relaciona con la modificación de la actividad de neuronas corticales y medulares, bloqueando a este nivel la transmisión somatoestésica y motora. A nivel molecular potencian el efecto inhibitor de receptores γ -aminobutírico (GABA), desensibilizan el receptor nicotínico de la acetilcolina y aumenta la captación de glutamato.

El efecto farmacodinámico más relevante es el efecto hipnótico, medido mediante la concentración mínima inhibitoria (**CAM**), que se define como la concentración alveolar mínima con la que el 50% de los pacientes no se mueven con la incisión quirúrgica. Cada agente tiene un valor de CAM específico. A nivel práctico es más útil la **CAM95**, en la que son el 95% los pacientes que no se mueven con la incisión quirúrgica, correspondiéndose con 1,2-1,3 CAM. Es útil conocer otros conceptos relacionados con este efecto, como es la **CAM-DESPERTAR**, que equivale a 0,3 CAM, y la **CAM-BAR** en la que está suprimida la respuesta hemodinámica a la intubación y corresponde a 1,5 CAM. Los valores de la CAM varían con la edad, el uso concomitante de N₂O y opioides.

Los agentes halogenados incrementan el flujo sanguíneo cerebral por su efecto vasodilatador, disminuyen el consumo de oxígeno y glucosa cerebral, reduciendo la actividad eléctrica, considerándose por ello neuroprotectores.

En presencia de hipertensión intracraneal está contraindicada la inducción inhalatoria. Presentan una disminución de la respuesta ventilatoria a la hipoxia e hipercapnia dosis dependiente. En general tienen un efecto broncodilatador. A nivel hemodinámico se asocian a una disminución de la presión arterial secundaria al efecto vasodilatador observado. En pacientes jóvenes se produce una taquicardia reactiva que atenúa el descenso de la presión arterial.

Los halogenados potencian el efecto de los bloqueantes neuromusculares, por lo que hay que ajustar la dosis de éstos cuando se usan asociados. Este efecto puede estar relacionado con la actividad a nivel de neuronas motoras espinales. Todos los agentes halogenados pueden desencadenar una crisis de hipertermia maligna en

pacientes predispuestos, por lo que están contraindicados en este caso. Producen relajación de la musculatura lisa uterina. El uso de halogenados se asocia a un incremento en episodios de náuseas y vómitos postoperatorios.

2.2.4.1 ISOFLURANO

Presenta unas características de uso clínico similares a los otros halogenados, si bien la presencia de átomos de cloro y flúor le confiere mayor liposolubilidad y un coeficiente de partición sangre-gas más elevado, por lo que la inducción y la recuperación de la anestesia se realiza más lentamente.

Indicaciones: Mantenimiento de la anestesia en adultos y niños. Aunque en ficha técnica está indicado en la inducción de la anestesia en adultos, su olor acre se asocia a irritación de vías respiratorias con aparición de laringoespasma, tos y aumento de secreciones, por lo que se desaconseja su uso para este fin. En pediatría no está recomendado su uso en inducción con mascarilla.

Precauciones: El isoflurano debe administrarse mediante un vaporizador específicamente calibrado para su uso. Precaución en IH, presión intracraneal elevada, miastenia gravis, miopatías congénitas.

Embarazo y lactancia: No existen estudios que garanticen su seguridad en embarazo. Puede ser seguro en cesárea a una concentración de 0,75%.

Interacciones: Potencia el efecto de relajantes neuromusculares, opioides y benzodiazepinas. Pueden aparecer arritmias con el uso de simpaticomiméticos. Se potencia el efecto hipotensor con IMAO y antagonistas del calcio. Potencia el efecto hepatotóxico de la isoniazida.

Contraindicaciones: sensibilidad conocida a anestésicos halogenados. Susceptibilidad a hipertermia maligna.

2.2.4.2 SEVOFLURANO

Está halogenado con átomos de flúor, asociados a una baja liposolubilidad, por lo que presenta bajos tiempos en la inducción y educación de la anestesia. Es metabolizado en un 5% a nivel hepático, produciéndose flúor inorgánico y metabolitos no activos eliminados por riñón. No se ha evidenciado toxicidad por flúor.

Indicaciones: inducción y mantenimiento de la anestesia general en adultos y niños. Es el único halogenado moderno que no produce irritación de vías respiratorias, por lo que su uso en inducción inhalatoria condiciona una hipnosis rápida y segura.

Precauciones: Debe administrarse con un vaporizador específico. No se ha establecido completamente la seguridad en IR. Se han descrito casos de alteraciones de la función hepática, sobre todo con el uso repetido. No se debe usar con absorbedores de CO₂ de cal baritada, por el aumento de la formación de compuesto A que puede ser nefrotóxico.

Embarazo y lactancia: No existen datos suficientes de seguridad en embarazo. Usar con precaución y sólo si es imprescindible.

Interacciones: Es seguro con la mayoría de los fármacos usados en anestesia, si bien, igual que los demás halogenados, potencia el efecto de opioides, benzodiazepinas, N₂O y bloqueantes neuromusculares.

Contraindicaciones: hipersensibilidad conocida a halogenados. Susceptibilidad a hipertermia maligna.⁴

2.2.5 GASES RESIDUALES EN SALA DE OPERACIONES

Los gases anestésicos residuales son pequeñas cantidades de gases anestésicos volátiles que salen del circuito de anestesia del paciente al aire de los quirófanos durante la administración de la anestesia. Estos gases también pueden ser

⁴ Gómez-Arnau J. ANESTESIOMECUM. Mallorca, Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2011.

exhalados por los pacientes mientras se recuperan de la anestesia. Los gases anestésicos residuales incluyen tanto el óxido nitroso como los agentes anestésicos halogenados, a saber, el isoflurano y el sevoflurano. Los anestésicos halogenados a menudo se administran junto con el óxido nitroso, el cual, al igual que algunos anestésicos halogenados, puede significar un riesgo para los trabajadores hospitalarios.⁵

Aunque los fabricantes diseñan sistemas de anestesia con medidas específicas para prevenir la exposición inapropiada a agentes volátiles, ningún sistema es completamente seguro. Los puntos de fallo pueden ocurrir en cualquier lugar, pero las concentraciones ambientales subóptimas de gas anestésico suelen ser resultado de errores o negligencia del operador. Por ejemplo, los problemas relacionados con el equipo pueden deberse a la obstrucción de las mangueras de escape pasivo por residuos no detectados, o a la torsión o compresión de los tubos de conducción por las ruedas de la máquina de anestesia u otros equipos del quirófano.

Las fuentes atribuibles al proveedor de anestesia pueden deberse a la omisión de las comprobaciones de fugas de presión en el caso de válvulas incompetentes no detectadas o a la realización incorrecta de estas comprobaciones. A pesar de estas situaciones únicas, la fuente más común de contaminación ambiental es la práctica del proveedor de anestesia. El período peri-inducción ofrece numerosas oportunidades para emplear prácticas conservadoras y responsables. Algunos ejemplos de gestión de la anestesia volátil incluyen asegurar un sellado adecuado de la mascarilla, minimizar los flujos altos de gas fresco cuando sea posible, cerrar los diales del vaporizador y rellenarlo con cuidado.

Los gases anestésicos no solo afectan al personal, sino también al medio ambiente global. La mayor parte del gas administrado al paciente no se metaboliza; por lo tanto, al ser extraído del circuito respiratorio, generalmente se elimina al ambiente exterior en su forma químicamente inalterada. El sevoflurano, el desflurano y el

⁵ 3. Gases anestésicos residuales - Riesgos ocupacionales en los hospitales [Internet]. Iiab.me. [Revisado 2025 Abril 18]. Available from: http://medbox.iiab.me/modules/en-cdc/www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2007-151_sp/index.html

isoflurano son gases de efecto invernadero conocidos y tienen un potencial de calentamiento global hasta 2000 veces mayor que el del dióxido de carbono. La vida atmosférica del isoflurano es de 3,6 años y la del sevoflurano de 1,2 años. Las tecnologías que buscan reciclar y reducir las concentraciones de estos gases de efecto invernadero funcionan atrapándolos químicamente en absorbentes patentados. Además, se está investigando la zeolita de sílice como agente para eliminar el isoflurano exhalado. Otras tecnologías capturan los gases de la máquina de anestesia y permiten la recolección de agentes volátiles inalterados para prepararlos para su uso futuro. Mantener una infraestructura de ventilación adecuada puede ayudar a redistribuir las concentraciones nocivas de estos gases. Las condiciones propicias para ello en el quirófano requieren al menos 15 intercambios de aire por hora. Optimizar las prácticas actuales y desarrollar nuevas estrategias será crucial para la atención anestésica futura.⁶

Los trabajadores tienen mayor probabilidad de exposición a Gases Anestésicos Residuales (GAR) en entornos sin ventilación ni sistemas de evacuación, o donde estos sistemas no reciben el mantenimiento adecuado. Los trabajadores también pueden estar expuestos en las siguientes condiciones:

- Al llenar los vaporizadores puede escaparse gas anestésico.
- Las GAR pueden escapar durante la conexión y desconexión inicial del sistema de anestesia o del sistema de limpieza.
- Los GAR pueden escaparse de alrededor de la máscara de anestesia del paciente, especialmente si la máscara está mal ajustada.
- Los GAR pueden escaparse del tubo endotraqueal (ETT) o de la vía aérea con máscara laríngea (LMA) del paciente si el manguito no está inflado correctamente o se utiliza un tamaño incorrecto.
- Fugas en el sistema de anestesia.
- Cuando se limpia o purga el sistema al finalizar un procedimiento médico.

