

Contaminación por Halotano en el Quirófano, con el Uso de Dos Circuitos Anestésicos: Circuito Semicerrado y Circuito Semiabierto

Ma. Maricela Anguiano García*, Rolando Meraz Suárez†, Bernardo Soto Rivera‡

RESUMEN

Por cromatografía de gases, fue identificada y cuantificada la existencia de halotano en el área respiratoria del anestesiólogo y en la sangre del anestesiólogo, cirujano e instrumentista, durante el transcurso de un acto quirúrgico bajo anestesia general inhalatoria con halotano y el comportamiento de estos niveles durante una jornada de trabajo de 6 hrs, con el empleo de dos circuitos anestésicos: circuito semicerrado y circuito semiabierto. Los resultados muestran que los niveles de contaminación por halotano en el área respiratoria del anestesiólogo al final de una cirugía bajo anestesia general inhalatoria son similares con el uso de circuito semicerrado y semiabierto, siendo estos cuando menos 10 veces más altos que los valores permisibles por la NIOSH. Las concentraciones sanguíneas de halotano en el personal que integra el equipo quirúrgico son más altos cuando se utiliza el circuito semiabierto, y superan los niveles permisibles incluso para medio ambiente.

Palabras Clave: Circuitos anestésicos. Contaminación por halotano.

SUMMARY

HALOTHANE POLLUTION IN OPERATING ROOM. A COMPARISON USING SEMICLOSED AND SEMIOPEN ANESTHETIC CIRCUITS

Gas chromatography was employed in order to identify and measure the presence of halothane in the air that the anesthesiologist breath. The levels of this anesthetic gas in the blood of the surgeon, the instrumentist and anesthesiologist were also determined with this technique. These measurements took place before, during and after an operation that had been performed under general anesthesia with halothane in the morning's six hour shift. Two anesthetic circuits were used by the anesthesiologist: the semiclosed and the semiopen. The results showed that the levels of halothane detected in the air breathed by the anesthesiologist were the same whether or not the semiopen or semiclosed circuits were used. The levels of gas detected this way happened to be ten-fold times higher than those permitted by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). The levels of gases founded in the blood of the operation team, were higher when the semiopen circuit was employed; such levels were so high that they were not even permitted in the environment.

Key words: Anesthetic Circuits, Contamination by halothane.

*Médico Anestesiólogo. Jefe de Servicio del Hospital General de Ticomán, Secretaría de Salud y Adscrito al Servicio de anestesiología del Hospital Regional «1° de Octubre». Instituto de Seguridad y Servicio Social de los Trabajadores del Estado.

†Anestesiólogo. Jefe de Servicio del Hospital Regional «1° de Octubre» Instituto de Seguridad y Servicio Social de los Trabajadores del Estado. ‡Anestesiólogo Adscrito al Servicio de Anestesiología del Hospital Regional «1° de Octubre» Instituto de Seguridad y Servicio Social de los Trabajadores del Estado. México D.F. Correspondencia. Ma. Maricela Anguiano García. Hospital General de Ticomán. Calle Plan de San Luis S/N, Esq. con Bandera. Col. Ticomán. CP 07330. México.

El halotano (2-bromo 2-cloro 1 - 1 - 1-trifluoretano CF_3CHClBr)¹ fue sintetizado por Suchling en 1952 en Inglaterra para la Imperial Chemical Industries² e introducido en práctica clínica en 1956. El halotano es un líquido volátil, transparente, incoloro, con peso molecular de 197.39 y olor agradable, dulce; su densidad es 1.862 a 22°C y la del vapor a 20°C es de 8.86. Su punto de ebullición es de 50.2 °C a 760 mmHg, lo que permite su ebullición con técnica abierta. Como es un líquido volátil, es necesario vaporizarlo

para producir anestesia por inhalación. La absorción en los pulmones es rápida y se deposita en los tejidos grasos, siendo su constante cronológica 100 hrs. (Transcurren 100 hrs aproximadamente para que los depósitos grasos alcancen 2/3 de sus valores de saturación final)

Se elimina rápidamente por vía respiratoria y la curva de eliminación es semejante a la de captación (5 a 10 ml por min).

