

# Control ambiental y biológico de una población expuesta a isoflurano en el quirófano

J.A. Tortosa Serrano<sup>a</sup>, J. Hernández-Palazón<sup>a</sup>, C. Prado Burguete<sup>\*.b</sup>, I. Ibarra Berrocal<sup>\*\*c</sup>, A. Luna Maldonado<sup>\*\*\*.d</sup> y J.F. Perriago Jiménez<sup>\*.\*\*\*\*e</sup>

Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia. \*Gabinete de Seguridad y Salud Laboral. Murcia. \*\*Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica. Universidad de Murcia. \*\*\*Departamento de Toxicología y Medicina Legal. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia.

## Resumen

**OBJETIVOS.** El objetivo principal de nuestro estudio fue cuantificar los niveles de exposición a isoflurano de una población laboralmente expuesta, así como establecer la correlación entre las concentraciones de isoflurano en el ambiente y el aire exhalado.

**MATERIAL Y MÉTODOS.** Se analizaron 178 muestreos a 60 trabajadores de los quirófanos de nuestro hospital, de ambos sexos. Para el control ambiental de la exposición utilizamos muestreadores pasivos por difusión, mientras que para el control biológico (isoflurano en el aire exhalado) empleamos tubos de absorción estándar para la captación del aire exhalado. Los vapores retenidos se desorbieron térmicamente y se analizaron en un cromatógrafo de gases.

**RESULTADOS.** El rango de la concentración ambiental de isoflurano estaba comprendido entre 1,14 y 157,23 mg/m<sup>3</sup>, siendo su media geométrica de 16,23 mg/m<sup>3</sup>. El rango de la concentración de isoflurano en el aire exhalado estaba comprendido entre 0,15 y 26,09 mg/m<sup>3</sup>, siendo su media geométrica de 2,85 mg/m<sup>3</sup>.

La correlación hallada entre la concentración ambiental y el aire exhalado de isoflurano demostró un grado de asociación fuerte ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,0001$ ). La recta de regresión está determinada por la ecuación: logaritmo de la concentración de isoflurano en aire exhalado =  $-0,69 + 0,95$  logaritmo de la concentración ambiental de isoflurano.

**CONCLUSIONES.** Los niveles de exposición medios de isoflurano, tanto en el ambiente como en el aire exhalado, hallados en nuestro estudio superaron las concentraciones máximas permisibles para halogenados recomendadas por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); sin embargo, no superan las concentraciones establecidas por las autoridades suizas para

este agente. La cuantificación de las concentraciones de isoflurano, y en general de anestésicos inhalatorios, en el aire ambiental (control ambiental), complementada con los índices biológicos (control biológico) de las mismas, son determinaciones imprescindibles y necesarias para un control adecuado de las medidas anticontaminación utilizadas en los quirófanos.

### Palabras clave:

Contaminación ambiental; isoflurano. Exposición laboral. Monitorización biológica; aire exhalado.

Atmospheric and biological monitoring of operating room exposure to isoflurane

## Summary

**OBJECTIVE.** To measure the level of occupational exposure to isoflurane in the operating room, and to determine the relation between isoflurane concentration in atmospheric and exhaled air.

**PATIENTS AND METHODS.** One hundred seventy-eight samples were obtained from 60 male and female subjects who work in the operating room of our hospital. To monitor workplace exposure we used passive diffusion samplers. Biological monitoring (isoflurane in exhaled air) was accomplished with standard adsorption tubes to collect exhaled air samples. Gases were thermally separated and analyzed by gas chromatography.

**RESULTS.** Atmospheric isoflurane concentrations ranged between 1.14 and 157.23 mg/m<sup>3</sup> (geometric mean 16.23 mg/m<sup>3</sup>). Exhaled isoflurane concentrations ranged from 0.15 to 26.09 mg/m<sup>3</sup> (geometric mean 2.85 mg/m<sup>3</sup>).

Atmospheric and exhaled isoflurane concentrations were strongly related ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.0001$ ). Linearity was determined by the following equation: log of exhaled isoflurane concentration =  $-0.69 + 0.95$  log of atmospheric isoflurane concentration.