⁶ Lahvic N, Liu M. Sistema de barrido de gases residuales [Internet]. Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos. 2023 [Revisado 2025 Abril 18]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov.translate.google/books/NBK544254/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Un%20nuevo%20sistema%20centralizado%20patentado,silicato%20de%20aluminio%20alcalino%20hidratado.

- Sistemas de ventilación o de evacuación de gases ineficaces o deficientes.
- Fugas de cualquier tubería, sello o junta si no se mantienen o conectan adecuadamente.

2.2.6 VAPORIZADORES DE LA MAQUINA DE ANESTESIA

La aparición de potentes anestésicos inhalatorios con propiedades únicas ha influido en la evolución de los vaporizadores. Los vaporizadores anestésicos modernos se han desarrollado para proporcionar cantidades precisas de gas anestésico, a la vez que mitigan los efectos de la temperatura y la presión barométrica en el proceso de evaporación, lo que permite a los anesthesiólogos realizar su trabajo con mayor seguridad. El funcionamiento de los vaporizadores es complejo y requiere un profundo conocimiento de la termodinámica, los gases y la física. Si bien la ingeniería puede no ser la especialidad de muchos anesthesiólogos, la familiaridad con el correcto funcionamiento del equipo anestésico y la capacidad de reconocer sus fallos son esenciales para reducir los posibles riesgos para el paciente.

Por definición, el vapor es la fase gaseosa de una sustancia. Para alcanzar esta fase, la sustancia debe alcanzar una temperatura inferior a su temperatura crítica, que varía según el fármaco. El comportamiento de un gas en un recipiente sellado se explica por la ley de los gases ideales, que establece que la presión ejercida por el gas sobre las paredes del recipiente es directamente proporcional al número de moléculas de gas (n) y a la temperatura interior del recipiente, expresada en grados Kelvin (K). Sin embargo, es inversamente proporcional al volumen (v) del recipiente. En otras palabras, las moléculas de gas dentro del recipiente se comportan como puntos en el espacio que colisionan entre sí y con las paredes del recipiente, generando presión. En condiciones normales de funcionamiento, los gases anestésicos se comportan como gases ideales.

Se puede calcular la duración (o tasa de consumo) del líquido anestésico en los vaporizadores, lo que le da una aplicación más clínica a este concepto. Un mililitro de líquido anestésico puede producir hasta 210 ml de gas anestésico, aunque esto

varía según el fármaco. Con base en este cálculo, se puede aplicar la siguiente fórmula:

ML de anestésico líquido/hora = 3 (o 3,3 si es sevoflurano o 2,85 si es desflurano) *
Concentración del dial (V/V%) * Flujo de gas fresco (Litros/minutos)

Ejemplo:

¿Cuántos mililitros de sevoflurano se consumirían si se proporciona 2,5% V/V% y un flujo de gas fresco de 3 litros?

ML de sevoflurano = 3,3 * 2,5% * 3 litros/minuto = 24,7 mL/hora de consumo de sevoflurano.

Como se mencionó anteriormente, el V/V% es el porcentaje del volumen que ocupa un gas específico dentro de una mezcla de gases. Cuando el V/V% en la cámara de vaporización es demasiado alto, se puede diluir de dos maneras. La primera es dividiendo el flujo de gas fresco de modo que una pequeña porción del gas pueda entrar en la cámara de vaporización y el resto lo desvíe. La proporción de gas que entra en la cámara varía según el tipo de gas anestésico y el V/V% del dial. Este es el mecanismo principal de los vaporizadores de derivación variable. La segunda forma de diluir el gas anestésico es inyectando el anestésico vaporizado directamente en el flujo de gas fresco sin división. Este es el mecanismo de los vaporizadores de flujo medido.

Complicaciones de los vaporizadores

- Relleno incorrecto del agente

Muchos vaporizadores modernos tienen entradas específicas para cada agente, lo que convierte el llenado incorrecto en un error del usuario. Por lo tanto, los vaporizadores están etiquetados con colores para reducir la probabilidad de llenado incorrecto. Las consecuencias de llenar el vaporizador con el agente anestésico incorrecto incluyen una sobredosis, o una subdosis con los halogenados.

- Llenar demasiado el vaporizador

Los vaporizadores más nuevos tienen un orificio a la altura adecuada para evitar el sobrellenado. Sin embargo, los vaporizadores más antiguos aún pueden sobrellenarse. El exceso de líquido anestésico fluirá a la cámara de derivación y, una vez abierto el dial, podría aumentar la concentración de gas anestésico durante un tiempo impredecible.

- Fuga de vapor en la línea de gas fresco

La magnitud de la fuga depende de la temperatura ambiente y la configuración de los puertos internos. Generalmente, la fuga es demasiado pequeña para producir un efecto clínico. Sin embargo, puede desencadenar un episodio de hipertermia maligna en pacientes con predisposición conocida o desconocida.

- Fugas

La mayoría de las fugas de gas se identifican revisando el sistema de baja presión antes de usar la máquina de anestesia con un paciente; a veces, basta con apretar un tapón de llenado suelto.⁷

⁷ Polania Gutierrez JJ, Rocuts KR. Anesthesia vaporizers. En: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Librería Nacional de Medicina, E.E.U.U, 2025.

CAPÍTULO III

3.0 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DESCRIPTIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Evaluación de los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados	<p>Evaluar: Es un proceso que se utiliza para determinar, de manera sistemática, el mérito, el valor y el significado de un trabajo o capacidad, ya sea intelectual o física.</p> <p>Efectos secundarios: Son consecuencias no deseadas, a menudo desagradables, que pueden ocurrir como resultado de la administración de un medicamento o tratamiento.</p> <p>Exposición prolongada: Es la exposición continua o repetida a una sustancia o agente durante un largo período de tiempo (meses o años).</p> <p>Gases halogenados: Son hidrocarburos en los que algunas de sus moléculas son sustituidas por un átomo halógeno: Flúor,</p>	<p>Evaluar por medio de encuestas los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados, teniendo en cuenta el tiempo de exposición al que se han visto comprometidos, con el propósito de conocer dichos efectos y recomendar una posible solución.</p>	<p>Tiempo que permanece dentro de sala de operaciones, aproximadamente.</p> <p>Tipo de gases halogenados utilizados con mayor frecuencia</p> <p>Sintomatología presente</p> <p>Recurrencia de síntomas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 - 4 hrs diarias • 5 – 8 hrs diarias • 9 – 10 hrs diarias • Más de 11 hrs diarias <ul style="list-style-type: none"> • Isoflurano • Sevoflurano <ul style="list-style-type: none"> • Nauseas • Vómitos • Mareos • Migraña • Abortos <ul style="list-style-type: none"> • 1- 3 veces por semana • 4 – 7 veces cada 15 días • 8 o más veces por mes

	Bromo o Cloro. Se encuentran en forma líquida a temperatura ambiente			
VARIABLE DESCRIPTIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Personal de anestesia de los hospitales centrales, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños de Benjamín Bloom	<p>Personal: Conjunto de individuos que forman parte de un grupo, empresa, o entidad. Se puede usar en singular para referirse a ese grupo en su totalidad, o en plural si se hacen referencias a varios conjuntos.</p> <p>Anestesia: Es el uso de medicamentos o técnicas para bloquear la sensibilidad, el dolor o la conciencia durante un procedimiento médico o quirúrgico.</p> <p>Hospital: es un centro de salud que forma parte de un sistema médico y social. Su misión es proporcionar atención médica completa a la población, tanto curativa como preventiva.</p>	Personal de anestesia que trabaja en los hospitales centrales (Hospital Nacional de la Mujer, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños) más de 2 horas diarias y lleva laborando más de 1 año como profesional de anestesia, desarrollando las diversas técnicas anestésicas, en especial la anestesia balanceada, en la cual se utilizan de manera regular los gases halogenados	<p>Tiempo ejerciendo profesión</p> <p>Establecimiento en el que labora</p> <p>Técnica más utilizada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 – 5 años • 6 – 10 años • 11 – 15 años • 16 – 20 años • Más de 20 años • Hospital Nacional de la Mujer “Dr. María Isabel Rodríguez” • Hospital Nacional Rosales • Hospital Nacional de Niños “Benjamín Bloom” • Anestesia Balanceada • TIVA • Anestesia Regional

CAPITULO IV

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

El estudio que se realizó, debido a las características de la investigación fue de tipo descriptivo, retrospectivo y cualitativo.

4.1.1 DESCRIPTIVO

Se considero descriptivo porque evaluó los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados, con la finalidad de conocer dichos efectos secundarios en los tres diferentes hospitales centrales.

4.1.2 RETROSPECTIVO

Fue de tipo retrospectivo porque se realizó utilizando características de datos ya recopilados en el pasado y en base a los efectos secundarios que se presentaron, posterior a la exposición a lo largo de los años ya transcurridos en el personal de anestesia de los diferentes hospitales centrales.

4.1.3 CUALITATIVO

Se considero de tipo cualitativo porque el estudio se enfocó en la comprensión profunda de las experiencias y padecimientos del personal de anestesia que se ve expuesto a gases halogenados de forma prolongada, en el cual se utilizaran datos no numéricos.

4.2 POBLACIÓN

Se selecciono al personal de anestesia que desarrolló su profesión por mínimo 1 año consecutivo en los hospitales seleccionados, en el área de sala de operaciones, sin un periodo de tiempo determinado, sin una edad especifica y ambos sexos.