En un inicio se pensó que el halotano era inerte y que no sufría biotransformación en el cuerpo; no obstante, en el hígado se lleva a cabo un proceso de metabolismo oxidativo y desbromación; los productos de la biotransformación son el bromuro y el ácido trifluoroacético que aparece en la orina¹⁻⁵; por lo menos el 12 % del halotano en el organismo se metaboliza de esta forma. La oxidasa de función mixta o citocromo P450 y su sistema en el retículo endoplasmático del hepatocito es el responsable de este metabolismo.

Al administrar el halotano con los diferentes circuitos anestésicos, ya sea cerrado, semicerrado, abierto o semiabierto, se produce contaminación ambiental por residuos halogenados, y la concentración de éstos en el ambiente dependerá del circuito empleado⁴⁻⁵ del flujo de gases frescos que se utilice⁶, de la actividad del personal dentro de la sala de operaciones y del sistema de ventilación y extracción de gases⁷⁻¹⁰

Varios estudios han sugerido que la exposición ocupacional a un ambiente que contiene halotano y otros anestésicos por un tiempo prolongado, puede provocar trastornos orgánicos, psicológicos y emocionales, como aumento de abortos espontáneos en anesthesiólogas, esposas de anesthesiólogos y enfermeras que trabajan en el área quirúrgica; aumento de alteraciones congénitas en sus productos de la gestación e infertilidad¹¹⁻¹³; aumento estadísticamente significativo de neoplasias en el sistema reticuloendotelial y linfático en anesthesiólogos, reacciones dérmicas por contacto, cefalea, fatiga alteraciones del sueño, pérdida de la memoria, disminución de la destreza perceptual, cognoscitiva y motora, mayor frecuencia de suicidios en anesthesiólogos que en grupos control¹¹⁻¹⁴.

El boletín de normas editadas por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) menciona niveles deseables de 0.5 partes por millón (p.p.m.) para los halogenados cuando se usan con N₂O y de 2 p.p.m. cuando se usan solos.

En este trabajo se hace un estudio comparativo entre dos circuitos anestésicos semicerrado y semiabierto, cuantificando la contaminación por

residuos halogenados que existen en el medio ambiente quirúrgico y los niveles de halotano que se encuentran en la sangre del personal que integra el equipo quirúrgico durante el transcurso de un acto quirúrgico bajo anestesia general inhalatoria con halotano y el comportamiento de estos niveles durante una jornada de trabajo de 6 hrs.

El objetivo principal fue el de cuantificar y comparar los niveles de contaminación por residuos halogenados en las salas de operaciones al administrar anestesia general inhalatoria con halotano según el tipo de circuito anestésico empleado, semicerrado o semiabierto.

MATERIAL Y METODO

En la sala 4 del Hospital Regional «1° de Octubre» del Instituto de Seguridad y Servicio Social de los Trabajadores del Estado, (ISSSTE, México D.F.), se midieron los niveles de contaminación del ambiente quirúrgico por residuos halogenados y se cuantificó la contaminación sanguínea de éstos en el personal quirúrgico durante el transcurso de un acto quirúrgico bajo anestesia general inhalatoria con halotano. Este trabajo es de tipo longitudinal, prospectivo, abierto, experimental y comparativo.

Se estudiaron 12 actos anestésico-quirúrgicos en 12 pacientes femeninos con edad entre 32 y 66 años y con un rango de peso de 40 a 85 kg, quienes fueron programadas para histerectomía total abdominal con clasificación ASA I - II.

A todas las pacientes se les medicó con atropina 10 µg/kg de peso y diazepam 100 a 200 µg/kg de peso, con aplicación IV 15 minutos antes de iniciar el acto anestésico.

La inducción anestésica se hizo en todos los casos con tiopental IV a dosis de 5 mg/kg de peso dando relajación muscular con succinilcolina IV a dosis de 1 mg/kg de peso para facilitar la intubación endotraqueal. Por dos minutos se hiperventiló a las pacientes con O₂ al 100% de acuerdo al flujo de gases frescos calculado para cada caso para desnitrogenizarlas; posteriormente se mantuvo la anestesia con halotano/O₂ al 100 % y la relajación muscular con bromuro de pancuronio IV a dosis de 30 a 40 µg/kg de peso. En 5 de los 12 casos fue necesario revertir la relajación muscular con neostigmina a 20 µg/kg de peso y atropina a 10 µg/kg de peso.

