

Originales

Control del Formaldehído, Xileno y Compuestos Orgánicos Volátiles mediante el Sistema Integral de Friocongelación y Fotocatalización

Prevention and Control of Formaldehyde, Xylene and Volatile Organic Compounds by Photocatalysis and Freezing Integral System

Mileida Andreina Peñalver Paolini¹, Luis Carlos Mazón Cuadrado¹, Pilar Berrocal Fernández²

1. Hospital Universitario de Fuenlabrada. Madrid. España.

2. ValoraPrevención. Madrid. España.

Recibido: 05-07-2017

Aceptado: 18-10-2017

Correspondencia:

Mileida Andreina Peñalver Paolini

Camino del Molino, 2. Fuenlabrada. CP: 28942. Madrid. España.

916006534

Correo electrónico: andreinapp0209@gmail.com

Resumen

Antecedentes: En anatomía patológica, existen variedad de agentes químicos que deben ser controlados. Por su potencial cancerígeno destacan el Formaldehído (CH₂O), Xileno y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).

Objetivo: Valorar la eficacia del uso de purificadores mediante la fotocatalización y los sistemas de friocongelación, para el control de los niveles de exposición a CH₂O, Xileno y COVs.

Objetivo Secundario: Comparar mediciones de Formaldehído con otros 3 hospitales de la Comunidad de Madrid.

Metodología: Se realizaron 26 mediciones ambientales en Anatomía Patológica del Hospital Universitario de Fuenlabrada (HUF), en febrero del año 2017 y en marzo del mismo año, posterior a la instalación de los purificadores y sistemas de friocongelación, en las áreas de laboratorio y sala de tallado. Se valora Xileno y COVs con el método PID (detector de fotoionización, PID por sus siglas en inglés, PhotoIonization Detector) y de CH₂O a través de un Sistema de Detección de Gas. Como criterio para valorar la exposición a COVs se tomó como gas de referencia el isobutileno con un VLA-EC de 100 ppm. Para el Xileno se compararon los resultados con el VLA-EC 100 ppm y para el CH₂O con el VLA-EC de 0,3 ppm, establecidos en la guía de «Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos» del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Resultados: Los niveles de exposición previos no superaban los valores límites. Se observó que tras la implantación de las medidas preventivas colectivas estos valores disminuyeron, obteniéndose resultados estadísticamente significativos: COVs (p= 0.0002; IC 95% 2.393- 5.506), Xileno (p= 0.0002; IC 95% 1.021-2.359) y CH₂O (p= 0.0004; IC 95% 0.210-0.350).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Conclusiones: El sistema integral de friocongelación y purificación mediante fotocatalización optimizan el control de la exposición a dichos agentes químicos, anulando las fuentes de emisión.

Med Segur Trab (Internet). 2017;63(249):319-30

Palabras claves: Formaldehído, xileno, compuestos orgánicos volátiles, exposición ocupacional, anatomía patológica, medidas preventivas colectivas, purificadores por fotocatalización, sistemas de frío/congelación, efectividad

Abstract

Background: In anatomical pathology, there are a variety of chemical agents that must be controlled due to their carcinogenic potential, such as formaldehyde (CH₂O), Xylene and Volatile Organic Compounds (VOCs).

Objective: To evaluate the effectiveness use of purifiers by photocatalysis and freezing systems for the control of exposure levels to CH₂O, Xylene and VOCs.

Secondary Objective: To compare the Formaldehyde measurements among other 3 hospitals in the Community of Madrid.

Methodology: 26 environmental assessments were performed in the Anatomical Pathology Department at the Hospital Universitario de Fuenlabrada (HUF, Madrid), in February 2017 and in March of the same year, after installing the purifiers and the freezing systems in the laboratory and room carved areas. Xylene and VOCs are evaluated using the PID method (Photo-Ionization Detector) and CH₂O through a Gas Detection System. As a criterion for assessing exposure to VOCs, isobutylene was used as a reference gas with a VLA-EC of 100 ppm. For Xylene the results were compared with the VLA-EC 100 ppm and for the CH₂O with the VLA-EC of 0.3 ppm, established in the guide of "Occupational Exposure Limits for Chemical Agents" from the National Institute of Occupational Safety and Health.