4.3 MUESTRA

Se tomo una muestra de 30 personas, tomando solamente 10 personas por hospital seleccionado, sin edad especifica y ambos sexos.

4.4 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo fue de tipo no probabilístico o intencional, ya que se seleccionará un grupo determinado en el cual se tomó en cuenta los criterios que identificaron los fines del estudio.

4.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Se selecciono al personal de anestesia que cumplió los siguientes criterios:

- Personal de anestesia que trabaje dentro de los hospitales seleccionados
- Personal de anestesia que lleve trabajando 1 año o más consecutivo
- Personal de anestesia que trabaje dentro de sala de operaciones.
- Personal de anestesia que trabaje diariamente más de 2 horas diarias dentro de sala de operaciones .
- Personal de anestesia que utilice de forma regular gases halogenados dentro de sus labores.
- Personal de anestesia sin restricción de edad.
- Personal de anestesia masculino y femenino.

4.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Personal de anestesia que lleve trabajando menos de 1 año consecutivo
- Personal de anestesia que trabaje fuera de sala de operaciones
- Personal de anestesia que trabaje menos de 2 horas diarias
- Personal de anestesia que no trabaje en ninguno de los hospitales seleccionados.
- Personal de anestesia que no utilice de forma regular gases halogenados dentro de sus labores.

4.7 MÉTODO, TÉCNICA, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTO

4.7.1 MÉTODO

Para llevar a cabo la investigación se tomó en cuenta lineamientos que componen el método científico, siendo una serie ordenada de procedimientos, que se deben llevar a cabo de forma sistémica para obtener resultados racionales y objetivos dentro de la investigación.

4.7.2 TÉCNICA

Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de la técnica de observación, ya por medio de la observación directa se pudo obtener información acerca de los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados en el personal de anestesia de los hospitales centrales, permitiendo identificar dichos efectos secundarios.

4.7.3 INSTRUMENTO

Se utilizó una encuesta, formulada con preguntas de acuerdo con las variables del estudio, sus dimensiones y sus indicadores, diseñada de la siguiente manera:

La primera parte fue conformada por aspectos generales como fecha, sexo, edad; este fue seguido del establecimiento en el cual labora, el tiempo que lleva trabajando como profesional de anestesia, cuanto tiempo aproximado permanece dentro de sala de operaciones, la técnica de anestesia que emplea con mayor frecuencia, el gas halogenado que más utiliza, síntomas que ha presentado y así mismo la recurrencia de estos.

4.7.4 PROCEDIMIENTO

1. En primer lugar, se solicitó la autorización de la jefatura o subjefatura de sala de operaciones y del departamento de anestesia del hospital para llevar a cabo la realización de la encuesta.
2. Posteriormente se seleccionó al personal de anestesia que cumplía con los criterios de inclusión de la muestra.

3. El encuestador se presentó, mencionando su nombre y apellido, el tema del estudio, y el objetivo con el cual se pasó la encuesta.
4. Seleccionada la muestra se procedió a pasar la encuesta individualmente, hasta completar las preguntas de la encuesta
5. Finalizada la encuesta, se agradeció la participación en el estudio del personal que estuvo dispuesto a colaborar con dicha encuesta
6. Posterior a la finalización de la encuesta, la información obtenida fue graficada, con el fin de facilitar su comprensión.

4.8 PLAN DE RECOLECCIÓN, TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.8.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

La información se recolecto por medio de una encuesta, los cuales fueron graficados, para determinar los resultados de las variables en estudio para ser analizadas, con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

4.8.2 TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de las variables en estudio se presentaron en tablas de distribución de frecuencias y gráficas elaboradas en Microsoft Excel 2019 y Microsoft Word 2019, para posteriormente representarlas gráficamente.

La fórmula que se utilizo fue la siguiente:

$$FR = \frac{n \times 100}{N}$$

Donde:

FR = Frecuencia Relativa (Resultado).

n = Representa el número de casos observados.

N = Representa el total de muestra.

Se Multiplica “n” (número de casos observados) por 100% y luego se dividirá el resultado entre N (total de muestra), al realizar esta operación obtendremos el porcentaje de la frecuencia en estudio.

CAPITULO V

5.1 ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación se realizó en 3 hospitales de la zona central ubicados todos en el departamento de San Salvador los cuales son: Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom en el periodo de enero a marzo 2025

Con la finalidad de evaluar los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados residuales en el personal de anestesia.

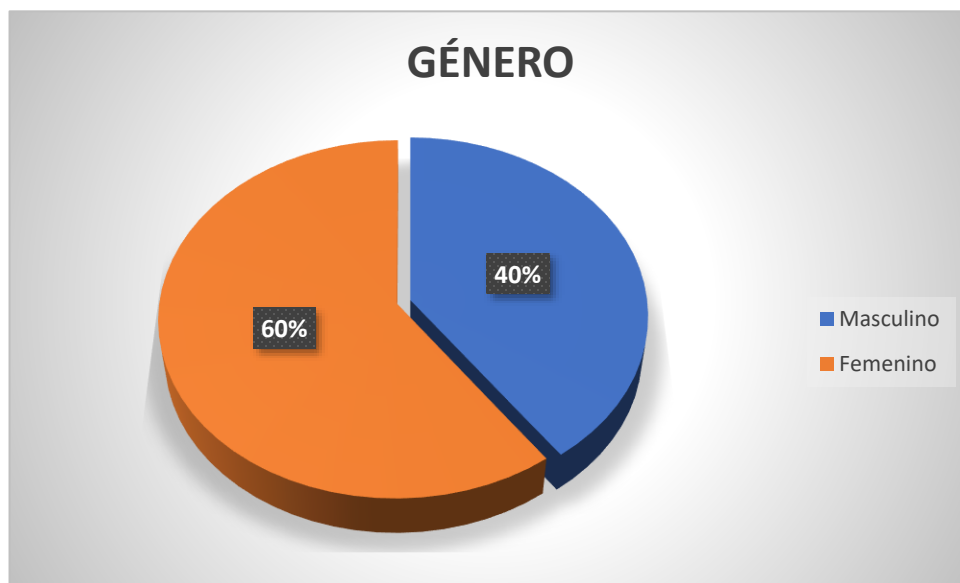
En el estudio se evaluaron los hospitales en los cuales labora el personal de anestesia, el tiempo que lleva laborando como profesional de anestesia, el tiempo aproximado que permanece dentro de sala de operaciones, la técnica anestesia más utilizada por el profesional de anestesia, el gas halogenado que utiliza con mayor frecuencia, síntomas que presentó a lo largo del ejercicio de su profesión, que no estuvieran relacionados con ninguna enfermedad previamente diagnosticada, y la frecuencia con la que se presentan estos síntomas de haberlos padecido

Teniendo los resultados de la investigación a través de una guía de observación con sus distintos parámetros para la evaluación del estudio, se presentan a continuación las tablas y gráficos con sus respectivos análisis de datos.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA SOBRE EL GÉNERO DE LOS PROFESIONALES DE ANESTESIOLOGÍA ENCUESTADOS EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 1. GÉNERO DE LOS PROFESIONALES DE ANESTESIA

EDADES	FRECUENCIA	Fr %
Femenino	18	60%
Masculino	12	40%
TOTAL	30	100%

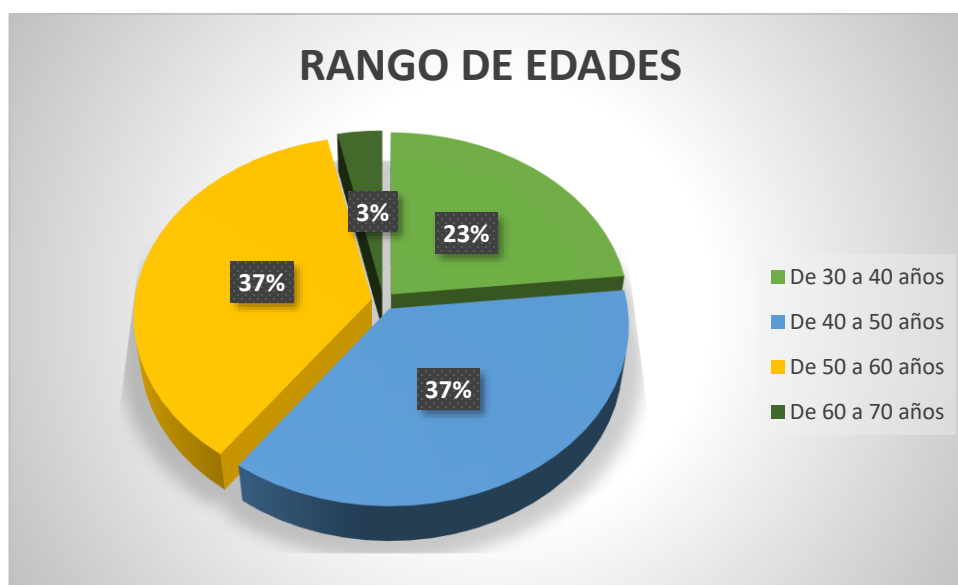


Análisis: Predomina el género femenino en la muestra, lo que podría reflejar una tendencia actual en la especialidad de anestesiología hacia una mayor participación de mujeres. Este dato es relevante para evaluar diferencias potenciales en la susceptibilidad a efectos secundarios por exposición a gases halogenados, ya que estudios previos sugieren variaciones en la metabolización de fármacos según el género, y alguna sintomatología presente en mujeres, es inexistente en el género masculino.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA SOBRE EL RANGO DE EDAD DE LOS PROFESIONALES DE ANESTESIOLOGÍA ENCUESTADOS EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 2. RANGO DE EDADES DE LOS PROFESIONALES DE ANESTESIA