Los actos anestésicos se dividieron en dos grupos al azar: grupo I.- Seis pacientes se manejaron con anestesia general inhalatoria con halotano/O₂ 100% con técnica de circuito semicerrado con flujo de

oxígeno entre 3 y 4 L/min. grupo II.- Seis pacientes se manejaron con anestesia general inhalatoria con halotano/ O₂ 100% con técnica de circuito semiabierto con un flujo de O₂ de 6 L/min. El halotano en ambos grupos fue administrado por un vaporizador Fluotec 3, con máquina de anestesia OHIO.

Las características de la sala quirúrgica en estudio son las siguientes; 6.30 m de largo, 5m de ancho y 2.70 m de altura con 2 entradas de aire fresco en el techo y 2 rejillas de extracción de gases colocadas a 30 cm del suelo, inhabilitadas actualmente.

Se tomaron 3 muestras de medio ambiente; la primera a las 8 de la mañana, la segunda, cinco minutos después de haber cerrado el vaporizador para finalizar la anestesia, y la tercera a las 2 de la tarde, utilizando tubos de vacutainer cerrados al vacío (U3204), los cuales están cubiertos en la cara interna con una delgada capa de glicerina que favorece su sellado. Los tubos miden 1.3 cm de diámetro por 10 cm de longitud.

La toma se hizo en el área respiratoria del anesthesiologo, que es la considerada entre 20 y 30 cm frente a la nariz y a una altura de aproximadamente 1.20 m. Las muestras se obtuvieron destapando el tubo por 10 seg volviéndolo a tapar evitando fugas. La toma de muestras sanguíneas se realizó al mismo tiempo que las del medio ambiente en el anesthesiologo, cirujano e instrumentista, siendo siempre las mismas personas y por lo menos se mantuvieron 18 hrs sin participar en ningún acto anestésico-quirúrgico bajo anestesia general inhalatoria, extrayendo 0.5 ml de sangre venosa con una jeringa estéril desechable de 1 ml con una décima de heparina 1:1000; cada muestra así obtenida se inyectó en un frasco de vidrio de 2 cm de diámetro por 6 cm de longitud con un volumen de 15 ml, sellados con un tapón de hule reforzado con un casquillo de aluminio preparados personalmente.

Después de 4 a 8 hrs de tomadas las muestras, se cuantificaron los residuos halogenados por

cromatografía de gases utilizando un cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama (Hewlett Packard, modelo 5840 A).

La columna empleada fue de acero inoxidable de 6 pies por 1/8 de pulgada, empacada con Carbowax 20M al 10% en Cromosorb WPH 80/100, operada a la temperatura de 70°C, con un flujo de nitrógeno de 22 ml/min; la temperatura del inyector y del detector fue de 150°C; la sensibilidad a la que se programó el cromatógrafo de gases fue ATTN 212 SLOP SENS 0.0

Los residuos halogenados se identificaron por comparación de los tiempos de retención del anestésico previamente obtenido.

Para cada evento se realizaron curvas de calibración. El promedio de tiempo de retención para el halotano fue 2.0 y para el enflurano 2.20.

Los resultados obtenidos se expresan en µg/100 ml de sangre y mg/m³ de aire y se manejaron en términos de rango, media, y tratados estadísticamente con desviación estándar y distribución t de Student. $p < 0.05$ fue aceptada como estadísticamente significativa.

RESULTADOS

El promedio de las concentraciones de halotano en las tres muestras de aire tomadas del área respiratoria del anesthesiologo fueron para el grupo I de 6.68 ± 6.7 , 61.20 ± 0.3 y 29.95 ± 66.98 mg/m³ de aire para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente y para el grupo II de 8.27 ± 18.49 , 49.11 ± 27.99 , y 2082.93 ± 2071.51 mg/m³ de aire para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, existiendo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras 1, 2 y 3 de ambos grupos (figura 1).