Results: Previous exposure levels did not exceed the limit values. It was observed that these values decreased after the implementation of collective preventive measures, obtaining statistically significant results: VOCs (p = 0,0002, 95% CI 2,393-5,506), Xylene (P = 0,0002, 95% CI 1,021-2,359) and CH₂O (p = 0,0004, 95% CI 0,210-0,350).

Conclusions: The integrated system of freeze-thawing and photocatalytic purification optimize the exposure control to these chemical agents, canceling emission sources.

Med Segur Trab (Internet). 2017;63(249):319-30

Keywords: Formaldehyde, xylenes, volatile organic compounds, occupational exposure, pathology, prevention & control, photocatalytic purifiers, cold/freezing systems, effectiveness

INTRODUCCIÓN

En los laboratorios de Anatomía Patológica existe variedad de agentes químicos que deben de controlarse, destacan el Formaldehído (CH₂O) y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs por su potencial cancerígeno. Para estos agentes no existe un nivel de exposición seguro y por lo tanto es necesario eliminar o reducir al máximo la exposición como se recomienda en el Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo¹. Es por ello que se continúan realizando estudios enfocados es implantar nuevas medidas preventivas que sean efectivas para el control de los niveles de exposición.

El CH₂O es una sustancia líquida, incolora, de olor penetrante muy soluble en agua, en la cual polimeriza rápidamente. Su disolución en agua, con adición de metanol, recibe el nombre de formol o formalina y está compuesto en un 37-40% de formalina. Tiene un punto de ebullición a los 100 grados centígrados, un pH entre 2.8 y 4.0. Es muy inflamable y puede formar atmósferas explosivas a determinadas concentraciones^{2,3}.

La vía de exposición más importante es la inhalatoria ya que se difunde rápidamente en el tracto respiratorio y también se puede absorber a través del aparato gastrointestinal y la vía dérmica⁴.

Los efectos agudos de la exposición a formaldehído son irritación a nivel del tracto respiratorio superior y de los ojos. Concentraciones de 0,5 a 2,0 partes por millón (ppm) irritan ojos, nariz y garganta, de 10-20 ppm causa dificultad respiratoria, sensación quemante a nivel de nariz, garganta y accesos de tos, de 25-30 ppm se produce daño severo que lleva a edema pulmonar y neumonitis. Por último una concentración mayor de 100 ppm puede causar la muerte⁵.

Existe una tolerancia a los efectos irritativos de la exposición al formaldehído que aparece después de 10 minutos de contacto directo sin equipos de protección individual. El desarrollo de esta tolerancia a los efectos agudos puede dar una falsa sensación de seguridad lo que puede influir en la no utilización de equipos de protección individual⁶.

Los COVs, son compuestos orgánicos constituidos fundamentalmente por carbono, que se convierten fácilmente en vapor o gas y que tienen a 20°C una presión de vapor igual o mayor a 0,01 kPas, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. En general son compuestos con puntos de ebullición que oscilan entre 50 y 260°C. El término COVs agrupa a una gran cantidad de tipos de compuestos químicos, entre los que se incluyen los hidrocarburos alifáticos y aromáticos (clorados o no), y otros compuestos como aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes⁷.

El estudio de los COVs resulta de especial relevancia debido a que dichos contaminantes juegan un papel importante en muchos de los problemas medioambientales actuales.

Los efectos de los COVs para la salud dependerán de la naturaleza de cada compuesto y del grado y del período de exposición al mismo. La exposición a estos contaminantes puede realizarse por inhalación, ingestión o contacto con la piel. La mayor parte de los estudios se refieren a contaminación en espacios interiores debido a la mayor abundancia de estos contaminantes y son menores los estudios referidos a exteriores. En general, la exposición a largo plazo a los COVs puede causar lesiones del hígado, riñones y el sistema nervioso central y cáncer. La exposición a corto plazo puede causar irritación de los ojos y las vías respiratorias, cefalea, mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náusea y trastornos de la memoria⁷.

Actualmente, una de las medidas preventivas colectivas usadas para la eliminación de los contaminantes del aire, es la filtración o purificación de aire; dentro de estos uno de los métodos más prometedores es el proceso de fotocatalisis, el cual se basa en la oxidación de compuestos indeseables presentes en el aire mediante un catalizador semiconductor, que es activado por luz de una determinada longitud de onda⁸.