**CONCLUSIONS.** The concentrations of isoflurane in atmospheric and exhaled air found in our study exceed the maximum levels for halogenated gases recommended by the National Institute for Occupational Safety and Health, although they do not exceed the levels stipulated by Swiss authorities. In order to adequately assess opera-

<sup>a</sup>Facultativo especialista de área. <sup>b</sup>Inspectora de Seguridad y Salud Laboral. <sup>c</sup>Licenciado en Ciencias Químicas. <sup>d</sup>Catedrático de Medicina Legal y Toxicología. <sup>e</sup>Jefe del Servicio de Medicina Laboral e Higiene Industrial y Profesor asociado de Medicina Legal y Toxicología.

Correspondencia: Dr. J.A. Tortosa Serrano.  
Ricardo Gil, 26, 2.º B. 30002 Murcia.

Aceptado para su publicación en marzo de 1998.

ting room antipollution measures, atmospheric and biologic monitoring of isoflurane and other inhaled anesthetic gas concentrations is necessary.

*Key words:*

Atmospheric pollution: isoflurane. Occupational exposure. Monitoring, biological: exhaled air.

## Introducción

La exposición crónica a residuos de anestésicos inhalatorios del personal que trabaja en las zonas quirúrgicas es motivo de preocupación para técnicos de prevención, higienistas y trabajadores de la sanidad. Es evidente que el aire del quirófano y de las zonas adyacentes (reanimación y salas de despertar) contiene cantidades medibles de gases y vapores anestésicos que anestesiólogos, cirujanos, enfermeros y demás personal sanitario inhalan y retienen durante algún tiempo. Debido a las características farmacocinéticas de algunos anestésicos inhalatorios (lenta eliminación), se origina la acumulación de cantidades significativas de los mismos en el organismo durante un período de tiempo largo, con posibles repercusiones sobre la salud<sup>1</sup>.

Frederick Hewitt, en 1893, fue el primero que comunicó el ambiente desagradable en las salas de operaciones no ventiladas debido a la existencia de gases anestésicos en el ambiente<sup>2</sup>. En 1949, Wertham describió que el personal de los quirófanos mal ventilados presentaban cefaleas, depresiones, anorexia, fatiga excesiva y pérdida de memoria, signos y síntomas que desaparecían cuando se ausentaban del quirófano o cuando se efectuaba una ventilación adecuada<sup>3</sup>.

En 1967, Vaisman<sup>4</sup> sugirió por primera vez la posible relación entre la sintomatología presentada por los anestesiólogos (incidencia anormalmente alta de cefaleas, fatiga, irritabilidad, náuseas, prurito, mayor número de abortos espontáneos, anomalías congénitas en sus descendientes, etc.) y la contaminación ambiental en los quirófanos. Pero no atribuyó los resultados de su encuesta únicamente a la contaminación ambiental del quirófano por residuos de anestésicos inhalatorios, sino que señaló también la importancia de otros aspectos desfavorables relacionados con el trabajo del anestesiólogo, tales como jornadas prolongadas de trabajo y a veces a horas intempestivas, esfuerzo mental mantenido, condiciones inadecuadas de temperatura y humedad, etc. Posteriormente, aparecieron multitud de estudios, sobre todo retrospectivos, donde se afirmaba que las concentraciones residuales de anestésicos inhalatorios en el ambiente de trabajo eran perjudiciales para la salud del personal de quirófano<sup>5-9</sup>. Por el contrario, Moral et al<sup>10</sup> en 1988 afirmaron, en un estudio realizado en voluntarios sanos, que la inhalación de atmósferas enrarecidas con concentraciones subanestésicas de agentes halogenados tenía escasos efectos tanto en el nivel de atención como en la incidencia de reacciones sistémicas.

La magnitud de este problema no es en absoluto despreciable, ya que independientemente de su gravedad potencial no existe ninguna normativa de cumplimiento obligatorio en nuestro país relacionada con este tema, que afecta además a

un elevado número de trabajadores. En cada quirófano desarrollan su actividad profesional un promedio de 5-7 personas y, dado que existen aproximadamente unos 3.000 quirófanos en España, afecta por tanto a unos 15.000-18.000 profesionales<sup>11</sup>.

El muestreo del ambiente en el lugar de trabajo tiene por objeto evaluar la exposición de los compuestos químicos inhalados durante la jornada laboral midiendo la concentración de los contaminantes en el aire, es decir, evaluando la "dosis externa". El control biológico es una valoración de la exposición a los compuestos químicos que están presentes en el puesto de trabajo a través de medidas apropiadas del determinante o determinantes en los especímenes biológicos (sangre, aire exhalado, orina, saliva, semen, etc.) tomados al trabajador en un momento adecuado, evaluando de esta forma la "dosis interna"<sup>12</sup>.