EDADES	FRECUENCIA	Fr %
De 30 a 40 años	7	23%
De 40 a 50 años	11	37%
De 50 a 60 años	11	37%
De 60 a 70 años	1	3%
TOTAL	30	100%

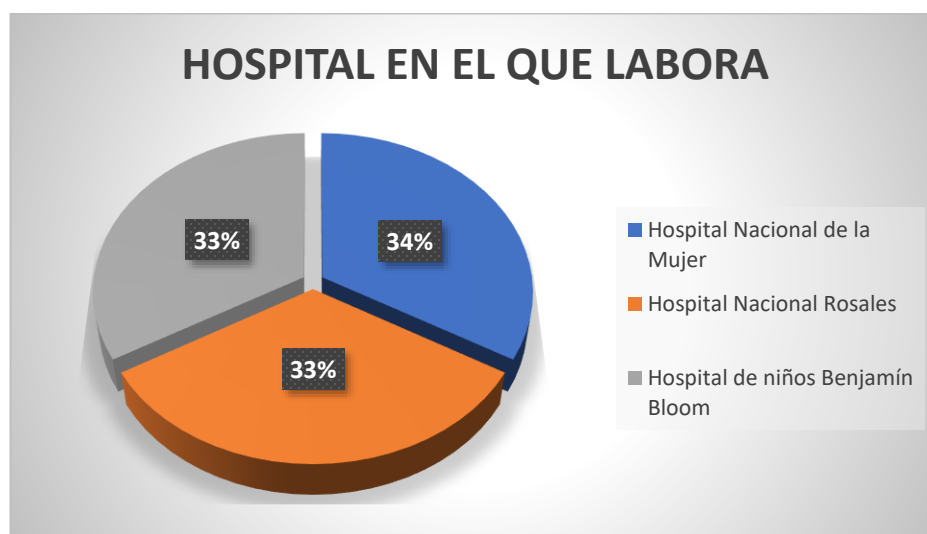


Análisis: La mayoría se encuentra en la etapa media de su carrera (40-60 años), grupo con mayor experiencia, pero también con posible acumulación de exposición crónica a gases residuales. La baja representación de mayores de 60 años podría deberse a jubilaciones o menor resistencia a condiciones laborales estresantes.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA SOBRE EL LUGAR DE TRABAJO DE LOS PROFESIONALES DE ANESTESIOLOGÍA ENCUESTADOS EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 3. HOSPITAL EN EL QUE DESEMPEÑA SU LABOR COMO PROFESIONAL DE ANESTESIA

HOSPITAL	FRECUENCIA	Fr %
Hospital Nacional de la Mujer	10	33.3
Hospital Nacional Rosales	10	33.3%
Hospital de niños Benjamín Bloom	10	33.3%
TOTAL	30	100%



Análisis: La muestra está balanceada entre los tres hospitales, lo que permite generalizar los resultados a la zona central. Sin embargo, futuros análisis podrían explorar a fondo en cada hospital seleccionado las diferencias en protocolos de la ventilación en sala de operaciones o el uso de gases halogenados entre instituciones, o en un hospital en específico.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL TIEMPO QUE LLEVA LABORANDO COMO PROFESIONAL DE ANESTESIA EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 4. TIEMPO QUE LLEVA TRABAJANDO COMO PROFESIONAL DE ANESTESIA

EDADES	FRECUENCIA	Fr %
De 1 a 5 años	2	7%
De 6 a 10 años	5	17%
De 11 a 15 años	2	7%
De 16 a 20 años	10	33%
Mas de 20 años	11	37%
TOTAL	30	100%



Análisis: Los datos sugieren dos grupos identificados, profesionales jóvenes (1-10 años) y veteranos (mayor a 20 años). Esto es crítico para correlacionar la exposición prolongada a gases con efectos crónicos, como síntomas neurológicos o reproductivos. Cabe destacar que el segundo grupo más amplio son los profesionales en anestesia entre 16 y 20 años, lo cual es un número muy significativo para nuestro estudio.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL TIEMPO QUE APROXIMADAMENTE PERMANECE DENTRO DE SALA DE OPERACIONES EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 5. TIEMPO APROXIMADO QUE PERMANECE A DIARIO EN SALA DE OPERACIONES

TIEMPO EN HORAS	FRECUENCIA	Fr %
De 2 a 4 horas	0	0%
De 5 a 8 horas	30	100%
De 9 a 10 horas	0	0%
Mas de 10 horas	0	0%
TOTAL	30	100%

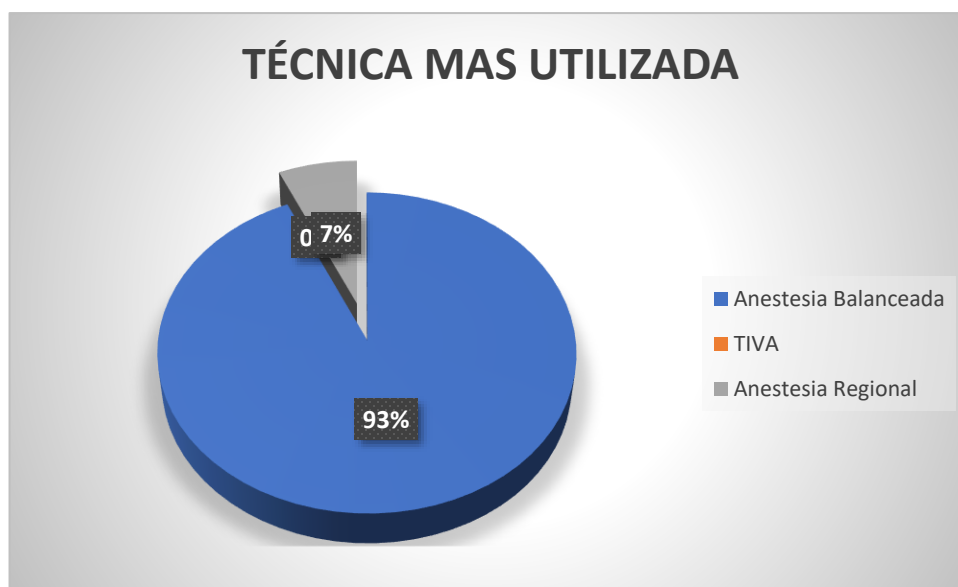


Análisis: El 100% de los profesionales reportan trabajar 5-8 horas diarias, lo que indica una exposición constante a gases residuales dentro de rangos laborales estándar. Aunque no se superan las 10 horas, la acumulación crónica podría relacionarse con efectos neurotóxicos o reproductivos, especialmente si los sistemas de evacuación de gases son insuficientes, ineficientes o inexistentes.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TÉCNICA ANESTÉSICA MAS UTILIZADA EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 6. TÉCNICA ANESTESICA MÁS UTILIZADA

TÉCNICA UTILIZADA	FRECUENCIA	Fr %
Anestesia Balanceada	28	93%
TIVA	0	0%
Anestesia Regional	2	7%
TOTAL	30	100%

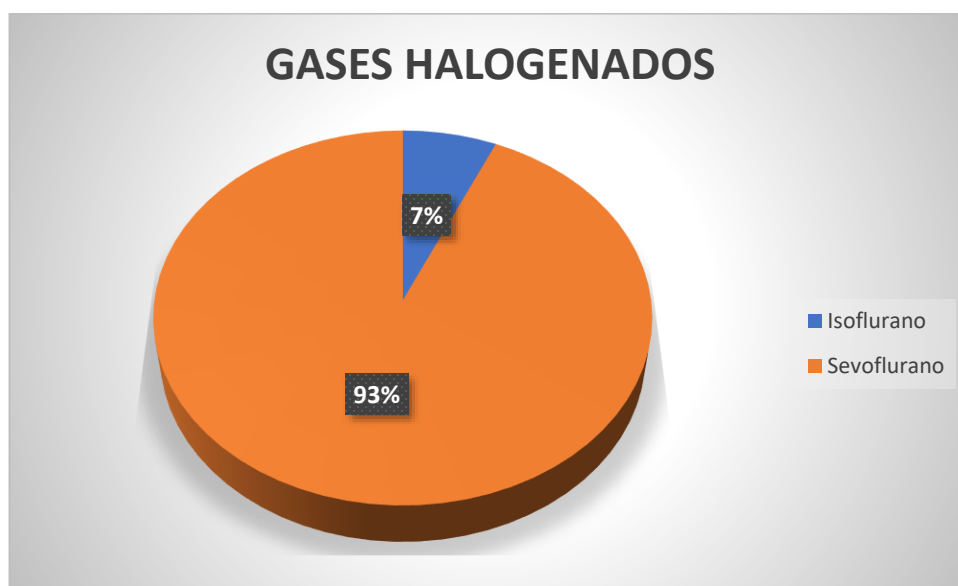


Análisis: La predominancia de anestesia balanceada (que combina gases halogenados con anestésicos intravenosos) sugiere una exposición frecuente a gases como isoflurano o sevoflurano, vinculados a efectos residuales. La baja adopción de TIVA (Anestesia Intravenosa Total) podría indicar limitaciones en recursos o preferencias técnicas, siendo esta la técnica ideal para evitar la exposición a gases halogenados, por su ausencia en la técnica.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS GASES HALOGENADOS UTILIZADOS CON MAYOR FRECUENCIA EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 7. GASES HALOGENADOS UTILIZADOS CON MAYOR FRECUENCIA