Las concentraciones medias de halotano en las tres muestras de sangre venosa del cirujano fueron para el grupo I de 0.13 ± 0.31 , 0.11 ± 0.24 y $0.17 \pm$

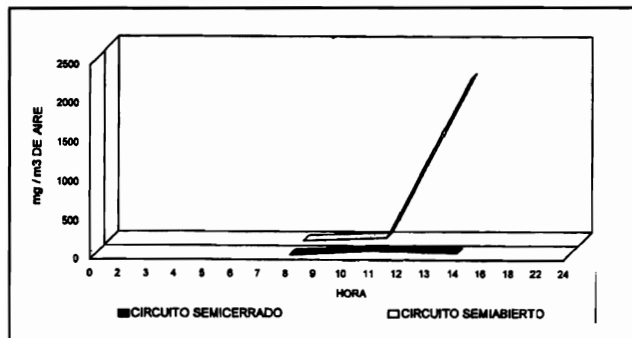


Figura 1. Concentraciones de halotano en el área respiratoria del anesthesiologo con el uso de dos circuitos anestésicos

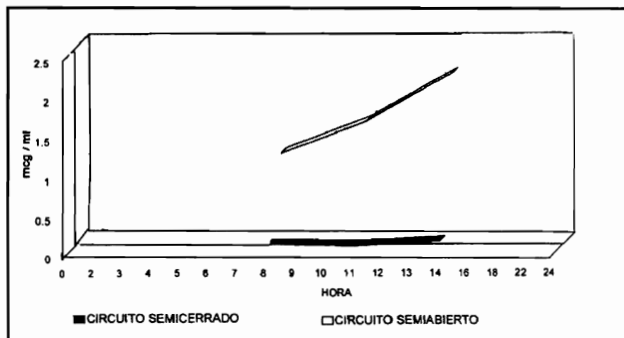


Figura 2. Concentraciones de halotano en sangre del cirujano con el uso de dos circuitos anestésicos

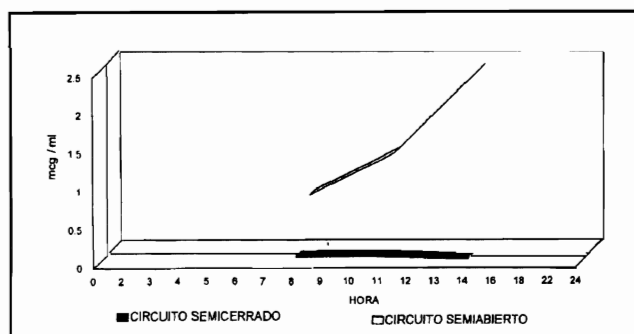


Figura 3. Concentraciones de halotano en sangre de la instrumentista con el uso de dos circuitos anestésicos.

0.40 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente y para el grupo II, 1.106 ± 0.853 , 1.507 ± 1.123 y 2.122 ± 1.38 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, habiendo diferencia significativa entre las muestras 2 y 3 de ambos grupos (figura 2).

Las muestras sanguíneas de la instrumentista reportaron las siguientes concentraciones medias para el grupo I 0.091 ± 0.12 , 0.098 ± 0.218 y 0.056 ± 0.125 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente y para el grupo II: 0.710 ± 0.62 , 1.259 ± 1.049 y 2.355 ± 2.21 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, existiendo diferencia significativa entre la muestra 3 de ambos grupos (figura 3).

Las concentraciones medias de halotano en las tres muestras de sangre venosa del anesthesiologo fueron para el grupo I: 0.516 ± 0.744 , 0.271 ± 0.594 y 0.218 ± 0.324 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente y para el grupo II: 1.011 ± 0.807 , 1.020 ± 0.553 y 0.783 ± 0.884 µg/ml para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos (figura 4).

DISCUSION

Los resultados obtenidos para la concentración de halotano en el área respiratoria del anesthesiologo son similares a los obtenidos por Munguía¹⁶ Granados⁵ y Leor⁴ siendo éstos superiores a los niveles máximos permisibles por la NIOSH¹⁷ que son de 0.5 a 2 p.p.m., con lo que se demuestra alta contaminación en los quirófanos estudiados, siendo más importante en los casos en que el anestésico se administró con circuito semiabierto en comparación con el semicerrado (figura 1), agregando a esto un inadecuado sistema de ventilación ambiental⁷ y la carencia de un sistema de extracción de gases actualmente en este hospital, lo cual se refleja en las concentraciones de halotano encontradas en sangre del personal de equipo

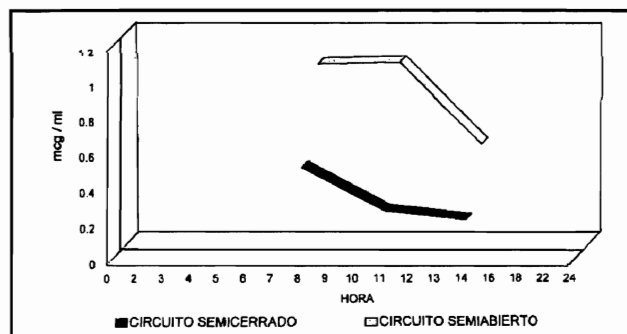


Figura 4. Concentraciones de halotano en sangre del anesthesiologo con el uso de dos circuitos anestésicos.

quirúrgico y que correspondería a las permisibles para el medio ambiente.