La determinación de las concentraciones de gases o vapores residuales durante la jornada laboral en el quirófano constituiría una herramienta eficaz, para determinar la "dosis externa" de contaminación a la que están sometidos dichos profesionales<sup>13,14</sup>.

El objetivo principal de nuestro estudio fue cuantificar los niveles de exposición a isoflurano de una población laboralmente expuesta, así como establecer la correlación entre las concentraciones de isoflurano en el ambiente y el aire exhalado.

## Material y métodos

Una vez obtenida la aprobación del comité de investigación y ética de nuestro hospital, los trabajadores del área quirúrgica fueron informados del estudio dando su consentimiento por escrito todos los participantes. Los estudios de control ambiental y biológico se realizaron en los quirófanos de nuestro hospital. Se estudiaron 60 trabajadores de los quirófanos, de ambos sexos, que fueron muestreados en diversas ocasiones durante un período consecutivo e ininterrumpido de 3 meses. El total de muestreos realizados fue de 178 (población total estudiada) (tabla I). Habitualmente, los individuos estaban expuestos durante 7 h diarias a las concentraciones ambientales medidas en cada caso.

Todos los quirófanos muestreados estaban dotados de aire acondicionado, siendo la ventilación general de los mismos de 12 renovaciones de aire por hora, según las especificaciones técnicas del sistema instalado facilitadas por los servicios de mantenimiento del hospital; sin embargo, carecían de sistemas de extracción de gases o vapores anestésicos.

Muestreamos todos los quirófanos de nuestro hospital que incluían todas las especialidades quirúrgicas, excepto cirugía infantil. La anestesia balanceada fue la utilizada en todas las intervenciones. La inducción de la anestesia se realizó con fentanilo (2 µg/kg), propofol (1,5-2,5 mg/kg) y succinilcolina (1-1,5 mg/kg). La anestesia fue mantenida con óxido nitroso/oxígeno (70/30%), isoflurano, fentanilo y vecuronio. El isoflurano se administró a diferentes concentraciones según el criterio del anestesiólogo. Las concentraciones inspiratorias de isoflurano administradas por el vaporizador fueron calculadas como la media ponderada de los diferentes valores de las concentraciones suministrados a lo largo de toda la intervención, oscilando entre el 0,07 y el 1,30%.

Los quirófanos estaban dotados de respiradores volumétricos, Servo Ventilador 900 C (Siemens-Elcoma). Durante la anestesia, los pacientes fueron ventilados con volumen controlado (volumen corriente = 7-9 ml/kg y frecuencia respiratoria = 12 respiracio-

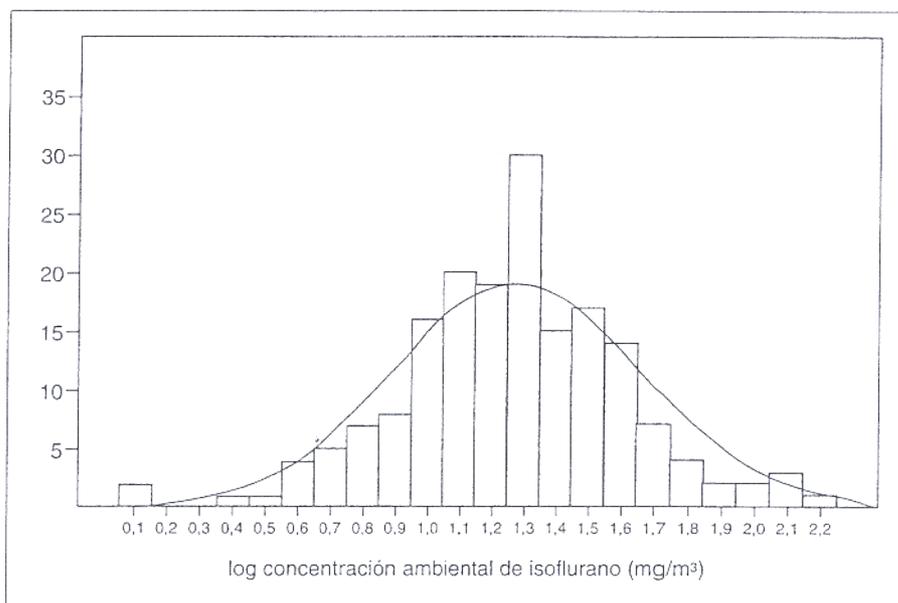


Fig. 1. Distribución de la concentración ambiental de isoflurano en la población expuesta (representada como logaritmo de dicha concentración). En el eje de ordenadas se expresa el número de individuos expuestos.

nes/min) para conseguir valores de presiones de anhídrido carbónico al final de la espiración (PETCO<sub>2</sub>) dentro del rango de la normalidad.