GASES HALOGENADOS	FRECUENCIA	Fr %
Isoflurano	2	7%
Sevoflurano	28	93%
TOTAL	30	100%

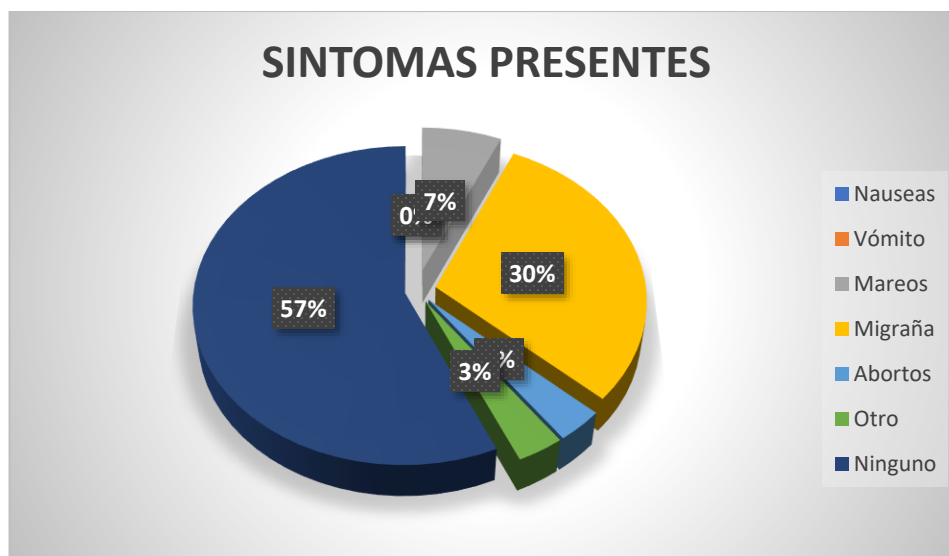


Análisis: El sevoflurano, aunque más costoso, es preferido por su perfil de seguridad (menor hepatotoxicidad vs. isoflurano). Sin embargo, su metabolito (fluoruro) puede acumularse con exposición prolongada, asociándose a síntomas neurológicos (mareos, migraña). El sevoflurano (93%) domina por su seguridad y rapidez, pero su metabolito fluorado podría contribuir a migrañas y deterioro cognitivo en exposición prolongada. El bajo uso de isoflurano (7%) refleja su perfil menos favorable, aunque su menor costo lo mantiene en uso limitado.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS SÍNTOMAS PRESENTADOS A LO LARGO DEL EJERCICIO DE SU PROFESIÓN ANESTÉSICA EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM, QUE NO ESTÉN RELACIONADOS CON NINGUNA ENFERMEDAD YA PREVIAMENTE DIAGNOSTICADA

Tabla 8. SINTOMAS PRESENTES A LO LARGO DE SU PROFESION ANESTESICA

SINTOMAS PRESENTES	FRECUENCIA	Fr %
Nauseas	0	0%
Vómito	0	0%
Mareos	2	7%
Migraña	9	30%
Abortos	1	3%
Otro	1	3%
Ninguno	17	57%
TOTAL	30	100%

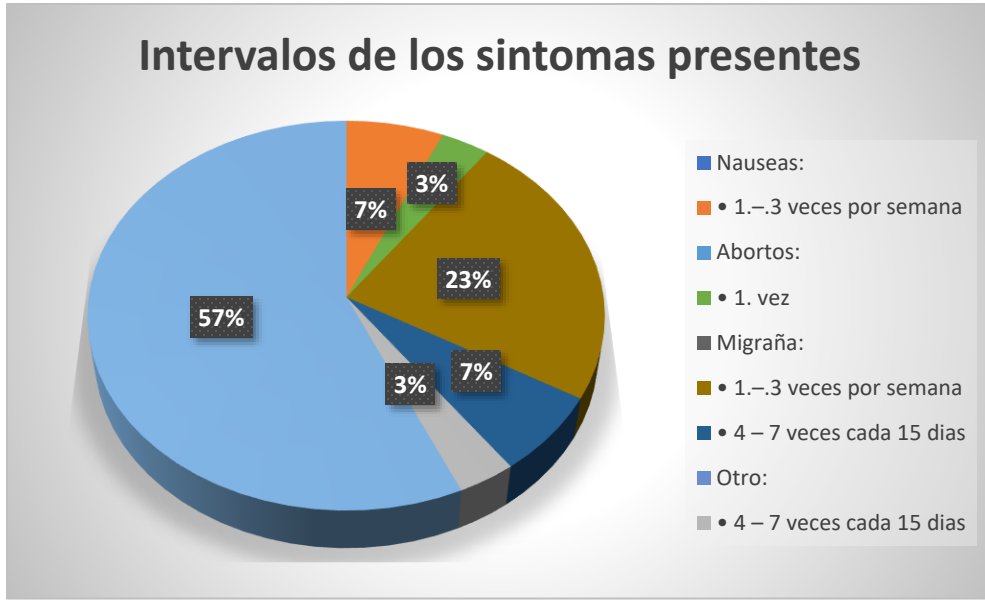


Análisis: El 57% son asintomáticos, pero el 30% presenta migraña, vinculable a neurotoxicidad por gases residuales. Los abortos (3%) y mareos (7%) son menos frecuentes, pero coinciden con riesgos ocupacionales descritos. La ausencia de náuseas sugiere adaptación o eficacia en sistemas de evacuación. La migraña es el síntoma más reportado, posiblemente relacionado con la exposición crónica a gases halogenados, que afectan el SNC. El 3% de abortos requiere investigación adicional para descartar factores adicionales (edad, historial médico).

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA FRECUENCIA CON QUE SE PRESENTAN LOS SÍNTOMAS A LO LARGO DE SU PROFESIÓN ANESTÉSICA EN LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL ROSALES, HOSPITAL NACIONAL BENJAMÍN BLOOM.

Tabla 9. FRECUENCIA CON QUE SE PRESENTAN LOS SÍNTOMAS

INTERVALOS DE LOS SINTOMAS	Frecuencia Fx	
Nauseas:		
• 1.–3 veces por semana	2	7%
• 4 – 7 veces cada 15 días	0	0%
• 8 o más veces por mes	0	0%
Abortos:		
• 1. vez	1	3%
• 2 veces	0	0%
• 3 veces o más	0	0%
Migraña:		
• 1.–3 veces por semana	7	57%
• 4 – 7 veces cada 15 días	2	7%
• 8 o más veces por mes	0	0%
Otro:		
• 1.–3 veces por semana	0	0%
• 4 – 7 veces cada 15 días	1	3%
• 8 o más veces por mes	0	0%
TOTAL	17	100%



Análisis: La alta frecuencia (semanal) en 7 profesionales sugiere un efecto crónico más que episódico, posiblemente por: Acumulación de metabolitos liposolubles (Sevoflurano). Estrés oxidativo en tejido neuronal. Los 2 casos con frecuencia quincenal podrían reflejar variabilidad individual en susceptibilidad. La migraña recurrente en profesionales activos refuerza la hipótesis de neurotoxicidad por gases residuales. La baja frecuencia de abortos no permite establecer causalidad, pero coincide con literatura que sugiere riesgos reproductivos en personal expuesto.

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio que se realizó y el análisis de los resultados encontrados en esta investigación, a través del instrumento de recolección de datos que se hizo en los hospitales de la zona central, se concluyó que:

- La exposición prolongada a gases halogenados puede generar una variedad de efectos secundarios en el personal de anestesia, incluyendo alteraciones respiratorias, neurológicas y hematológicas, lo que destaca la necesidad de implementar medidas de seguridad efectivas para minimizar la exposición y proteger la salud de los profesionales de la salud.
- El análisis de los efectos secundarios en el personal de anestesia de los hospitales centrales revela que la exposición prolongada a gases halogenados puede tener consecuencias significativas en la salud y el bienestar de los profesionales, incluyendo un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas y alteraciones en la función cognitiva, lo que puede afectar negativamente la calidad de la atención médica.
- La evaluación de posibles soluciones para minimizar la exposición a gases halogenados en los hospitales de la zona central sugiere que la implementación de sistemas de ventilación adecuados, el uso de equipos de protección personal y la capacitación del personal en técnicas de manejo seguro de gases anestésicos pueden ser efectivas para reducir los riesgos asociados con la exposición prolongada a gases halogenados y proteger la salud del personal de anestesia.