La fotocatalisis en fase gas es una de las técnicas de oxidación avanzada que viene siendo investigada en los últimos 20 años para el tratamiento de aire contaminado de diverso origen. El trabajo seminal sobre fotocatalizadores de Fujishima y Honda condujo a estudios iniciales en la destrucción de compuestos orgánicos líquidos por un fotocatalizador semiconductor (TiO₂).

Los dispositivos fotocatalíticos para la purificación del aire ofrecen ventajas únicas, como:

- Descomposición de los contaminantes del aire en condiciones ambientales.
- Degradación de los contaminantes del aire en productos finales no tóxicos (CO₂ y H₂O).

Los fotocatalizadores más investigados hasta el momento han sido los óxidos semiconductores, como el TiO₂; debido a sus características superiores, como son: bajo costo, no tóxicos, alta estabilidad química y frente a la fotocorrosión y rendimiento fotocatalítico eficiente bajo luz UV ⁹.

Además de los purificadores, otra de las medidas preventivas colectivas que se está implantando, es el uso de sistemas de frío/congelación para la eliminación de los residuos y disminuir en foco de emisión. La temperatura que oscila entre 0 a -20°C impide la emisión de vapores y aerosoles en el ambiente interior, así como olores desagradables, en el punto de recogida. Otra ventaja de estos sistemas es el control de derrames accidentales en la manipulación de los contenedores de residuos, así como que se reducen los movimientos de residuos dentro del centro.

El sistema integral de frío/congelación con fotocatalisis incorporada consiste en una tecnología de protección colectiva que impide la generación de microorganismos y la acumulación de COVs, anulando las fuentes de emisión que producen los puntos de segregación de residuos sanitarios de riesgo mediante frío-congelación, uniéndole al mismo el más eficaz sistema de purificación ambiental consistente en la fotocatalisis mediante dióxido de titanio en continuo.

El objetivo principal del estudio es demostrar la efectividad del uso de purificadores mediante fotocatalización y sistemas de fríocongelación, para el control de los niveles de exposición a Formaldehído, Xileno y COVs en el área de laboratorio y sala de tallado del Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Universitario de Fuenlabrada (HUF). El objetivo secundario es comparar mediciones de Formaldehído con otros 7 hospitales del mismo nivel de la Comunidad de Madrid.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 26 mediciones ambientales en Anatomía Patológica del Hospital Universitario de Fuenlabrada, en área de laboratorio (20 mediciones) y sala de tallado (6 mediciones), de COVs, Xileno y de Formaldehído; las tomas se hicieron en dos fechas distintas, en febrero del año 2017 (primeras tomas: T1) y en marzo del mismo año (segundas tomas: T2), posterior a la instalación de los purificadores y sistemas de fríocongelación,

Por último se compararon los resultados de las mediciones de Formaldehído en la sala de tallado, con los datos de 7 hospitales del mismo nivel de la Comunidad de Madrid, realizando 2 mediciones (Pre: T1 y Post: T2) en cada hospital.

Diseño

Para el análisis de los datos se utilizó el Estudio de Antes-Después, que es un método cuasi-experimental, con medidas repetidas pre y post intervención (prueba de t de student), sin existencia de un grupo control propiamente dicho.

Los sesgos a controlar fueron: el efecto Hawthorne y la regresión a la media. El efecto placebo y la evolución natural no ha lugar en este estudio.

Parámetros de referencia

Como criterio para valorar la exposición a COVs se tomó como gas de referencia el isobutileno con un VLA-EC de 100 ppm, para el Xileno se compararon los resultados con el VLA-EC de 100 ppm y para el Formaldehído con el VLA-EC de 0,3 ppm, establecidos en la guía de «Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos» del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo¹⁰.

Equipos

Compuestos orgánicos volátiles totales y Xileno

Se analiza un gran número de compuestos orgánicos volátiles totales dando el dato en base a isobutileno como gas de referencia y su asimilación a xileno según tablas de conversión (PID, 10 ev). Para el estudio se realiza un detector de foto Ionización (Monitor Minirae 2000), PID, que mide COVs y otros gases tóxicos en concentraciones muy bajas del orden de 0.1 a 2000 ppm.