Para el control ambiental de la exposición a isoflurano utilizamos muestreadores pasivos por difusión (Perkin-Elmer, Beaconsfield, Reino Unido) para un sistema de desorción térmica, mientras que para el control biológico empleamos tubos de adsorción estándar para la captación de muestras de aire exhalado (ATD 50). El aire exhalado final se recogía en un tubo de Haldane-Priestley modificado<sup>15</sup> con el objetivo de retener el isoflurano que contuviera. Los vapores retenidos se desorbieron térmicamente (Perkin-Elmer ATD 50) y se analizaron directamente en un cromatógrafo de gases (Perkin-Elmer 8.700) equipado con un detector de ionización de llama.

La metodología para la evaluación del isoflurano en el aire ambiental y en el aire exhalado usando la desorción térmica y el análisis cromatográfico fue previamente desarrollada y validada en estudios previos realizados en el laboratorio con atmósferas controladas<sup>16,17</sup>.

Para realizar el muestreo ambiental se colocó un muestreador pasivo al sujeto expuesto durante todo el período de exposición; los muestreadores se situaron mediante una pinza en el bolsillo de la chaquetilla del pijama quirúrgico, estando así lo más cerca posible de las vías respiratorias. Finalizada la exposición, se cerraron herméticamente los muestreadores y se mantuvieron almacenados en un frigorífico a 4 °C hasta su análisis cromatográfico.

El procedimiento seguido para la captación de muestras de aire exhalado consistió en la realización por el trabajador de una exhalación prolongada y total, tras dos o tres respiraciones profundas y seguidas, manteniendo el aire de la última inspiración 10-15 s antes de su exhalación a través del tubo de aluminio del sistema de captación. El ritmo de esta exhalación fue lento y continuado.

Este procedimiento requirió un entrenamiento previo, realizando dos o tres experiencias antes de tomar la muestra, sirviendo éste para adecuar la velocidad de exhalación.

Una vez finalizada la exhalación, se hicieron pasar cuatro alícuotas de 50 ml cada una (200 ml) a través de un tubo adsorbente. El procedimiento descrito anteriormente se repitió 5 veces sin cambiar el tubo adsorbente, recogiendo un volumen total de aire exhalado de 1 l, que es el volumen de muestra recomendado en condiciones normales<sup>17</sup>.

TABLA I  
Datos demográficos

n	178
Sexo (V/M)	104/74
Edad (años)	33 ± 8
Peso (kg)	69,38 ± 2,1
Talla (cm)	172,6 ± 10

Valores expresados como media ± desviación estándar (DE), o número de casos, n: número de muestreos realizados.

Después de cada captación se cerraron ambos extremos del tubo para asegurar la hermeticidad del mismo. Las muestras se conservaron en el frigorífico a 4 °C hasta su análisis cromatográfico, evitando durante el transporte someterlas a temperaturas elevadas e impidiendo el contacto con productos que pudieran contener componentes orgánicos volátiles.

La captación de aire exhalado se llevó a cabo en un recinto ventilado y con total ausencia de isoflurano en el aire ambiental.

Los análisis estadísticos realizados fueron el test de ajuste a la normalidad, la regresión lineal simple y el coeficiente de correlación entre las variables concentración ambiental y en el aire exhalado de isoflurano. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas los valores de  $p < 0,05$ .

## Resultados

En todos los muestreos realizados se detectaron concentraciones de isoflurano en el ambiente. La distribución de las concentraciones de isoflurano en el ambiente y en el aire exhalado se indica en las figuras 1 y 2, y los valores se representan como logaritmo de las concentraciones con el fin de ajustar estas variables a una distribución normal. Es bien conocido que las concentraciones ambientales de los contaminantes químicos se distribuyen de forma logarítmico-normal a lo largo del tiempo, tanto en ambientes cerrados como abiertos<sup>13,18</sup>.