6.2 RECOMENDACIONES

El investigador en base a las conclusiones presentadas anteriormente plantea las siguientes recomendaciones:

- Como primera medida; realizar evaluaciones médicas periódicas al personal de anestesia para detectar posibles efectos secundarios y tomar medidas preventivas; implementar protocolos de seguridad para minimizar la exposición a gases halogenados y reducir el riesgo de efectos secundarios; capacitar al personal de anestesia sobre los riesgos asociados con la exposición a gases halogenados y las medidas para prevenirlos.
- Como segunda medida recomienda desarrollar un plan de acción para reducir la exposición a gases halogenados y minimizar los riesgos asociados. También mejorar la ventilación en el área de sala de operaciones para reducir la concentración de gases halogenados en el aire. Y así mismo, monitorear la exposición a gases halogenados en el personal de anestesia para identificar áreas de mejora.
- Como tercera medida de ser posible implementar sistemas de ventilación adecuados en el área de anestesia para reducir la concentración de gases halogenados en el aire, utilizar equipos de protección personal, capacitar al personal en técnicas de manejo seguro de gases anestésicos para reducir la exposición y minimizar los riesgos asociados.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K. (1992) Clinical Anesthesia. Philadelphia, JB. Lippincott Co., pp. 3-34.
2. Collins, V. J. (1996) Historia de la anestesiología. Anestesiología, 3.a ed. México, Interamericana, pp. 3-28.
3. Sánchez, DM y Harari, SR (Eds.). (2019). Revista +Ciencia (Vol. 20). <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Historia-de-la-anestesia>
4. Tortora, J. y Derrickson, B. (2018). Principios de Anatomía y Fisiología (John Wiley & Sons, Ltd., Ed.; 15ª ed.).
5. Tortora, J. y Derrickson, B. (2018). Principios de Anatomía y Fisiología (John Wiley & Sons, Ltd., Ed.; 13ª ed.).
6. Zapata SIG. 5. Agentes Farmacológicos en Anestesia: Inhalatorios e Inductores opiáceos [Internet]. Uchile.cl. [citado el 30 de abril de 2025]. Disponible en: <https://sintesis.med.uchile.cl/tratados-por-especialidad/tratados-de-cirugia/15070-5-agentes-farmacologicos-en-anestesia-inhalatorios-e-inductores-opiaceos>
7. Gómez-Arnau J. ANESTESIOMECCUM. Mallorca, Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2011.
8. Polania Gutierrez JJ, Rocuts KR. Anesthesia vaporizers. En: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Librería Nacional de Medicina, E.E.U.U, 2025.
9. Gases anestésicos residuales - Riesgos ocupacionales en los hospitales [Internet]. liab.me. [cited 2025 May 4]. Available from: http://medbox.iiab.me/modules/en-cdc/www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2007-151_sp/index.html
10. Lahvic N, Liu M. Sistema de barrido de gases residuales [Internet]. Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos. 2023 [Revisado 2025 Abril 18]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov.translate.google/books/NBK544254/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x

ANEXOS

ANEXO 1

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA.**



***“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS SECUNDARIOS A LA EXPOSICIÓN
PROLONGADA DE GASES HALOGENADOS RESIDUALES EN EL PERSONAL DE
ANESTESIA DE LOS HOSPITALES DE LA ZONA CENTRAL, HOSPITAL NACIONAL
DE LA MUJER DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ, HOSPITAL NACIONAL
ROSALES, HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS BENJAMÍN BLOOM EN EL PERÍODO
DE ENERO A MARZO 2025”***

PRESENTADO POR:

BR. XIOMARA MARCELA LÓPEZ MÉNDEZ

LM20007

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

ASESOR:

LIC. LUIS EDUARDO RIVERA SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, “DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA” MAYO 2025



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGIA E INHALOTERAPIA
ENCUESTA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



Objetivo: Recolectar y recopilar datos que proporcionarán información respecto a la evaluación de los efectos secundarios a la exposición prolongada de gases halogenados residuales en el personal de anestesia de los hospitales de la zona central, Hospital Nacional de la Mujer Dra. María Isabel Rodríguez, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom en el periodo de enero a marzo 2025”

ASPECTOS GENERALES

Día ____ de _____ del 2025. Sexo: M ____ F ____ Edad: ____

1. ¿En qué hospital labora actualmente?

- Hospital Nacional de la Mujer “Dr. María Isabel Rodríguez”
- Hospital Nacional Rosales
- Hospital Nacional de Niños “Benjamín Bloom”

2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando como profesional de anestesia?

- 1 – 5 años 11 – 15 años Más de 20 años
- 6 – 10 años 16 – 20 años

3. ¿Cuánto tiempo aproximadamente al día permanece dentro de sala de operaciones?

- 2 - 4 hrs diarias 9 – 10 hrs diarias
- 5 – 8 hrs diarias Más de 11 hrs diarias

4. Técnica anestésica más utilizada:

-

- Anestesia Balanceada. TIVA. Anestesia Regional.

5. ¿Qué gases halogenados utiliza con mayor frecuencia?

- Isoflurano Sevoflurano

6. ¿Ha presentado alguno de los siguientes síntomas a lo largo del ejercicio de su profesión, que no estén relacionados con ninguna enfermedad ya diagnosticada, que se presenten de forma esporádica, sin razón alguna?


- Náuseas Mareos Abortos Ninguno
 Vómitos Migraña Otro

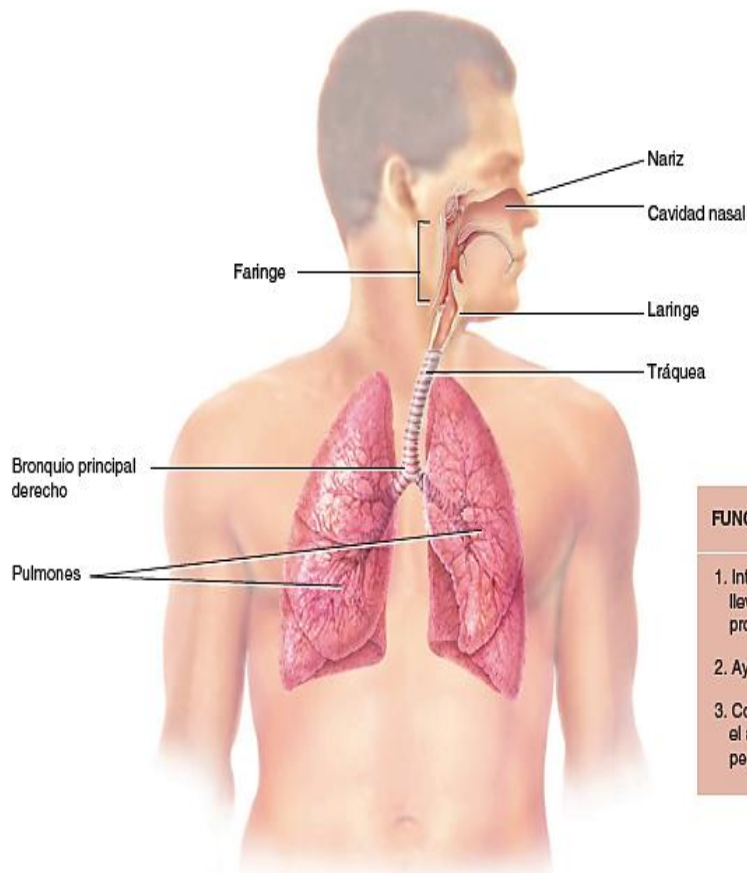
Si marco “Otro”, menciónelo: _____

7. Si marco casillas en la sintomatología, ¿Podría mencionar con qué frecuencia se presentan los síntomas?

<p>Náuseas:</p> <p><input type="radio"/> 1 – 3 veces por semana</p> <p><input type="radio"/> 4 – 7 veces cada 15 días</p> <p><input type="radio"/> 8 o más veces por mes</p>	<p>Mareos:</p> <p><input type="radio"/> 1 – 3 veces por semana</p> <p><input type="radio"/> 4 – 7 veces cada 15 días</p> <p><input type="radio"/> 8 o más veces por mes</p>	<p>Abortos:</p> <p><input type="radio"/> 1 vez</p> <p><input type="radio"/> 2 veces</p> <p><input type="radio"/> 3 veces o más</p>
<p>Vómitos:</p> <p><input type="radio"/> 1 – 3 veces por semana</p> <p><input type="radio"/> 4 – 7 veces cada 15 días</p> <p><input type="radio"/> 8 o más veces por mes</p>	<p>Migraña:</p> <p><input type="radio"/> 1 – 3 veces por semana</p> <p><input type="radio"/> 4 – 7 veces cada 15 días</p> <p><input type="radio"/> 8 o más veces por mes</p>	<p>Otro:</p> <p><input type="radio"/> 1 – 3 veces por semana</p> <p><input type="radio"/> 4 – 7 veces cada 15 días</p> <p><input type="radio"/> 8 o más veces por mes</p>

