

MEDICIÓN DE CONCENTRACIONES DE FORMALDEHÍDO EN UN LABORATORIO DE ANATOMÍA HUMANA, COMPARÁNDOLAS CON ESTÁNDARES INTERNACIONALES

Ernesto Hurtado¹
Andrea Vallecampo²
Karen de Liévano²
Beatriz de Artiga²
Guadalupe Vásquez²

Recibido: 09/05/17
Aceptado: 25/09/17

DOI: <http://dx.doi.org/10.5377/creciencia.v11i1-2.6036>

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El Laboratorio de Anatomía Humana dispone de cadáveres que han sido sometidos al proceso de fijación y conservación de tejidos mediante la aplicación de formaldehído (al 10%), sustancia tóxica y cancerígena para el ser humano, según lo estipulado por la International Agency for Research on Cancer (IARC), a la que están expuestos estudiantes, profesores y técnicos. La presente investigación tuvo como propósito medir las concentraciones de formaldehído en el ambiente dentro de las instalaciones de un laboratorio de Anatomía Humana y compararlas con estándares laborales internacionales. **METODOLOGÍA.** El diseño del estudio es cuantitativo con enfoque descriptivo, longitudinal y prospectivo. La muestra del estudio fue de 640 mediciones realizadas con el aparato digital HAL-HFX105 HalTech y aplicando la norma técnica de prevención NTP 587, validada para la determinación de gases y vapores orgánicos en el aire dentro del laboratorio. **RESULTADO.** La concentración de formaldehído promedio estimada en general dentro de las instalaciones del Laboratorio de Anatomía fue de 0.24 ppm. **CONCLUSIÓN.** El promedio de concentración de formaldehído encontrado en el presente estudio es inferior al límite de exposición profesional estimado por la American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH), cuyo valor TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) para un día laboral de 8 horas y una semana de 40 horas, y como límite máximo a las concentraciones que cualquier trabajador puede ser expuesto día tras día sin efectos adversos, es de 0.3 ppm.

PALABRAS CLAVE: Laboratorio de Anatomía Humana; formaldehído; aire. El Salvador.

MEASUREMENTS OF FORMALDEHYDE CONCENTRATIONS IN A HUMAN ANATOMY LAB COMPARED TO INTERNATIONAL STANDARDS

ABSTRACT

INTRODUCTION. The Human Anatomy Laboratory has corpses that have been subjected to the process of tissue fixation and conservation by the application of 10 % Formaldehyde, a toxic and

¹ Jefe del Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad Evangélica de El Salvador

² Docentes titulares del Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad Evangélica de El Salvador.

carcinogenic substance for humans as stipulated by the International Agency for Research on Cancer (IARC) to which students, professors and technicians are exposed. The purpose of this research was to measure formaldehyde concentrations in the environment within the facilities of a Human Anatomy Laboratory and compare them with international labor standards. **METHODOLOGY.** The study design was cross-sectional with a descriptive approach. The sample of the study was of 640 measurements made with hal-hfx105 HalTech digital apparatus and applying the technical norm of prevention ntp 587, validated for the determination of organic gases and vapors in the air inside the laboratory. **RESULTS.** The average formaldehyde concentrations estimated in general within the facilities of the Anatomy Laboratory was 0.24 ppm. **CONCLUSION.** The average concentration of formaldehyde found in the present study is lower than the professional exposure limit estimated by the American Conference of Industrial Hygienists (acgih), whose value tlv-twa (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) for a working day of 8 hours and a week of 40 hours, and as a maximum limit to the concentrations that any worker can be exposed day after day without adverse effects, is 0.3 ppm.

KEYWORDS: Human Anatomy Lab; formaldehyde; air; El Salvador.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación responde a la necesidad de conocer las concentraciones de formaldehído en el ambiente dentro de las instalaciones del Laboratorio de Anatomía Humana de la Universidad Evangélica de El Salvador para valorar el riesgo en salud asociado a la exposición de dicha sustancia.

El formaldehído, que se absorbe rápidamente y es metabolizado por casi todos los tejidos, es conocido por sus efectos adversos más frecuentes, como la irritación a la conjuntiva ocular y la mucosa de la cavidad nasofaríngea, y, con menor frecuencia, enfermedades de la piel^{1,2}. También existen reportes de cáncer nasofaríngeo por exposición prolongada al formaldehído^{3,4,5} sin hacer uso de protección de bioseguridad. Estudios en seres humanos han indicado que la exposición al formaldehído está asociada a ciertos tipos de cáncer, como la leucemia mieloide⁶, y lesiones en el riñón^{7,8}. La International Agency for Research on Cancer (IARC) tiene clasificado al formaldehído como carcinógeno en los seres humanos.⁹