El rango de la concentración ambiental de isoflurano estaba comprendido entre 1,14 y 157,23 mg/m<sup>3</sup>, siendo su me-

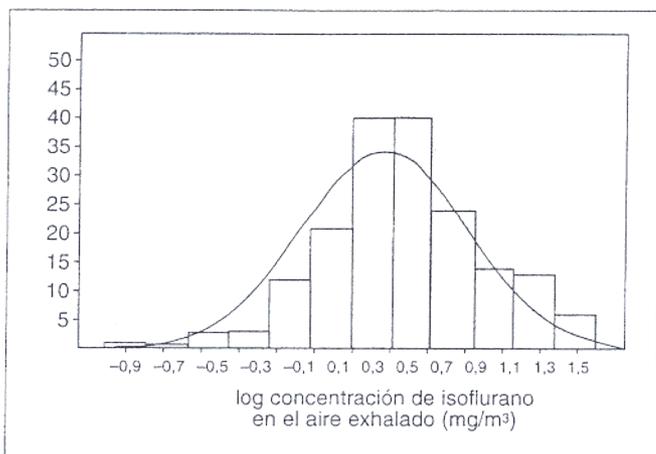


Fig. 2. Distribución de la concentración en el aire exhalado de isoflurano en la población expuesta (representada como logaritmo de dicha concentración). En el eje de ordenadas se expresa el número de individuos expuestos.

TABLA II  
Resultados de la concentración ambiental y en el aire exhalado de isoflurano

	Concentración ambiental de isoflurano (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración de isoflurano en el aire exhalado (mg/m <sup>3</sup> )
Media	22,24	4,31
Mediana	16,62	3,03
Media geométrica	16,23	2,85
Desviación estándar geométrica	2,23	2,51
Rango	1,14-157,23	0,15-26,09

dia geométrica de 16,23 mg/m<sup>3</sup>. El rango de la concentración de isoflurano en el aire exhalado estaba comprendido entre 0,15 y 26,09 mg/m<sup>3</sup>, siendo su media geométrica de 2,85 mg/m<sup>3</sup> (tabla II).

Se estudió la relación existente entre la concentración de isoflurano en el ambiente y la hallada en el aire exhalado, con el fin de establecer la influencia o el grado de asociación entre las mismas. La correlación encontrada entre estas dos variables demostró un grado de asociación fuerte ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,0001$ ). En la figura 3 se representa la recta de regresión obtenida y su correspondiente ecuación: logaritmo de la concentración de isoflurano en el aire exhalado =  $-0,69 + 0,95$  logaritmo de la concentración ambiental de isoflurano.

### Discusión

En la actualidad, los indicadores más utilizados para contrastar las concentraciones de sustancias que se encuentran en el aire ambiental son los valores TLV (*threshold limit values*) o valores límite umbral que representan los límites superiores de concentración de una sustancia fijados, en función del tiempo de exposición, a los que puede exponerse un trabajador repetidamente sin riesgo presumible para su salud<sup>12</sup>.

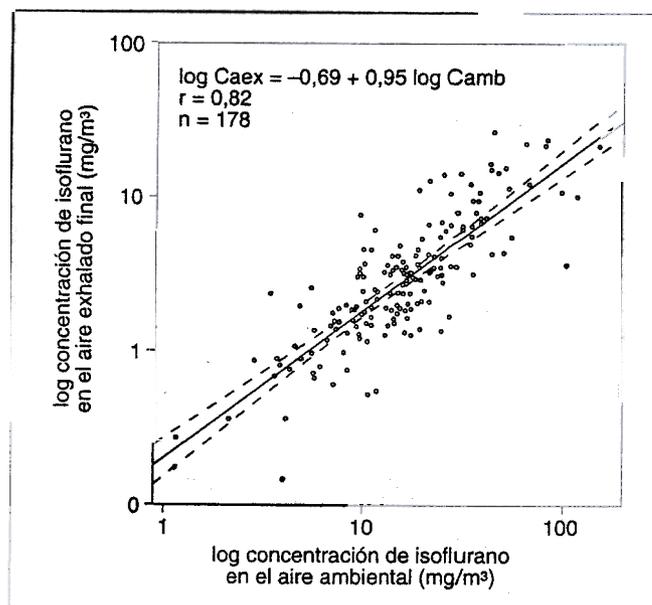


Fig. 3. Correlación lineal entre la concentración ambiental y en el aire exhalado de isoflurano en la población expuesta. Caex: concentración de isoflurano en el aire exhalado; Camb: concentración ambiental de isoflurano;  $r$  = coeficiente de correlación.