ANEXO 2

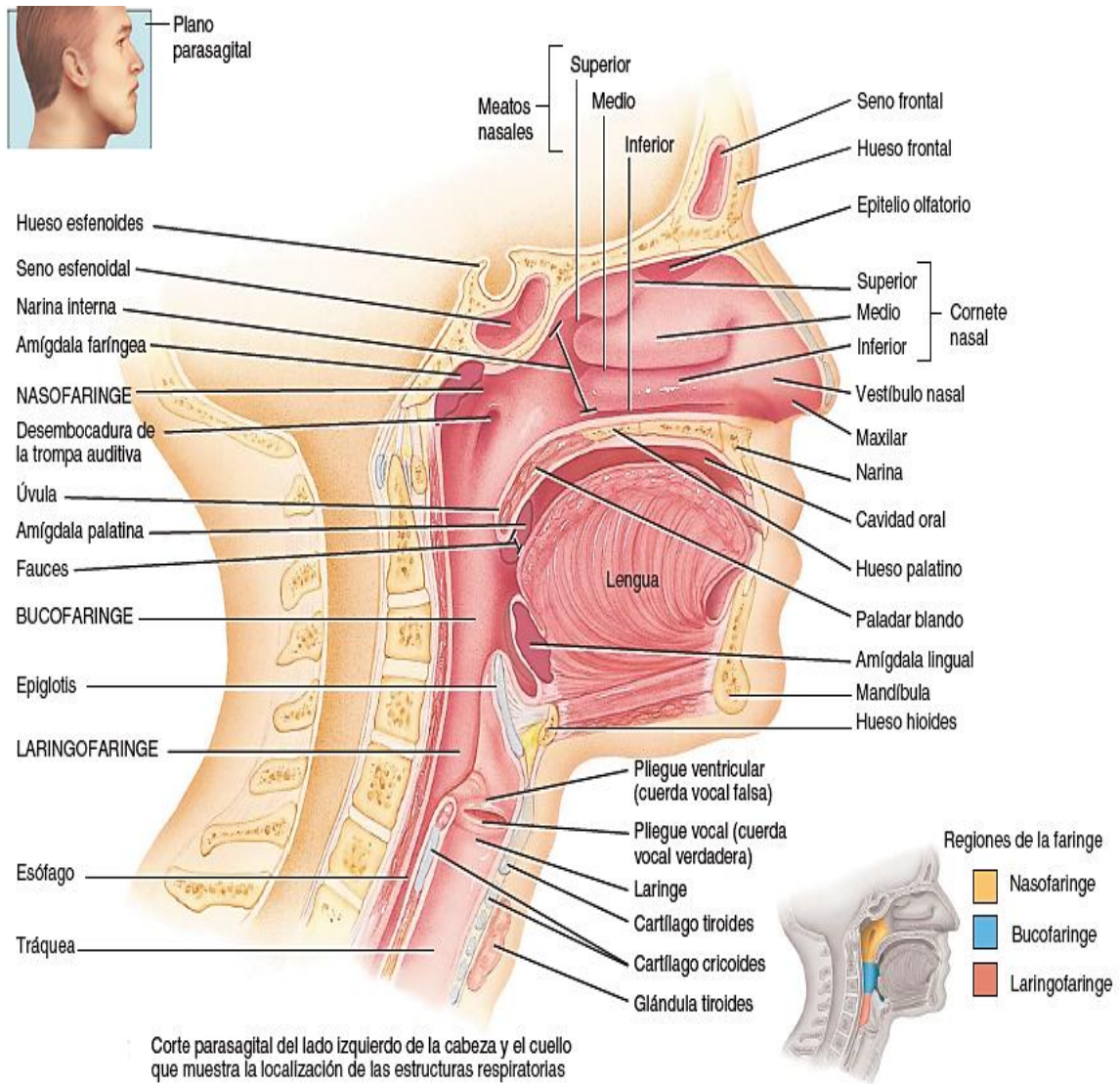
 La porción superior del aparato respiratorio está constituida por la nariz, la cavidad nasal, la faringe y estructuras asociadas, mientras que la porción inferior está formada por la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones.



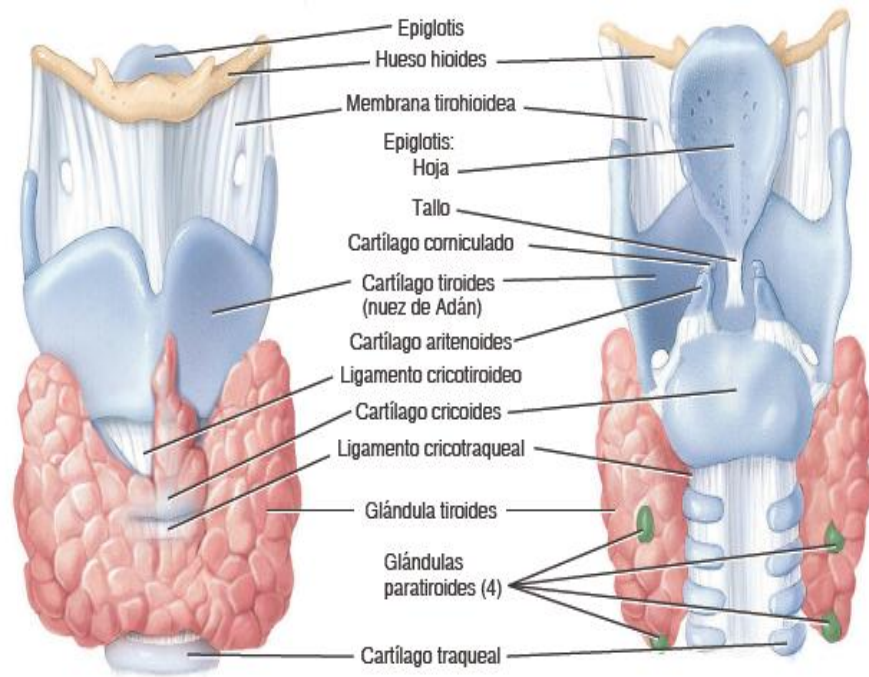
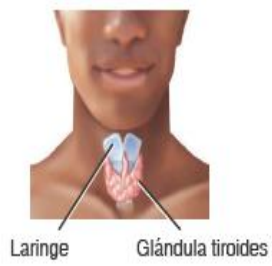
FUNCIONES DEL APARATO RESPIRATORIO

1. Interviene en el intercambio gaseoso: capta O_2 para llevarlo a las células del organismo y elimina el CO_2 producido por ellas.
2. Ayuda a regular el pH sanguíneo.
3. Contiene receptores para el sentido del olfato, filtra el aire inspirado, produce sonidos (fonación) y excreta pequeñas cantidades de agua y calor.