El PID (PhotoIonization Detector) utiliza una fuente de luz ultravioleta (UV) para ionizar una muestra o corriente de gas y detectar su concentración. La ionización ocurre cuando las moléculas de gas, al pasar por delante de la lámpara, adsorben la alta energía de la luz UV, excitan las moléculas y se forman iones con carga negativa e iones con carga positiva. Cabe destacar que es un detector de espectro muy sensible. Estas partículas cargadas eléctricamente producen una corriente, fácilmente medible. Después de la medida, al descargarse los electrodos, los iones se recombinan para volver a formar la molécula original. Por ello, el PID es un sistema de detección no destructivo (no «quema» o altera el gas).

Características:

- Rango 0,0 a 99,9 ppm
- Resolución 0,1 ppm
- T.R. 10 segundos
- Rango de operatividad: 0% y 100% HR; -20 A 45 °C (-4 a 113 °F).
- Certificaciones: UL; CUL Clase 1, División 1, Grupo A, B, C, D, Eexia IIC T4.

Formaldehído

Sistema de detección utilizado en continuo; se utilizó en los 7 hospitales participantes en el estudio, un equipo de lectura que presenta las siguientes características:

- Equipo: FHM10
- Rango: 0.00 a 5.00 ppm. Tubo muestreador de 30 cm.
- Rango de operatividad de 0-50 °C y 10 a 90% HR
- Resolución de 0,01 ppm.
- Exactitud- precisión: +/- 5% de la lectura + 0.03 ppm (mg/m³).

Parámetros medioambientales

Se utiliza un equipo de lectura directa que presenta las siguientes características según el parámetro a analizar

- Equipo: THBR 4141B
- Temperatura: Resolución 0.1 °C, Precisión +/- 0.4 °C
- Humedad relativa: Resolución indicador 0.1 r.F, Precisión +/- 2.5% H.r.
- Presión atmosférica: Resolución indicador 0.1 hPa a 23 °C

Situación durante los análisis

Las mediciones se hicieron en la zona de laboratorio y sala de tallado, en dos tiempos, las primeras antes de la instalación de los purificadores mediante fotocatalisis y

sistemas de friocongelación, y las segundas posterior a su instalación. Todas se realizaron a 1.60-1.70 metros del suelo aproximadamente, obteniéndose valores medios de emisión en cada punto señalado en las Figuras 1 y 2.

Figura 1. Esquemas y punto de muestreo, Zona de Laboratorio.

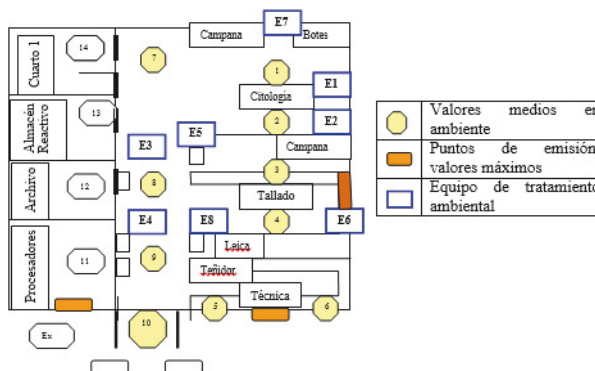
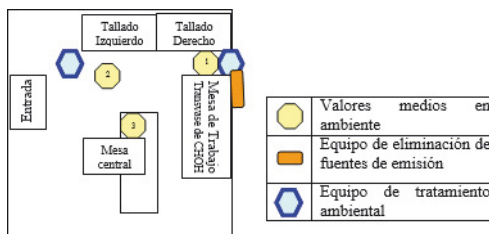


Figura 2. Esquemas y punto de muestreo, Zona de Sala de Tallado.



Durante el análisis la zona de laboratorio se encontraba en actividad y en la zona de tallado de los hospitales incluidos en el estudio se realizaba el tallado de piezas, desarrollándose a un ritmo que puede considerarse normal, por lo que las circunstancias de la toma de datos pueden, en su conjunto, ser representativas de las condiciones de trabajo de esas áreas.

Se han desechado los resultados del formaldehído en salas de tallado de cuatro hospitales, al no haberse obtenido las muestras de un modo homogéneo.

Las condiciones ambientales en zona de laboratorio y sala de tallado se muestran en las Tablas I y II

Tabla I. Condiciones ambientales en zona de laboratorio y sala de tallado, en la primera medición 02/02/2017.

02/02/17	ZONA	T ^o C	Hr%	CO2-ppm	hPa	Hora	P
Laboratorio	Z1	25	33.80	647	816.4	11:30	3
Sala de Tallado	Z2	21.9	31.70	630	816.0	12:30	2

Tabla II. Condiciones ambientales en zona de laboratorio y sala de tallado, en la segunda medición 02/03/2017.