La figura 1 muestra el aumento de la concentración en el medio ambiente quirúrgico a partir de las 8 de la mañana y hasta el momento en que terminó la primera cirugía del día. Hasta aquí, los niveles de contaminación son similares para ambos circuitos; no obstante, al comparar los resultados obtenidos para las muestras tomadas a las 14 hrs, la concentración de halotano sufrió un decremento en el ambiente del quirófano cuando se utilizó circuito semicerrado, pero cuando se utilizó circuito semiabierto, la concentración de este halogenado se incrementó hasta obtener un promedio de 2082.93 mg/ml; los niveles más altos fueron obtenidos al utilizar el circuito semiabierto para dos procedimientos anestésicos consecutivos en la misma sala, confirmando así el hecho de que se obtienen niveles más importantes de contaminación por residuos anestésicos cuando se utiliza el circuito semiabierto, y que mientras más tiempo se utiliza este circuito, los niveles de residuos halogenados aumentarán en el ambiente quirúrgico en forma acumulativa.

Respecto a las concentraciones de halotano en sangre del personal del equipo quirúrgico, las concentraciones basales más altas fueron las cuantificadas en el anesthesiologo, pero estos disminuyeron al final de la jornada de trabajo debido a la inducción enzimática que estimulan las dosis subanestésicas de agentes anestésicos volátiles y esta inducción se incrementa conforme aumenta el contacto crónico con estos agentes¹⁹ (figura 4). No se observó diferencia estadísticamente significativa al comparar las concentraciones de halotano en sangre del anesthesiologo comparando los 2 grupos. Las concentraciones de halotano en sangre del cirujano y de la instrumentista se mantuvieron constante en el transcurso de una jornada de trabajo de 6 hrs, al utilizar el circuito semicerrado. Al comparar ambos grupos,

hubo diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de halotano en sangre del cirujano tomadas al final de la cirugía y al final de la jornada de trabajo y para la instrumentista en la muestra que corresponde al final de la jornada de trabajo (figura 2 y 3).

En las muestras sanguíneas y de medio ambiente procesados en este trabajo, se observó la presencia de enflurano a pesar de no haber sido administrado este anestésico; esto concuerda con los estudios realizados por Murray¹⁷, Granados⁵ y Nicholson¹⁸, y puede explicarse por la fijación de éste a diferentes partes de la máquina de anestesia.

Los resultados en este trabajo fueron presentados en mg/ml por estar indicada por el Sistema Internacional de Unidades²⁰ y ser más comprensible que el de partes por millón (p.p.m); no obstante, si se desea convertir estos resultados a p.p.m, divídase cada resultado entre 1.87²¹.

La muestra del universo de trabajo presentada en esta ocasión es pequeña, aunque los resultados son representativos y muestran que la contaminación por halotano en el medio ambiente quirúrgico es elevado y supera a las concentraciones aceptadas por la NIOSH además los niveles de concentración de halotano en sangre fueron semejantes para los tres integrantes del equipo quirúrgico (cirujano, anestesiólogo e instrumentista), por lo que se puede inferir que están expuestos al mismo riesgo ocupacional. Estas concentraciones de halotano en medio ambiente quirúrgico y en sangre del personal del equipo quirúrgico podrían disminuir si se disminuye el tiempo de exposición al halogenado, cambiando las técnicas anestésicas por generales endovenosas y técnicas regionales, además de disminuir los tiempos quirúrgicos.