ANEXO 3



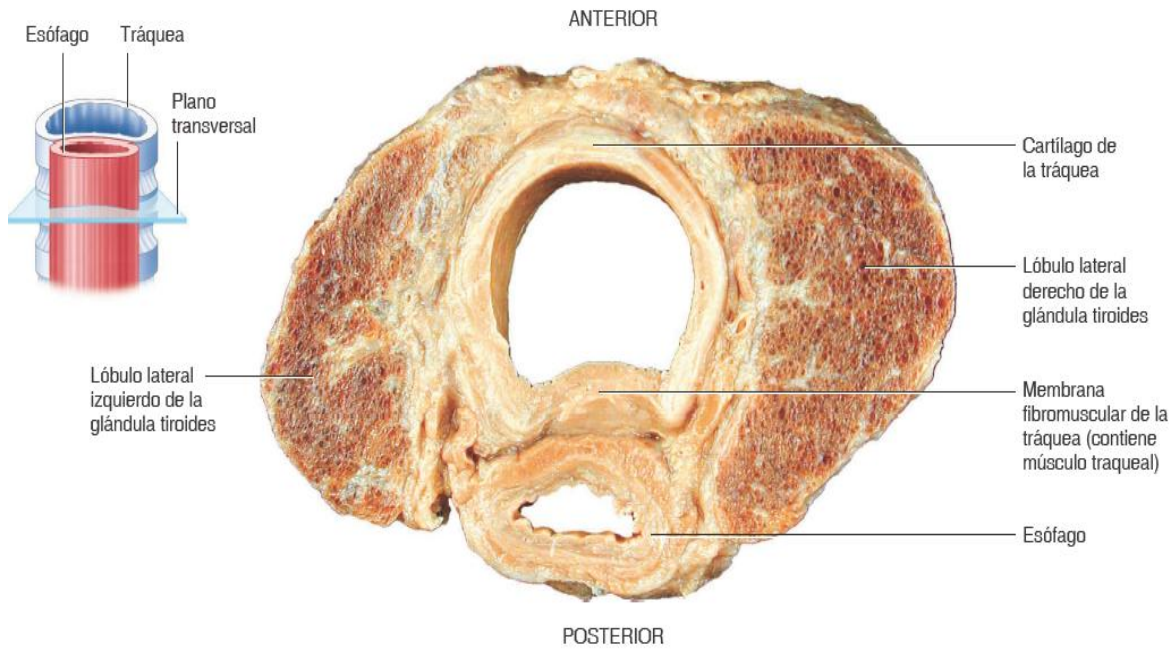
ANEXO 4



(a) Vista anterior

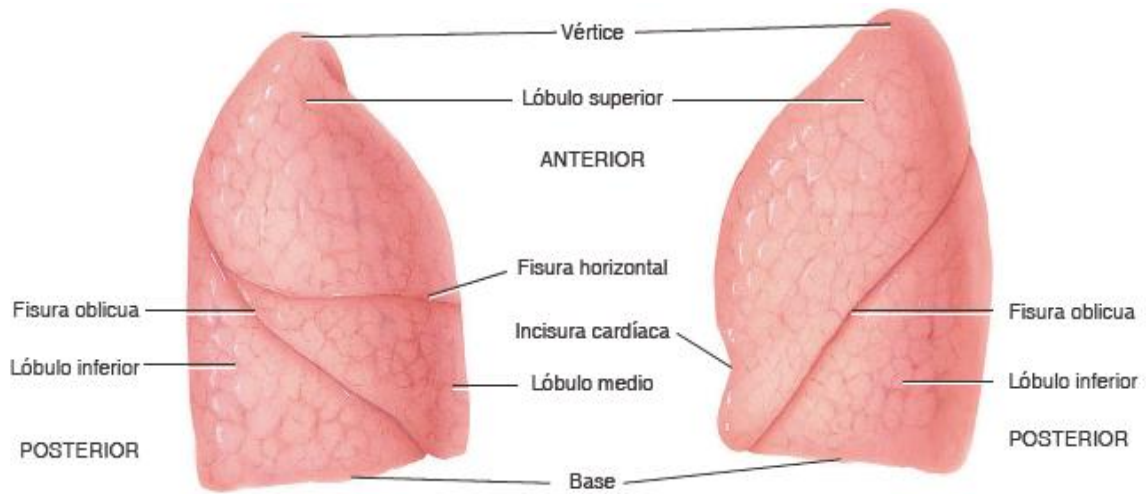
(b) Vista posterior

ANEXO 5



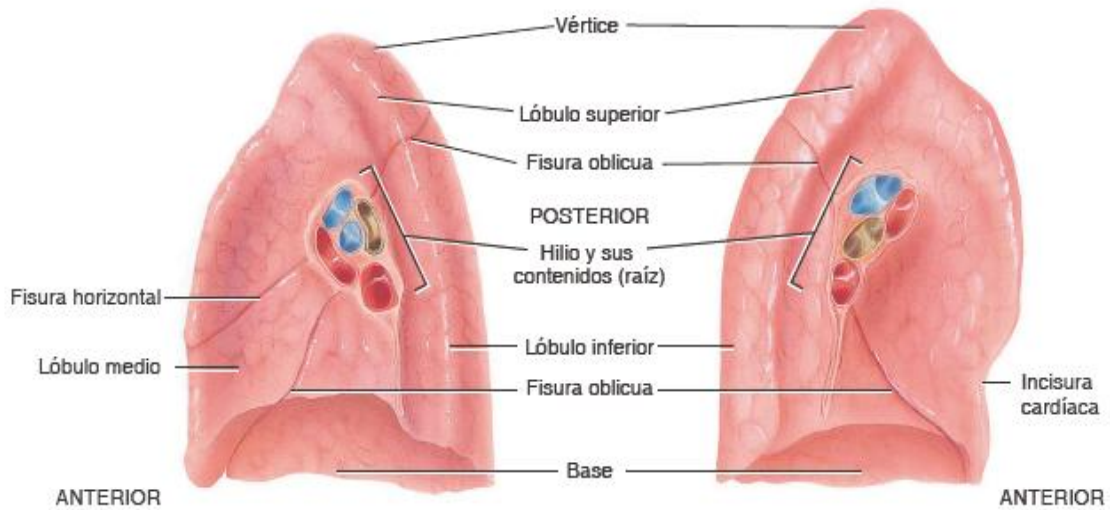
Vista superior de un corte transversal de la glándula tiroides, la tráquea y el esófago

ANEXO 6



(b) Vista lateral del pulmón derecho

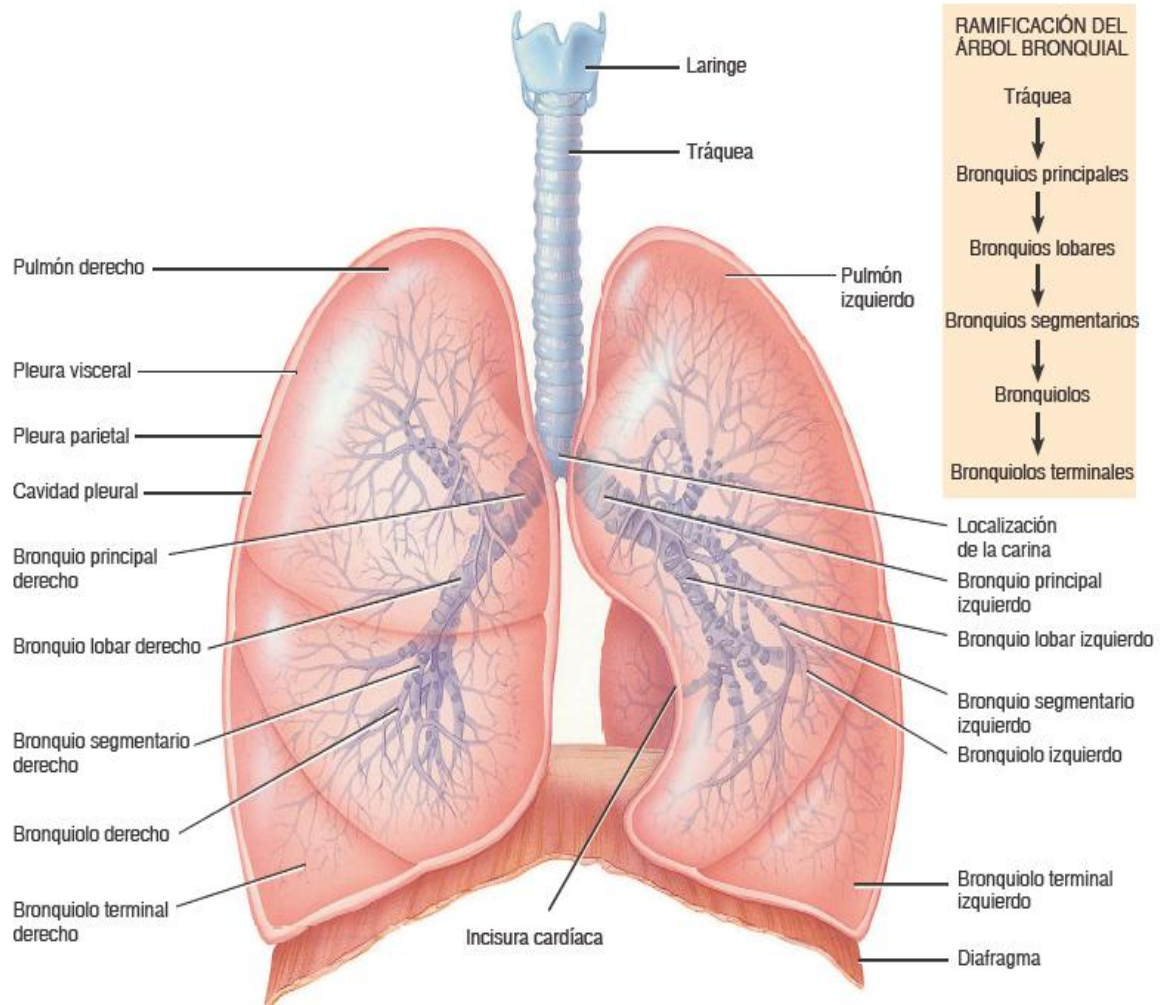
(c) Vista lateral del pulmón izquierdo



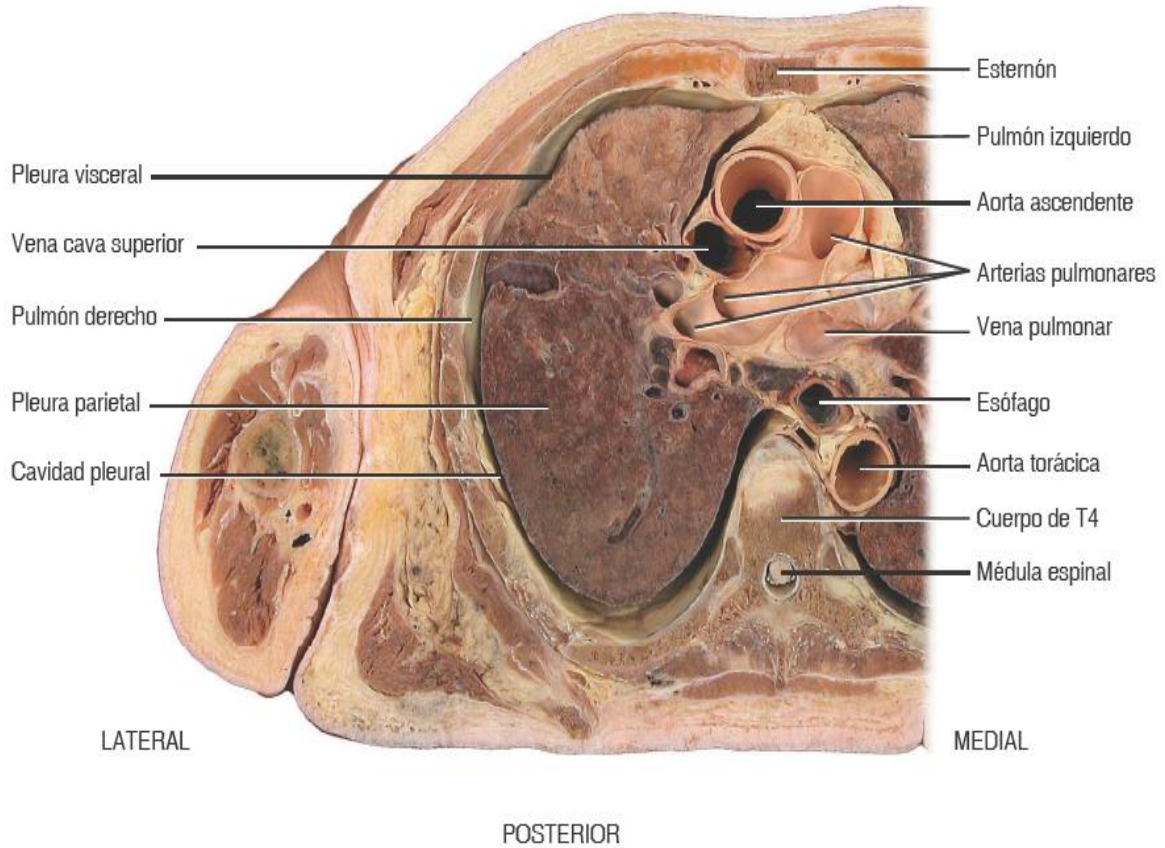
(d) Vista medial del pulmón derecho

(e) Vista medial del pulmón izquierdo

ANEXO 7



ANEXO 8



Vista inferior del corte transversal de la cavidad torácica que muestra la cavidad pleural y las membranas pleurales