

NTP 141: Exposición laboral a gases anestésicos

Occupational Exposure to Anesthetic Gases
Exposition professionnelle aux gaz anesthésiques

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Actualizada por la NTP 606.
Complementada por la NTP 932 y 933.

Redactores:

Xavier Guardino Solá
Doctor en Ciencias Químicas

María Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

La exposición a gases anestésicos es un ejemplo característico de contaminación no biológica en hospitales. La presencia de concentraciones elevadas de gases o vapores anestésicos en el aire ambiente de los quirófanos, salas de reanimación, etc., es habitual sobre todo en aquellos casos en que no se emplean medidas para evitar que ello ocurra. Los riesgos que para la salud presenta esta exposición son motivo de amplia controversia, aunque por ser técnicamente sencillo es aconsejable tomar medidas para reducir la concentración ambiental de los mismos.

Introducción

En la década de 1840-1850 se inició la utilización de anestésicos inhalatorios. Los primeros en emplearse fueron el éter dietílico, el óxido nitroso y el cloroformo. Muchos años más tarde (1930-1940) se introdujeron como anestésicos el ciclopropano y el tricloroetileno y en la década 1950-1960 se empezaron a utilizar el fluoroxeno, halotano y metoxifluorano. En los últimos años han aparecido en el mercado el enflurano y el isofluorano. Todos ellos, con excepción del éter dietílico, óxido nitroso y ciclopropano son hidrocarburos o éteres halogenados.

En la actualidad los compuestos más utilizados son el protóxido de nitrógeno y el halotano, con mucha diferencia con respecto a los otros por las ventajas que presenta en cuanto a su menor toxicidad y mayor seguridad en su manejo.

Tabla 1

Características Físico-químicas					
	Formula	P. Molecular	P. ab.	P.V. 20 °C	d _{vapor/aire}
Oxido nitroso (protóxido de nitrógeno)	N ₂ O	44	-88 °C	—	1.5
2-Bromo-2-cloro-1, 1,1-tri-fluoroetano (halotano, fluotano)	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{CH BrCl} \\ \\ \text{F} \end{array}$	197.4	49-50 °C	243 mmHg	6.9

Modo de empleo

El óxido nitroso y el halotano se utilizan bien conjuntamente o bien por separado, según las características de la anestesia que se quiera obtener, las del paciente y los hábitos de trabajo de las personas que los administran.

Las concentraciones utilizadas normalmente son del 50-60% de óxido nitroso (el resto suele ser oxígeno) y hasta un 2 o 3% de halotano. El caudal ventilatorio aplicado al paciente se halla normalmente entre 4 y 5 l/min.

Una parte del oxígeno y de los gases anestésicos que lo acompañan es asimilada por el paciente mientras que el resto va a parar directamente al ambiente o retorna al respirador, donde puede ser recirculado previa depuración, expulsado al ambiente o aspirado por una fuente de vacío (scavenger).

La recirculación (circuito cerrado) no es un procedimiento habitual y, por otro lado, hay pocos respiradores con aspiración por lo que, en la mayoría de los casos, los gases anestésicos residuales (exhalados) pasan al ambiente del quirófano.

Personal expuesto

El colectivo de trabajadores expuesto profesionalmente a gases anestésicos es elevado, puesto que no se trata solamente del personal especializado en anestesia, sino que también hay que considerar las otras personas que concurren en el quirófano (cirujanos, ayudantes técnicos sanitarios y auxiliares), así como a dentistas que practiquen intervenciones odontológicas, al personal de salas de partos y también a los cirujanos veterinarios. Asimismo, se detecta la presencia de gases anestésicos en salas de reanimación, exhalados por los pacientes que se hallan en recuperación después de la anestesia.

Efectos sobre la salud

Desde la aparición en 1967 de la encuesta Vaisman (1) se han publicado un gran número de trabajos epidemiológicos que pretenden estudiar los efectos de los gases anestésicos -normalmente óxido nitroso y halotano- en las personas expuestas.

Los efectos evaluados son: Aumento de abortos espontáneos en las mujeres expuestas durante o previamente al embarazo, e incluso en mujeres de hombres expuestos, aumento de malformaciones congénitas en hijos de madres expuestas, aparición de problemas hepáticos, renales y neurológicos y de, incluso, ciertos tipos de cáncer (2).