Teniendo en cuenta la marcada acción biológica del formaldehído y el valor TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average), que se re-

fiere a la concentración promedio en tiempo de exposición para un día laboral de 8 horas y una semana de 40 horas a las que un trabajador puede ser expuesto día tras día sin efectos adversos, el valor asignado por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de EE.UU. es de 0.3 ppm.¹⁰

El propósito de la investigación fue determinar la concentración de formaldehído en el interior de las instalaciones del Laboratorio de Anatomía Humana. Para ello, se realizaron mediciones seriadas con el dispositivo HAL-HFX105 HalTech durante dos semanas en octubre de 2015 y se compararon los valores cuantificados con las normas laborales internacionales reportadas por el Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung¹¹ (Instituto para la Seguridad y Salud Ocupacional del Seguro Social Alemán de Accidentes). Los valores de límite ambiental de concentración de formaldehído admitidos en los lugares de trabajo son: en Australia, 1.00 ppm; en Canadá, 0.75 ppm; en Francia, 0.5 ppm; en Alemania, 0.3 ppm; en Japón, 0.1 ppm, en Noruega, 0.5 ppm; para el National Institute of Occupational Safety and Health- EE.UU. (NIOSH), 0.016 ppm; para la Oc-

cupational Safety & Health Administration-EE.UU. (OSHA), 0.75 ppm; y para la American Conference of Governmental Industrial Hygienists-EE.UU. (ACGIH), 0.3 ppm. En El Salvador no se cuenta con este tipo de estudios, por lo que es de interés conocer los resultados.

UBICACIÓN

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Anatomía Humana Macroscópica de la Universidad Evangélica de El Salvador, ubicada en la prolongación de la Alameda Juan Pablo II, calle El Carmen, San Antonio Abad, San Salvador. El laboratorio se encuentra en la Facultad de Medicina, primer nivel, y su área es de 15 m de largo por 12 m de ancho, es decir, 180 m² de superficie, y su altura es de 3.10 m.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló durante dos semanas consecutivas de octubre de 2015, de lunes a jueves. En el laboratorio se fijaron cinco puntos de medición, uno en cada esquina (llamados A, B, D y E) y uno en el centro (llamado C). En cada punto se realizaron cuatro medidas a diferentes alturas: 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, y 2.0 m. Se construyó una escalera de cuatro peldaños, cada uno según las alturas mencionadas, donde se colocaba el instrumento de medición, y se tomaron cuatro mediciones en diferentes horas (8:00 A. M., 10:00 A. M., 12:00 M. y 3:00 P. M.).

Las actividades académicas no se interrumpieron, es decir, se desarrollaron según programación establecida con estudiantes, docentes y técnicos, para obtener datos lo más cercano posible al ambiente laboral.

INSTRUMENTO DE REGISTRO Y MEDICIÓN

Las mediciones se realizaron con el dispositivo digital HAL-HFX105 HalTech, técnica analítica que puede ser utilizada, según la Norma Técnica de Prevención dictada por el Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo de España, bajo la NTP 587¹⁴

(guía de buenas prácticas-protocolo). Este presenta certificado de funcionamiento de fábrica.

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El proceso de recolección de la información del estudio fue conducido por el investigador principal y las colaboradoras entrenadas para tal fin. Este proceso se realizó después de la presentación y aprobación del proyecto de estudio ante las respectivas autoridades de la Universidad Evangélica de El Salvador, como la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social, la Dirección de Investigación, el Consejo de Investigación e Innovación Institucional y el Comité de Investigación Científica de la Facultad de Medicina.

Se diseñó una hoja colectora de datos donde se anotó y tabuló la información obtenida por medio del instrumento de medición.

ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS

El investigador principal construyó una base de datos en una hoja de cálculo de Excel (Office 2010), en la que se tabularon los valores colectados y a los cuales se aplicó estadística de tendencia central. El ingreso y análisis de los datos fue realizado por el investigador principal, asesorado por un especialista estadístico.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para conseguir los objetivos planteados, la información obtenida fue analizada descriptivamente mediante la aplicación de estadística de tendencia central (promedio-media aritmética, moda, frecuencia, mediana) y de correlación y regresión simples; para contrastar las variables en estudio se efectuó la sumatoria de los promedios.

Se aplicó estadística inferencial básica, como el análisis de varianza bajo el modelo de bloques aleatorizados, y se trabajó con alfanumérico de 0.05.

Los resultados estadísticos indican que los puntos de medición que presentan mayor promedio de concentración de formaldehído son: A, con 0.47 ppm, y B, con 0.37 ppm. En el punto C se obtuvo 0.26 ppm, en el punto D, 0.09 ppm y en el E, 0.05 ppm (Figura 1).