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) recomendó unas concentraciones máximas permisibles o valores límite en el ambiente para los agentes anestésicos halogenados de 15,1 mg/m<sup>3</sup> y 3,8 mg/m<sup>3</sup> si el halogenado era utilizado junto al óxido nitroso<sup>19</sup>; sin embargo, este valor no es específico para el isoflurano, ya que este estándar fue fijado en 1977 cuando no se disponía de este agente para el uso clínico. Recientemente, las autoridades suizas han recomendado un valor límite de 75,5 mg/m<sup>3</sup> para enflurano e isoflurano<sup>20</sup>.

Los resultados de isoflurano encontrados en el aire ambiente en nuestro estudio son similares a los obtenidos por Imbriani et al<sup>21</sup> en un trabajo realizado en 45 sujetos expuestos, aunque con un intervalo más restringido que oscilaba entre 2,69 y 81,3 mg/m<sup>3</sup>. Sin embargo, las concentraciones ambientales encontradas por nosotros son mayores que las determinadas por otros autores en estudios realizados en hospitales canadienses<sup>22,23</sup>. Así, en el estudio realizado por Sass-Kortsak et al<sup>22</sup>, los valores medios de las concentraciones de isoflurano ambiental determinados en distintos hospitales estaban comprendidos entre 1,8 y 22,3 mg/m<sup>3</sup>, valores inferiores a la concentración media de nuestro estudio (22,24 mg/m<sup>3</sup>). Esta diferencia es más significativa si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Rajhans et al<sup>23</sup> en 146 personas expuestas con un valor medio de 0,45 mg/m<sup>3</sup> y un rango comprendido entre 0,07 y 6,79 mg/m<sup>3</sup>. Del mismo modo, nuestros resultados fueron mayores que los determinados por Imbriani et al<sup>24</sup>, cuyo valor de la mediana de la concentración ambiental fue de 7,6 mg/m<sup>3</sup> y el rango entre 0,75 y 72,4 mg/m<sup>3</sup>.

En estos tres estudios, la recogida de muestras se realizó en los quirófanos equipados con sistemas de extracción de

anestésicos inhalatorios, lo que podría explicar las diferencias de concentraciones respecto a nuestro trabajo.

En general, los anestésicos inhalatorios se eliminan principalmente por vía respiratoria sin haber sufrido biotransformación. Por tanto, resultaría interesante el uso del aire exhalado para el control biológico de exposición o acumulación, que completaría la valoración ambiental de la exposición a vapores anestésicos. El porcentaje de biotransformación del isoflurano es sólo del 0,2%<sup>25,26</sup>; el resto se elimina sin metabolizar por el aire exhalado. Recientemente, la determinación del isoflurano en la orina ha sido propuesta como índice biológico de exposición<sup>21,24</sup>. Quizá uno de los inconvenientes de utilizar este espécimen como indicador biológico de exposición es que la muestra de orina debería ser recogida 4 h después de finalizar la jornada laboral.

El 95% del isoflurano inhalado es eliminado inmediatamente sin metabolizar en el aire exhalado, por lo que teniendo una metodología adecuada, éste sería un espécimen adecuado para obtener un buen indicador biológico de exposición, con la ventaja respecto a la orina de realizarse la toma de aire exhalado al trabajador expuesto inmediatamente después de finalizar la jornada laboral.

La eliminación alveolar de los compuestos orgánicos por vía respiratoria tiene una fase de eliminación rápida seguida de una más lenta. En nuestro estudio, el muestreo del aire exhalado fue realizado después de la primera fase, evitando así la imprecisión causada por las variaciones rápidas en la concentración en esta fase<sup>1</sup>.

El control biológico se debe considerar complementario del ambiental. Se debe realizar cuando ofrezca ventaja sobre el uso aislado del ambiental. El control biológico debe usarse para complementar el muestreo ambiental y comprobar la eficacia del equipo de protección personal, para determinar el grado de absorción por vía dérmica, respiratoria o gastrointestinal, o para detectar la exposición no laboral<sup>11</sup>.