Contemplados todos los trabajos en conjunto se podría deducir una aceptable relación entre exposición y aumento del riesgo sobre todo en los primeros efectos citados. Los trabajos publicados por Cohen (3), que realizó un estudio para la ASA (Sociedad Americana de Anestesiólogos), forman un conjunto bastante concluyente a primera vista en este sentido. Revisiones aparecidas posteriormente admiten estas correlaciones, aunque no sin una fuerte crítica a los aspectos técnicos de los muestreos realizados sobre todo en cuanto a la adecuada elección del grupo control, concentraciones a las que ha estado sometido el grupo expuesto, eliminación de falsos positivos, hábitos no controlados (tabaco y alcohol), historia ginecológica previa, infertilidad voluntaria, etc. (4-7).

Las últimas revisiones aparecidas (8,9) se muestran aún mucho más críticas, sugiriendo que para poder admitir con garantías estas relaciones exposición-efectos deberían comprobarse en nuevos estudios epidemiológicos, ya que los anteriores no pueden considerarse suficientemente válidos. Aunque por parte de la mayoría de las personas expuestas se constata una gran preocupación y un íntimo convencimiento de la existencia de una relación exposición-efecto, es muy difícil, a la luz de la información disponible hoy en día, concretar estas relaciones entre exposición y efecto cuantificable de una manera rigurosa desde el punto de vista estadístico.

Los estudios toxicológicos llevados a cabo con animales de laboratorio tampoco son concluyentes (10) si se exceptúan aquéllos que se han llevado a cabo a concentraciones anestésicas o subanestésicas. En general se puede afirmar que, con garantías, es constatable una ralentización de los procesos de desarrollo, crecimiento y aprendizaje de animales expuestos a concentraciones ambientales de anestesia equivalentes a las existentes como residuales en los quirófanos. A la vista de todo lo expuesto, y aún admitiendo que es difícil demostrar todo tipo de garantías los efectos nocivos ocasionados por la exposición laboral a gases anestésicos, desde el punto de vista de la protección de la salud es un hecho cierto que se miden concentraciones de éstos (o sus metabolitos) en aire exhalado y fluidos biológicos, por lo que deben tomarse medidas para reducir las concentraciones ambientales de gases anestésicos residuales en los quirófanos, máxime siendo ello factible.

Valores límites ambientales

Con la información disponible parece claro que no se puede hablar de niveles de seguridad. Para el óxido nitroso la ACGIH no tiene establecido ningún valor límite ambiental. NIOSH (11) propone un valor TLV-TWA de 25 ppm indicando que con la tecnología actual disponible es fácil no sobrepasar nunca los 50 ppm.

En cuanto al halotano, la ACGIH (12) para 1985-1986 tiene propuesto (no adoptado) un valor TLV-TWA de 50 ppm (400 mg/m³) para el proceso de fabricación, obtenido por comparación con los valores asignados al cloroformo y tricloroetileno y teniendo en cuenta la diferente toxicidad de estos compuestos.

En la propia documentación de los TLV (13) se hace referencia a que los valores tolerables en quirófano, donde hay probablemente también óxido nitroso, deben ser sensiblemente inferiores.

NIOSH recomienda (11) para los agentes anestésicos halogenados un límite de 2 ppm o inferior (si además hay óxido nitroso en el ambiente) señalando la posibilidad técnica de que las concentraciones ambientales estén por debajo de 0,5 ppm.

Determinación de halotano y óxido nitroso

Ambos compuestos pueden determinarse mediante monitores de lectura directa que permiten la obtención "in situ" de la concentración existente en el margen de valores habituales en quirófanos. Existen también procedimientos descritos de toma de muestra en aire y análisis para ambos compuestos.

Halotano

Su captación puede llevarse a cabo de dos maneras: mediante toma de muestra dinámica con tubo de carbón activo normalizado y aspiración con bomba personal o bien utilizando un muestreador pasivo para vapores orgánicos.

El análisis se realiza en ambos casos por Cromatografía de Gases con detector FID, siguiendo la metodología general de los

hidrocarburos halogenados. Dadas las particularidades de los puestos de trabajo a estudiar (áreas estériles controladas), el uso de muestreadores pasivos parece más adecuado.