02/03/17	ZONA	T ^o C	Hr%	CO2-ppm	hPa	Hora	P	E
Laboratorio	Z1	24.3	37	719	825.5	10:30	7	3
Sala de Tallado	Z2	22.4	37.8	666	824.5	11:00	3	1

Equipos de tratamiento ambiental instalados tras primeras mediciones

Se instalaron 6 equipos de tratamiento de aire por fotooxidación catalítica:

— Zona de laboratorio: 3 equipos de descontaminación ambiental.

— Zona de tallado: 1 equipo de descontaminación ambiental y 2 equipos de tratamiento de fuentes de emisiones unidos al sistema de descontaminación ambiental.

RESULTADOS

En la **tabla III** se presentan los resultados de las mediciones de valores medios en ambiente de COVs y Xileno en la zona de laboratorio, llevada a cabo en 10 puntos: T1 (Pre), primeras mediciones realizadas el 02/02/2017 y T2 (Post), segundas mediciones realizadas el 02/03/2017, tras la implantación de las medidas de prevención colectivas.

Tabla III. Valores medios en ambiente- zona laboratorio, COVs-Xileno.

ZONA (Z1)	COVs- ppm		Xileno-ppm	
	T 1	T2	T1	T2
Laboratorio				
Punto 1	3,5	0,3	1,5	0,1
Punto 2	5,8	0,4	2,5	0,2
Punto 3	2,8	0,8	1,2	0,3
Punto 4	2,8	1,1	1,2	0,5
Punto 5	5,6	0,5	2,4	0,2
Punto 6	2,8	0,8	1,2	0,3
Punto 7	6,3	0,5	2,7	0,2
Punto 8	6,1	0,7	2,6	0,3
Punto 9	9,4	0,9	4	0,4
Punto 10	2,2	1,8	0,9	0,8

La **tabla IV** representa el análisis estadístico, t de student, donde se puede observar diferencias significativas una vez aplicadas las medidas preventivas, COVs (p= 0,0002; con un intervalo de confianza de 95% entre 2,393- 5,506) y Xileno (p= 0.0002; con un intervalo de confianza de 95% entre 1,021- 2,359).

Tabla IV. Resultados de la prueba relacionada t de student para el análisis de los valores medios en ambiente- zona laboratorio, COVs-Xileno.

Laboratorio	Media	Desv. Std	IC 95%		t	gl	Valor-p
			Inferior	Superior			
Pre COVs	4.73	2.17	2.393	5.506	5.656	9,9	0.0002
Post COVs	0.78	0.41					
Pre Xileno	2.02	0.93	1.021	2.359	5.630	9,9	0.0002
Post Xileno	0.33	0.19					

Figura 3. Valores medidos en ambiente- zona laboratorio, COVs.

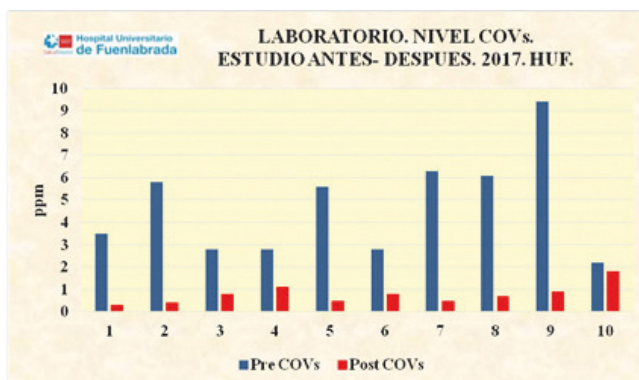


Figura 4. Valores medidos en ambiente- zona laboratorio, Xileno.

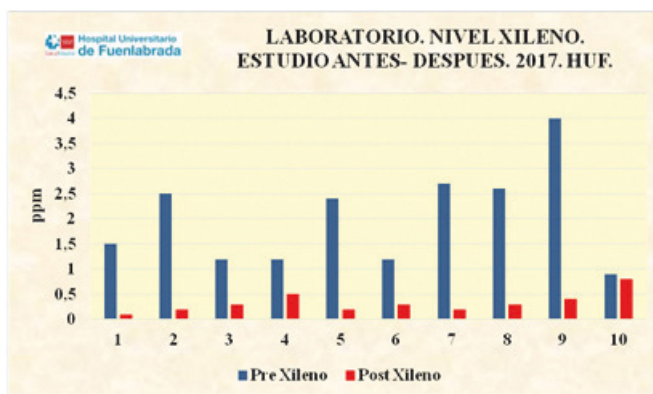


Figura 5. Media de los valores Pre y Post de COVs y Xileno en la zona de laboratorio.