La buena correlación obtenida ( $r = 0,82$ ) entre la concentración de isoflurano ambiental y en el aire exhalado nos ha permitido calcular un valor límite biológico correspondiente a un valor límite ambiental. El valor límite biológico que nosotros proponemos para evaluar la exposición ocupacional a isoflurano es de 0,73 mg/m<sup>3</sup> (para una concentración ambiental de 3,8 mg/m<sup>3</sup> y 8 h de exposición) o 12,3 mg/m<sup>3</sup> (para una concentración ambiental de 75,5 mg/m<sup>3</sup>).

Coincidimos con otros autores<sup>13,27,28</sup> en que el grado de contaminación dependerá de numerosos factores y circunstancias, en su mayoría controlables, tales como concentraciones y flujos de anestésicos utilizados, tipo de circuito anestésico, técnica anestésica, utilización de dispositivos que eliminan los anestésicos del ambiente (sistemas de extracción de gases y sistemas de ventilación propios del quirófano), etc.

En nuestro hospital, en el momento de la realización del estudio, se dieron unas condiciones de trabajo que favorecieron un mayor grado de contaminación debido a que realizamos anestésias generales con respiradores antiguos sin posibilidad de trabajar con circuitos cerrados o bajos flujos; además, los quirófanos carecían de sistemas de extracción de residuos anestésicos. Estos son, quizá, los motivos por

los que los niveles de exposición medios de isoflurano, tanto en el ambiente como en el aire exhalado, hallados en nuestro estudio superaron las concentraciones máximas permisibles recomendadas por el NIOSH para halogenados en general, aunque siempre por debajo de los valores límite establecidos por las autoridades suizas para este agente.

Así pues, la cuantificación de las concentraciones de isoflurano, y en general de anestésicos inhalatorios, en el aire ambiental (control ambiental), complementada con los índices biológicos (control biológico) de las mismas, son determinaciones imprescindibles y necesarias para un control adecuado de las medidas anticontaminación utilizadas en los quirófanos, tales como la utilización de sistemas de extracción de gases, la ventilación general con renovación o tratamiento del aire y funcionamiento permanente, las revisiones periódicas de los aparatos de anestesia, la modificación de la técnica anestésica, la utilización de flujos de gases anestésicos ajustados a las necesidades del paciente (evitando flujos excesivos), la formación adecuada de los profesionales y la aplicación de programas de mantenimiento<sup>23,29-31</sup>.

#### Agradecimiento

Queremos dar las gracias a todo el personal que voluntariamente ha participado en este estudio, anesthesiólogos, cirujanos y enfermeros de los quirófanos del Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, así como manifestar nuestro agradecimiento al Gabinete de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Murcia por el análisis de las muestras.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Tortosa JA. Control ambiental y biológico de una población expuesta a isoflurano en quirófano [tesis doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia, 1995.
2. Lecky JH. Problemas que plantean los niveles residuales de anestésicos. En: Orkin FK, Cooperman LH, editores. Complicaciones en anesthesiología. Barcelona: Ed. Salvat, S.A., 1986; 717-734.
3. Wertham H. Beitrag zur chronischen ather intoxication der chirurgien. Beitr Klin Chir 1949; 178: 149-151.
4. Vaisman AI. Working conditions in the operating room and their effect on the health of anesthetists. Eksp Khir Anesteziol 1967; 3: 44-49.
5. Cohen EN, Bellville JW, Brown BW. Anesthesia, pregnancy and miscarriage: a study of operating room nurses and anesthetists. Anesthesiology 1971; 35: 343-347.
6. American Society of Anesthesiologists. Occupational disease among operating room personnel: a national study. Report of an ad hoc committee on the effect of trace anesthetics on the health of operating room personnel. Anesthesiology 1974; 41: 321-340.
7. Corbett TH. Cancer and congenital anomalies associated with anesthetics. Ann NY Acad Sci 1976; 271: 58-66.
8. Speence AA, Cohen EN, Brown BW, Knill-Jones RP, Himmelburger DU. Occupational hazards for operating room-based physicians. JAMA 1977; 238: 955-959.
9. Tomlin PJ. Health problems of anesthetists and their families in the West Midlands. Br J Med 1979; 1: 779-784.
10. Moral V, Blanco D, Pérez R, Torras J, De Ferrer JM, Recio J. Toxicidad profesional secundaria a los anestésicos inhalatorios. Rev Esp Anesthesiol Reanim 1988; 35: 199-204.
11. Rouco MI, Renedo J, Moral V, Pérez JA. Criterios para evaluar la contaminación por agentes anestésicos de áreas quirúrgicas. Todo Hosp 1995; 117: 41-56.
12. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLV®, valores límite e índices biológicos de exposición para 1993-1994. Valencia: Consellería de Trabajo y Asuntos Sociales de la Generalitat Valenciana, 1993; 13-76.