Las características del método utilizado así como las condiciones cromatográficas se describen en la Tabla 2 (14):

Tabla 2

Determinación de halotano en aire		
Captación	Monitores pasivos para disolventes orgánicos (3 horas)	
Desorción	Desorción con S ₂ C	
Condiciones cromatográficas	Columna metálica (4 m x 1/4") de FFAP, 10% sobre Chromosorb W, AW (60-80)	
	Portador	Helio, 60 ml/min.
	Detector	FID (H ₂ : 40 ml/min; Aire: 350 ml/min.)
	Temperaturas	Columna 80 °C Detector e inyector, 150 °C
	Inyección	5 µl, tapón de disolvente
Límite de detección (1)	2 µg/muestra	
Coefficiente de variación (1)	4,2%	
Intervalo de aplicación (1)	2 µg - 30 mg/muestra	

(1) Utilizando el muestreador ORSA-5 (R)

Óxido nítrico

El óxido nítrico se capta en bolsas inertes pudiéndose analizar por Espectroscopía IR (15) o por Cromatografía de Gases con detector ECD (16).

En la tabla se resumen la características de este último método y las condiciones cromatográficas. Existen también monitores pasivos (NITROS [R]) que permiten la determinación del óxido nítrico por Espectroscopia IR, previa desorción térmica de la muestra.

Tabla 3

Determinación de óxido nítrico en aire		
Captación	Bolsas inertes (5 l.)	
Condiciones cromatográficas	Columna de vidrio (4 m x 1/4") de Porapak Q (80-100)	
	Portador	N ₂ , 35 ml/min (más 35 ml/min. auxiliar)
	Detector	ECD (50 µseg.)
	Temperaturas	Columna 60 °C Inyector 100 °C Detector 240 °C
	Inyección	1 ml
Límite de detección	1 ppm (5 ml)	
Coefficiente de variación	6,1%	
Intervalo de aplicación	1 - 3500 ppm	
Coefficiente regresión	0,992 (10-200 ppm)	

Control biológico

Aparte del control ambiental también se puede llevar a cabo un control biológico a través de la determinación del propio contaminante, o su metabolito, en aire expirado, sangre y orina (17).

La determinación del ácido trifluoroacético en sangre o en orina de personas expuestas a halotano es un procedimiento muy adecuado para la evaluación de la exposición (18).

Niveles de contaminación en quirófanos

Estudios realizados en grandes hospitales han permitido conocer los márgenes de concentraciones de halotano y óxido nítrico presentes en el aire ambiente de los quirófanos, así como corroborar la influencia de diversos factores en estas concentraciones.

Se tomaron muestras personales al anestesista o su ayudante y muestras ambientales en lugares del quirófano no cercanos a la mesa de operaciones que se consideraron representativas de la concentración a la que se hallan expuestas el resto de personas que se encuentran en la sala de operaciones. Los márgenes de concentraciones observados coinciden con los que se describen en la bibliografía (11) para quirófanos no equipados con sistemas de eliminación de gases residuales: 178-3847 ppm de N₂O y < 0.1-23 ppm de halotano para muestras ambientales y 0.447.8 ppm de halotano para muestras personales.

En la tabla 4 se exponen los valores promedios ambientales de óxido nítrico y halotano determinados en dos instituciones sanitarias de diferente estructura. En A se trata de un hospital antiguo con quirófanos descentralizados en los diferentes servicios, una parte de los cuales han sido renovados recientemente. B es un hospital relativamente nuevo que tiene centralizados los quirófanos en 3 zonas. Se observa manifiestamente (los resultados son significativos) que los quirófanos nuevos de A presentan valores mucho más bajos que los antiguos, mientras que en B cada bloque quirúrgico presenta valores diferentes atribuibles probablemente al diferente funcionamiento del aire acondicionado en cada uno de ellos.

Tabla 4

Concentraciones ambientales promedio (ppm) de óxido nitroso y halotano			
		\bar{X}_{N_2O}	$\bar{X}_{\text{halotano}}$
Hospital A	Quirófanos antiguos	1939	10.0
	Quirófanos nuevos	581	2.3
Hospital B	Bloque quirúrgico 1	562	3.0
	Bloque quirúrgico 2	1523	6.4
	Bloque quirúrgico 3	1139	4.3

(1) Valores significativos $P < 0.01$ (2) Id. $P < 0.05$

Se ha constatado la influencia del tipo de circuito empleado: cerrado, semicerrado o abierto.

La diferenciación entre semicerrado y abierto se ha hecho en función del modelo de respirador empleado, considerándose «semicerrado» el sistema de trabajo habitual en los modelos tipo BoyleCyclator (R).

La concentración más baja observada se dio utilizando el circuito cerrado, aunque por tratarse de una sola muestra queda excluida de un análisis de homogeneidad. La comparación entre los sistemas semicerrado y abierto es significativa.