En la *tabla V* se presentan los resultados de las mediciones de valores medios en ambiente, de Formaldehído en la zona de tallado, llevada a cabo en 4 puntos: T1 (Pre), primeras mediciones realizadas el 02/02/2017 y T2 (Post), segundas mediciones realizadas el 01/03/2017.

Tabla V. Valores medios ambiente- zona sala de tallado, Formaldehído.

ZONA	Z2	Formaldehído- ppm	
Sala de Tallado	Punto	T1	T2
Tallado derecho	1	0.37	0.06
Tallado izquierdo	2	0.29	0.07
Ambiente	3	0.39	0.08

La *tabla VI* representa el análisis estadístico, t de student, donde se observa que existe diferencia significativa una vez aplicadas las medidas preventivas, (p= 0,0004; con un intervalo de confianza de 95% entre 0,210- 0,350).

Tabla VI. Resultados de la prueba relacionada t de student para el análisis de los valores medios en ambiente-zona sala de tallado, Formaldehído.

	Media	Desv. Std	IC 95%		t	gl	Valor-p
Sala de Tallado			Inferior	Superior			
Pre FORM	0.35	0.043	0.210	0.350	11.088	2,2	0.0004
Post FORM	0.07	0.008					

Figura 6. Valores medios ambiente- zona sala de tallado, Formaldehído.

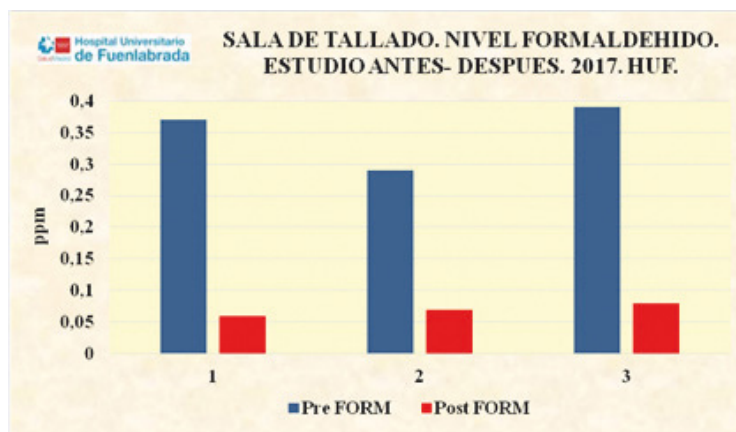
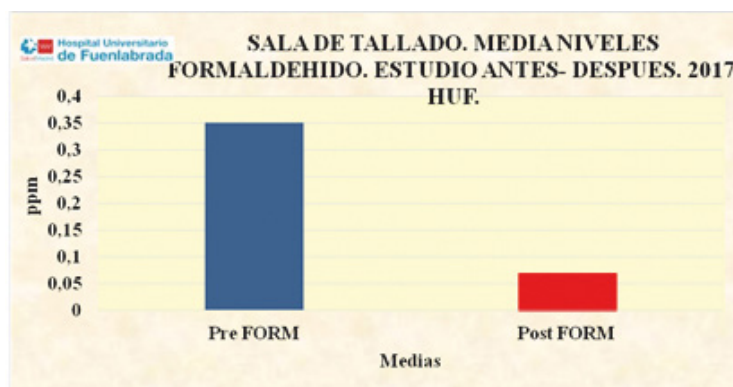


Figura 7. Media de los valores Pre y Post de Formaldehído en la zona de sala de tallado.



En la [tabla VII](#) se presentan los resultados de las mediciones de valores medios en ambiente, de Formaldehído en las salas de tallado de tres hospitales, tomadas en dos tiempos, T1 (Pre) y T2 (Post).

Tabla VII. Valores medios ambiente- zona sala de tallado, Formaldehído. 3 Hospitales.