13. De Luna MJ, Álvarez S, Gascó MC. Riesgo profesional del anestesiólogo. Fluotano en la atmósfera del quirófano y medios para su eliminación. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1979; 26: 483-506.
14. Unceta-Barrenechea B, Vicinay S, Garrán B, Serna A, Seoane A. Exposición laboral del anestesiólogo al óxido nítrico y halotano. Medidas de control. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1989; 36: 267-275.
15. Periago JF, Luna A, Morente A, Zambudio A. Design and evaluation of the exhaled breath sampler for biological monitoring of organic solvents. *J Appl Toxicol* 1992; 12: 91-96.
16. Prado C, Periago JF, Ibarra I, Tortosa JA. Evaluation of isoflurane in air by thermal desorption-gas chromatography. *J Chromatogr A* 1993; 657: 131-137.
17. Periago JF, Prado C, Ibarra I, Tortosa JA. Application of thermal desorption to the biological monitoring of organic compounds in exhaled breath. *J Chromatogr A* 1993; 657: 147-153.
18. Jahr J. Calculations for workplace measurements and other data with a lognormal distribution. *Staub Reinhalt Luft* 1987; 47: 153-156.
19. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors. DHEW publication n.º 77-140. Washington, DC, 1977.
20. Meier A, Jost M, Rügger M, Knutti R, Schlatter Ch. Narkosegasbelastung des personals in der kinderambulanz. *Anaesthesist* 1995; 44: 154-162.
21. Imbriani M, Ghittori G, Pezzagno E, Capodaglio E. Evaluation of exposure to isoflurane (forane): environmental and biological measurements in operating room personnel. *J Toxicol Environ Health* 1988; 25: 393-402.
22. Sass-Kortsak AM, Purdham JT, Bozek, Murphy JH. Exposure of hospital operating room personnel to potentially harmful environmental agents. *Am Ind Hyg Assoc* 1992; 53: 203-209.
23. Rajhans GS, Brown DA, Whaley D, Wong L, Guirguis SS. Hygiene aspects of occupational exposure to waste anaesthetic gases in Ontario hospitals. *Ann Occup Hyg* 1989; 33: 27-45.
24. Imbriani M, Ghittori G, Pezzagno E, Capodaglio E. Anesthetic in urine as biological index of exposure in operating room personnel. *J Toxicol Environ Health* 1995; 46: 249-260.
25. Holaday DA, Fiserova-Bergerova V, Latta IP, Zumbiel MA. Resistance of isoflurane to biotransformation in man. *Anesthesiology* 1975; 43: 325-332.
26. Eger EI II. Isoflurane (forane): a compendium and reference. Anaquest, Madison, Wisconsin: Ohio Medical Products, 1981.
27. Alepuz R, Montero R, Galván A. Nuevo sistema automático para eliminación de gases y vapores anestésicos. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1985; 32: 17-20.
28. Unceta-Barrenechea B, Serna A, Garrán B, Vicinay S, Seoane A. Determinación de las concentraciones subanestésicas de halotano en el ambiente de los quirófanos y salas de despertar. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1989; 36: 171-173.
29. Lecky JH. The mechanical aspects of anesthetic pollution control. *Anesth Analg* 1977; 56: 769-774.
30. Sass-Kortsak AM, Wheeler IP, Purdham. Exposure of operating personnel to anaesthetic agents: an examination of the effectiveness of scavenging systems and the importance of maintenance programs. *Can Anaesth Soc J* 1981; 22-28.
31. Imberti R, Preseglio I, Imbriani M, Ghittori S, Cimino F, Mapelli A. Low flow anaesthesia reduces occupational exposure to inhalation anaesthetics. Environmental and biological measurements in operating room personnel. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995; 39: 586-591.

### Nota de la redacción

El Artículo Especial "Bases anatómicas del bloqueo axilar continuo del plexo braquial con reservorio torácico" de M.V. Ribera Canudas, P. Golanó Álvarez, S. Suso Vergara y M. Jornet-Ballo (*Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1998; 45: 141-147) fue el ganador del I Premio B. Braun en anestesia regional.