Tabla 5

Concentraciones ambientales residuales de anestésicos según el tipo de circuito anestésico empleado		
	ppm (coef. var.)	
	Halotano	Oxido nitroso
Cerrado	0.5 (—)	430 (—)
Semicerrado	2.4 (14%)	1045 (19%)
Abierto	3.5 (23%)	1416 (19%)

(1) Valores significativos $P < 0.05$

Otro factor a tener en cuenta es la concentración de anestésico empleada en las intervenciones de larga duración.

En la tabla 6 se resumen los valores obtenidos para el halotano.

Para el óxido nitroso los resultados no han sido significativos, probablemente por el escaso margen de variación de las concentraciones suministradas.

Tabla 6

Relación Conc. suministrada/Conc. ambiental de halotano	
Conc. suministrada	Conc. ambiental
< 1%	3.7 (18%)
\geq 1%	5.8 (17%)

(1) Valores significativos $P < 0.05$

La proximidad al foco de emisión es otro factor que influye en la exposición al anestésico. En la tabla 7 se observan los resultados comparativos entre las medidas efectuadas en el foco de emisión (respirador), al lado del mismo (muestra personal del anestesista) y en un lugar alejado de la mesa de operación (ambiental). Como es obvio, la concentración promedio de halotano disminuye al alejarse el punto de muestreo del foco de emisión.

Tabla 7

Concentraciones de halotano relativas a la muestra personal promedio	
Respirador	2.7
Personal anestesista	1.0
Ambiental	0.68

(1) Valores significativos $P < 0.01$

En la figura 1 se observa cómo evoluciona de manera diferente la concentración de óxido nitroso residual en un mismo quirófano cuando el sistema de eliminación de gases residuales funciona correctamente a lo largo de una intervención (1-A), cuándo funciona incorrectamente o es desconectado (1-B) y, en este caso, pero con una ventilación adecuada del quirófano, previa y durante la experiencia (1-C). Es evidente que combinando una buena ventilación general (con renovación de aire) con el empleo correcto de un sistema de eliminación de gases residuales por aspiración al vacío, se mantienen concentraciones ambientales de gases anestésicos bajas.