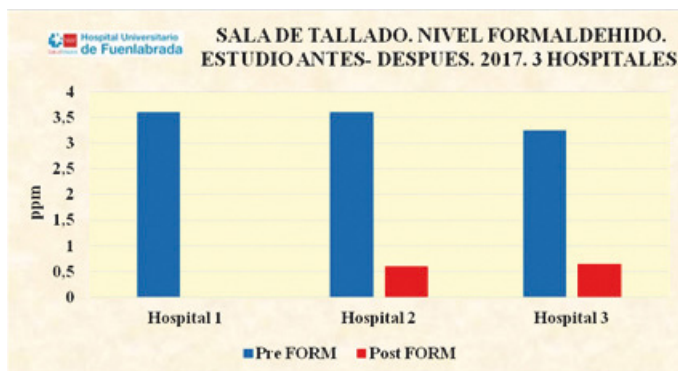
ZONA	Formaldehído- ppm	
	T1	T2
Sala de Tallado		
Hospital 1	3.6	0
Hospital 2	3.6	0.6
Hospital 3	3.25	0.65

La [tabla VIII](#) representa el análisis estadístico, t de student, donde se observa que existe diferencia significativa una vez aplicadas las medidas preventivas, ($p= 0,0002$; con un intervalo de confianza de 95% entre 2,399- 3,720).

Tabla VIII. Resultados de la prueba relacionada t de student para el análisis de los valores medios en ambiente- zona sala de tallado, Formaldehído. 3 Hospitales.

Sala de Tallado	Media	Desv. Std	IC 95%		t	gl	Valor-p
			Inferior	Superior			
Pre FORM	3.48	0.20	2.399	3.720	12.869	2,2	0.0002
Post FORM	0.42	0.36					

Figura 8. Valores medios ambiente- zona sala de tallado, Formaldehído, 3 Hospitales.



DISCUSIÓN

Limitaciones del estudio

1. Efecto Hawthorne: se basa en que los participantes de un estudio pueden alterar su comportamiento cuando saben que están siendo observados.
2. Regresión a la media: es el fenómeno en el que si una variable es extrema en su primera medición, tenderá a estar más cerca de la media en su segunda medición y, paradójicamente, si es extrema en su segunda medición, tenderá a haber estado más cerca de la media en su primera.
3. Realización del estudio con método de lectura directa en vez de con bomba de caudal.

No se han encontrado estudios en donde se realicen mediciones de formaldehído en salas de tallado, tras la implementación de equipos de purificación mediante fotocatalisis y sistemas de friocongelación. En los artículos revisados las medidas preventivas implementadas son los sistemas de ventilación y de extracciones localizadas. Por esto no se han realizado comparaciones con otros estudios.

En las mediciones de Febrero los valores ambientales de COVs (media de 4,73 ppm) y Xileno (media 2,02 ppm) observados, en general eran bajos en zona de laboratorio; en sala de tallado no se han detectado, sin embargo, si se han detectado valores importantes de formaldehído, éste último se ha analizado en 3 momentos diferentes, dos realizándose las operaciones de tallado de (izquierda y derecha), y uno en el que además se procedió al trasvase de formaldehído (ambiente).

En las mediciones de Marzo los valores ambientales de COVs presentaron una media de 0,78 ppm y de Xileno 0,33 ppm en zona de laboratorio; en la sala de tallado no se han detectado valores de formaldehído superiores a 0.08 ppm. Junto a las campanas de tallado se encuentran dos equipos de eliminación de residuos con un equipo cada uno de eliminación de fuentes de emisión no encontrándose, en ambos, emisiones de COVs. En el momento del análisis los operarios realizan tallado de piezas pequeñas y no se detecta olor a formaldehído ni a xileno.

En cuanto a los datos obtenidos de los 3 hospitales seleccionados, en las primeras tomas, la media detectada de Formaldehído era de 3,48 ppm, superándose en cada toma el valor límite establecido, en las segundas mediciones tras aplicar medidas preventivas disminuyeron, presentando una media de 0,42 ppm. En comparación con el HUF, en éste en ninguna de las tomas se superó el límite de exposición, y al igual que en los otros hospitales el uso de friocongelación y purificación mediante fotocatalización resultó ser eficaz.

Según los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas para el control efectivo de la exposición, se debe realizar:

Sustitución del producto en base a procesos específicos

Estudiar y valorar la sustitución del producto. Para ello, siempre se tendrá en cuenta la opinión de los patólogos de Anatomía Patológica.