CONCLUSIONES

- 1.- Los niveles de contaminación por halotano en el medio ambiente quirúrgico al final de una cirugía bajo anestesia general inhalatoria son similares con el uso de circuito semicerrado y semiabierto. Siendo éstos cuando menos 10 veces más altos que los valores permisibles por la NIOSH¹⁷; en tanto que, cuando se manejaron 2 actos quirúrgicos bajo anestesia general inhalatoria, la contaminación alcanzada con el circuito semiabierto fue más importante.
- 2.- Las concentraciones sanguíneas de halotano en el personal que integra el equipo quirúrgico son similares, y son más altas cuando se utiliza el circuito semiabierto. Sin embargo, en ambos casos, (con el uso de uno u

otro circuito), la concentración se encuentra por arriba de los niveles permisibles incluso para el medio ambiente.

REFERENCIAS

1. Goodman A, Goodman S, Rall T, Murad F. Las bases farmacológicas de la terapéutica. En: Marshall B, Bollman H. Anestesia General 3a. Ed. Queretaro. Qro. Ed. Panamericana 1986; pp 276-297
2. Sucklin C.W. Some Chemical and physical in the development of Fluothane. *Br J Anaesth* 1956;29: 466-472.
3. Robson JF, Guilles DM. Fluotane (Halothane in closed circuit anaesthesia). *Anesthesiology* 1959;20:251-253
4. Leor H, Lorenzana M, Melfman E, Zepeda E. Contaminación y costos de operación en anestesia pediátrica con el uso de 2 circuitos anestésicos: Circuito cerrado vs Circuito semiabierto. *Rev Mex Anest*. 1987;10:135-146.
5. Granados TS. Contaminación por anestésicos halogenados durante el uso de 3 circuitos anestésicos. *Rev Mex Anest*. 1986; 9:159 - 167.
6. Femstanding LL. Trace concentrations of anesthetic gases: A critical review of their disease potential. *Anesth Analg* 1978;57:328-345
7. A national study. Occupational disease among operating room personnel. Report of ad hoc committee on the effect of trace anesthetics on health of operating room personnel. American Society of Anesthesiologists. *Anesthesiology* 1974;41:321-340
- 8.- Tulli C. Livelli di contaminazione de gas anestetici nelle sale operatorie. *Min Anest* 1982;48:243-250.
9. Bruce DL, Eide KA, Linde HW, Eckenhoff JE. Causes of death among Anesthesiologists. A 20-year survey. *International Anesthesiology Clinics* 1981;29:565-569
10. Azar I. Anesthetic gas spillage and scavenging. *International Anesthesiology Clinics*. 1981;19:149-163
11. Corbett T, Cornell RG. Incidence of cancer among Michigan Nurse Anesthetists. *Anesthesiology* 1973;38:260-263
12. Cohen EN, Belvill JM, Brown BW. Anesthesia, Pregnancy and Anesthetists. *Anesthesiology* 1971;35:343-347
13. De Lille FR. Contaminación ambiental en la sala de operaciones y sus consecuencias para el anestesiólogo y personal que labora en ellos. *Rev Mex Anest* 1985;8:121-124.
14. Linde H. Causes of Death among Anesthesiologists 1930-1946. *Anesth Analg* 1981;60:1 - 7.
15. Duvaldestin P. Halothane Biotransformation in Anesthetists. *Anesthesiology* 1979;51:41-46.
16. Munguia FV. Contaminación de quirófano por halotano y óxido nítrico en el Centro Hospitalario «20 de Noviembre». *Rev Mex Anest* 1982;5:73 - 78 .
17. Murray WJ, Fleming P. Patient exposure to residual fluorinated anaesthetic agent in anesthesia machine circuits. *Anaesth Analg* 1973; 52:23 - 26.
18. Nicholson JA, Tsuneo S, Aldrete JA. Residual halothane, patient and personal exposure. *Anesth Analg*. 1975;54:449 - 459.
19. Prado BS, Mendoza FV, Becerra MM, Castillo VF, Irigoyen M, Perez TL. Alteraciones Hepáticas e Inmunológicas en Anestesiólogos producidas por residuos de anestésicos inhalatorios. *Rev Mex Anest* 1985; 8:115 - 120.
20. Garcia M. El Sistema Internacional de Unidades en la Práctica Médica. *Rev Fac Med (UNAM)* 1983; 26:376 - 399.
21. Hallen B, Ehner SM, Thomasson M. Measurements of Halothane in the atmosphere of an operating theatre and in expired air and blood of personal During Routine anaesthetic work. *Acta Anesth Scandinav* 1970; 14:17 - 27.