Figura 1-A

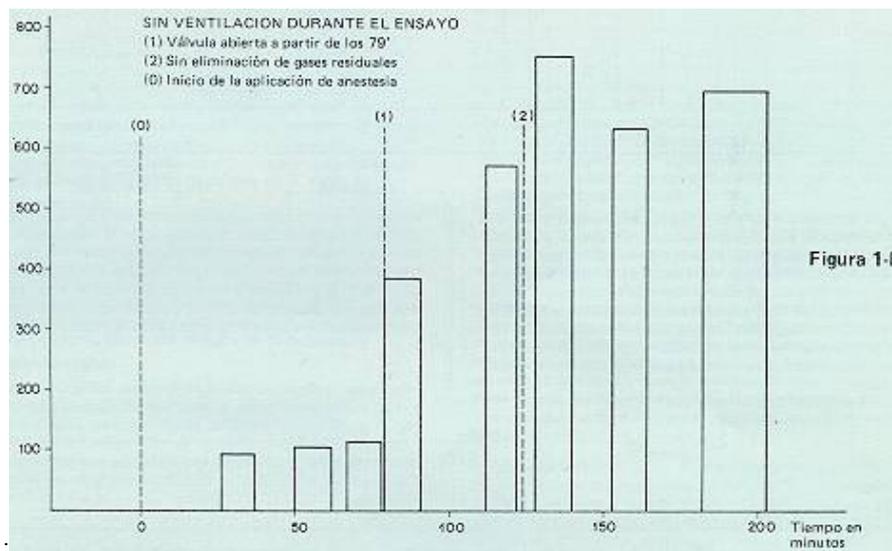


Figura 1-B

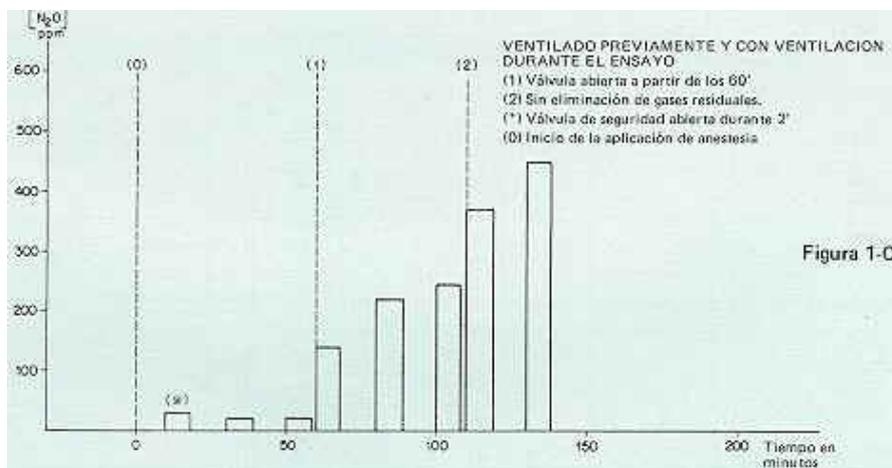


Figura 1-C

Otro aspecto a tener en cuenta es la presencia de concentraciones de fondo en el aire ambiental del quirófano antes de iniciar una intervención. Mediciones efectuadas antes del inicio de la jornada han dado valores de hasta 200 ppm de N₂O por ventilación defectuosa o bien porque no ha estado en funcionamiento. Este aspecto se agrava cuando en un mismo quirófano se efectúan varias intervenciones consecutivas. Al cesar la aplicación de anestesia inhalatoria la concentración ambiental disminuye lentamente si la ventilación del quirófano no es buena, por lo que al iniciar nuevamente la aplicación de anestesia se alcanzarán rápidamente concentraciones elevadas como se observa en la figura 2.

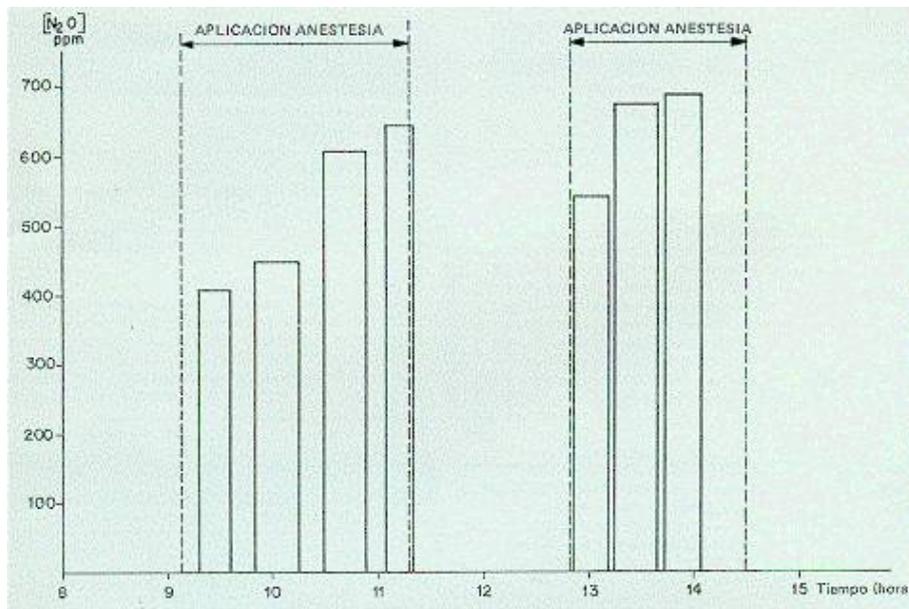


Fig. 2

Comentarios

La presencia de gases anestésicos residuales en el aire ambiente de los quirófanos y demás lugares donde se utilizan es un hecho demostrado, dependiendo la concentración a la que se hallan de una serie de factores que se resumen en la tabla 8.

La actuación sobre estos factores nos permitirá una reducción de las concentraciones presentes hasta valores bajos. Desde el punto de vista técnico, hay dos acciones básicas en este sentido: La eliminación de los gases residuales en el mismo foco de emisión mediante aspiración al vacío (scavenging) y la ventilación general del quirófano con renovación o tratamiento del aire.

Para la eliminación de gases residuales existen diferentes procedimientos basados la mayoría de ellos en la aspiración por vacío (6,11,19,20). En la aplicación de estos procedimientos se toman siempre una serie de precauciones para evitar que puedan producirse alteraciones en el ritmo respiratorio del paciente, por lo que suelen estar equipados con diferentes medidas de seguridad. La apertura innecesaria de las mismas provoca la ineficacia del sistema, por lo cual debe procederse a controles periódicos para regular su buen funcionamiento.