Ejemplos de posibles sustitutos:

- Etanol / glioxal
- Etanol / ácido acético / glioxal
- Metanol / glioxal / etanol / ácido acético glacial
- Etanol / alcohol polivinílico / propilenglicol / sorbitol

Reducción nivel de exposición de formaldehído en origen, mediante extracción localizada: Mesa de tallado extracción preferiblemente triple

Debe de contar con apertura frontal y extracción de aire forzada al exterior, con filtración previa (con filtros específicos como de óxido de aluminio/permanganato potásico). El caudal de extracción debe garantizar que el formaldehído emitido se capta con eficacia. Se recomienda un valor superior a 1.300 m³/h por cada m² de abertura y una velocidad frontal de 0,30 a 0,75 m/s.

Estas mesas deben tener además de extracción preferiblemente triple (inferior, frontal y superior):

1. desagüe específico para formol (con cierre automático)
2. depósito de recogida de formol con dispositivo indicador de nivel máximo
3. contenedor para residuos sólidos impregnados con formol con cierre estanco
4. control electrónico con alarma del sensor de aspiración
5. contador de horas de trabajo de uso de los filtros con sistemas de aviso para la realización del cambio de los mismos.

Reducción nivel de exposición de formaldehído en el medio

La ventilación de la sala de tallado debe mantenerse con una capacidad de 20 renovaciones/hora asegurando una renovación de aire de al menos 50 m³/ persona y hora. No reciclar el aire extraído.

Se deben realizar rotaciones de personal para disminuir aún más la frecuencia de exposición.

Equipos de Protección Individual (EPIs)

Las medidas individuales de protección se aplicarán cuando las medidas de protección colectivas no sean suficientes o cuando se realicen operaciones puntuales en las que no se pueda asegurar que no existe exposición.

Los trabajadores disponen de los siguientes EPIs en función de la tarea a realizar:

- Guantes, recomendamos: Poliisopropileno, Policloropreno, Látex y Nitrilo.
- Gafas de seguridad frente a riesgos de salpicaduras.
- Bata baja permeabilidad o delantal impermeable.
- Piezas faciales de media máscara marca 3M serie 6500QL (filtro A1+formaldehído, filtro P3 y retenedores de filtros 501).

CONCLUSIÓN

El estudio ha permitido demostrar que el sistema integral de friocongelación y purificación mediante fotocatalización, es una medida técnicamente complementaria y

eficaz que optimiza el control de la exposición de Formaldehído, COVs y Xileno; por otro lado, a nivel cualitativo, los trabajadores manifestaron mayor confort (no olores no síntomas de irritación aguda).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado, nº 124, (24/05/1997).
2. Pascual J, Córdoba A. Mesas de tallado: diseño participativo para la mejora de la seguridad y la productividad. En: Giménez Mas J, Guerra Merino I. Libro Blanco 2013 de la Anatomía Patológica en España. 3era edición. España: SEAP-IAP; 2013. p. 297-315.
3. Mena Marín M, Alpízar Calvo T, Mena Umaña F. Medidas de bioseguridad en una sala de disección de anatomía patológica. Medicina Legal de Costa Rica. 2011; vol. 27 (1): 35-9.
4. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 873: Prevención de la Exposición a Formaldehído. Madrid: INSHT; 2010.
5. Soria Torrez D. Análisis de la efectividad de la implementación de medidas preventivas para controlar la exposición a formaldehído en la sala de anatomía patológica de un hospital universitario. Barcelona. 2011.
6. Mirabelli MC, Holt SM, Cope JM. Anatomy laboratory instruction and occupational exposure to formaldehyde. Occup Environ Med. 2010 Nov 22.
7. Sánchez Montero JM, Alcántara León, AR. IX. Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia. 2007; XXII: 376-401.
8. Sánchez B, Cardona AI, Peral J, Litter MI. Purificación de gases por fotocatalisis heterogénea: Estado del arte. Miguel A. Blesa. Eliminación de Contaminantes por Fotocatalisis Heterogénea. Argentina. 2001: 27-50.
9. Ouzzane M. Materiales basados en nanopartículas de tio2 para la oxidación fotocatalítica de propeno en fase gas a baja concentración [tesis doctoral]. España: Universidad de Alicante; 2014.
10. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España para el año 2017. Madrid: INSHT; 2017.