Un complemento básico a la extracción localizada es la ventilación general del local con renovación o tratamiento del aire. La combinación de ambos sistemas junto con revisiones periódicas del respirador y el circuito, una concienciación frente al problema y controles periódicos, entre otras medidas (tabla 9) permitirán obtener unas condiciones de calidad de aire ambiental adecuadas sin coste excesivo.

Tabla 8: Factores que afectan a la presencia de gases anestésicos residuales en aire

Factores que afectan a la presencia de gases anestésicos residuales en aire
TIPO DE ANESTESIA (Máscara o intubación).
TIPO DE CIRCUITO (con o sin reinspiración).
FLUJOS Y CONCENTRACIONES DE ANESTESICOS UTILIZADOS
FACTORES PROPIOS DEL QUIROFANO (Ventilación, volumen, nivel de renovación de aire)
FACTORES PROPIOS DEL INSTRUMENTO (Fugas, envejecimiento, conexión a una fuente de vacío para eliminación)
FACTORES PROPIOS DEL ANESTESISTA (Utilización inadecuada, falta de mantenimiento, despreocupación del problema)

Tabla 9: Recomendaciones

Recomendaciones
• Utilización de sistemas de eliminación de gases residuales (scavenging).
• Ventilación general con renovación o tratamiento de aire y funcionamiento permanente.
• Revisiones periódicas de los aparatos anestésicos: Búsqueda de fugas, sustitución de filtros y comprobación de los sistemas de eliminación.
• Formación del personal.
• Consideración de los gases anestésicos como tóxicos laborales.
• Controles ambientales y biológicos.

Bibliografía

- (1) VAISMAN, A. I.
 Experimentalneya Khirurgiya 12, 44-49 (1967)

(2) CARRERAS, E.

Bibliografía sobre toxicidad de gases anestésicos usados en quirófanos
INSHT. ITB/170.83 (1983)

(3) COHEN, E. N. et al.

Anesthesiology 35, 343-347 (1971)

Idem, 41, 321-340 (1974)

J. Amer. Dent. Ass. 90, 1291-1296 (1975)

Anesthetic Exposure in the Work Place

PSG Pub. Inc. Littleton, Mass. (USA), 1980

(4) EDLING, G.

Scand J. Work Environ. Health, 6, 85-93 (1980)

(5) VESSEY, M. P., NUNN, J. F.

Br. Med. J., 281, 696-698 (1980)

(6) ZIMMERLE, J. et al.

Arch. mal. prof. 44,463-470 (1983)

(7) STOKLOV, M. et al.

Sem. Hôp. Paris 59, 2081-1087 (1983)

(8) BURNING, J. E. et al.

Anesthesiology 62, 325-330 (1985)

(9) ANNENBAUM, T. N., GOLDBERG, R. J.

J. Occup. Med. 27, 659-671 (1985)

(10) FERSTANDIG, L. L.

Anest. Analg. 57,328-345 (1978)

(11) NIOSH

Occupational Exposure to Waste Anesthetic Gases and Vapors

DHEW (NIOSH). Pub 77-140, USA (1977)

(12) ACGIH

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1985-86

ACGIH, Cincinnati, Oh. USA (1985)

(13) ACGIH

Documentation of TLV

ACGIH, Cincinnati, Oh, USA (1980 y sig.)

(14) ROSELL, M. G.

Propuesta de método analítico para la determinación del 2-bromo-2-cloro-1,1,1-trifluoroetano (halotano) en aire

INSHT. ITB/126.85 (1985)

(15) NIOSH

Nitrous Oxide. Method 6600. NIOSH Manual of Analytical Methods (3^{ed} Ed.)

DHNS (NIOSH) Pub. 84-100. Cincinnati Oh. USA (1984).

(16) GUARDINO, X., ROSELL, M. G.

Propuesta de método analítico para la determinación de protóxido de nitrógeno (N₂O) en aire por Cromatografía de Gases

INSHT. ITB/130.85 (1985)

(17) SONANDER, H. et al.

Br. J. Anesth. 55, 1225-1229 (1983)

(18) KARASHIMA, D. et al.

Biomed Mass. Spectrom. 3, 41-44 (1976)

(19) DE LUNA, M. J. et al.

Rev. Española Anest. Rean. 26, 483-506 (1979)

(20) ALEPUZ, R. et al.

Rev. Española Anest. Rean. 32, 29-30 (1985)