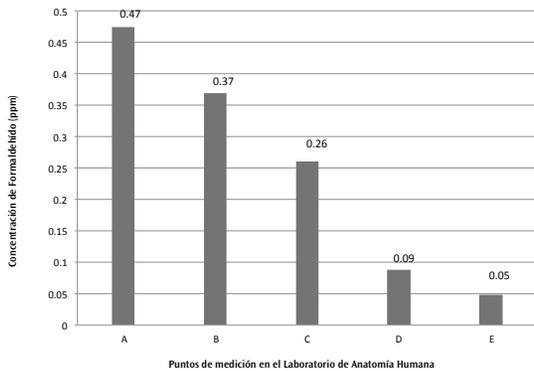


Figura 1. Promedios de concentración de formaldehído por puntos de medición.

De los cuatro puntos de altura que se definieron, el de 0.5 m es el de mayor concentración de formaldehído, con un valor de 0.31 ppm; luego siguen el de 1.0 m, con 0.29 ppm, el de 1.5 m, con 0.22 ppm, y el de 2 m, con 0.17 ppm, el promedio más bajo (Figura 2). Esta medida se encuentra entre la cuba colectora del formaldehído escurrido de los cadáveres y la mesa donde está el cadáver en decúbito dorsal, cerca del punto A.

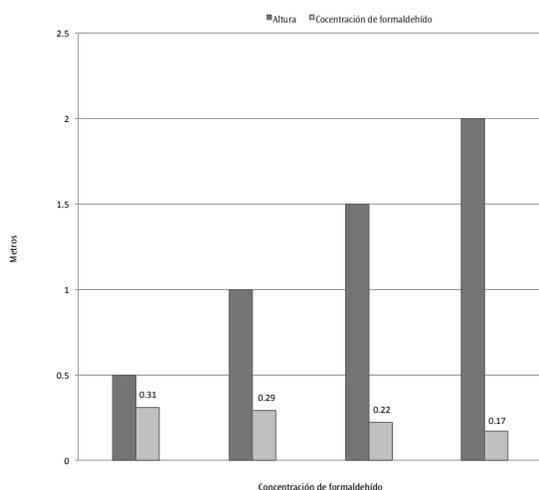


Figura 2. Promedios de concentración de formaldehído a diferentes alturas dentro del Laboratorio de Anatomía humana.

De acuerdo con el resultado del análisis de varianza, no hay diferencia estadística significativa entre los promedios de concentración de formaldehído. Por tanto, las concentraciones de formaldehído en los diferentes puntos, días y alturas en el Laboratorio de Anatomía son estadísticamente homogéneas. En promedio, sumando los resultados de las semanas 1 y 2, la concentración de formaldehído fue de 0.24 ppm, con humedad relativa de 89.5% y temperatura de 24.5° C. Los lunes a las 8:00 A. M. y a las 12:00 M. se reportan las mediciones más altas, 0.74 ppm y 0.72 ppm, respectivamente. Vale mencionar que este día NO HAY LABORATORIOS PROGRAMADOS, sí se realiza disección y preparación de piezas anatómicas (Figura 3).

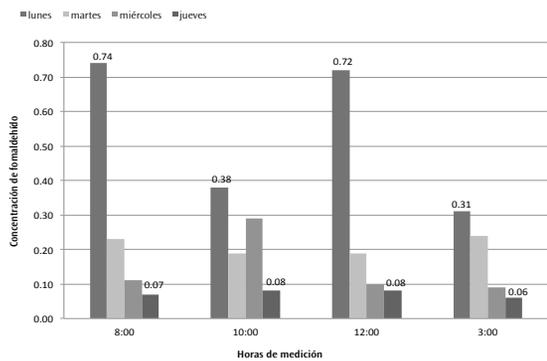


Figura 3. Promedios de concentración de formaldehído versus horas y días de medición.

En las dos semanas del estudio, los días lunes presentaron la mayor concentración de formaldehído en promedio (semana 1, 0.37 ppm, y en la semana 2, 0.71 ppm); se puede observar que a medida que avanza la semana, van disminuyendo las concentraciones de formaldehído (Figura 4).

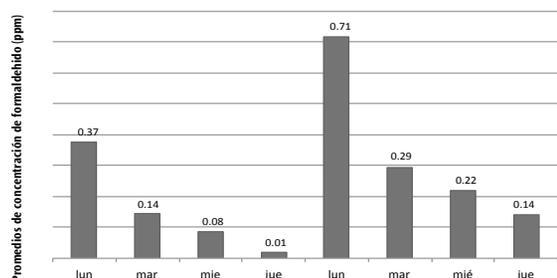


Figura 4. Comportamiento de los promedios de concentración de formaldehído durante los días secuenciales de medición. Media 0.24 ppm.

La medición más alta registrada es de 2.20 ppm, en el punto de medición A, a una altura de 0.50 m, a las 12:00 M. del lunes de la segunda semana, un día en el que no hay prácticas de laboratorio. El valor más bajo fue de 0.0.

En cada una de las mediciones de concentración de formaldehído se midió también la temperatura y la humedad relativa. Los valores promedio de temperatura fueron de 25.76 °C y de 25.15 °C y los de humedad relativa de 82.77% y 79.48%. En vista de que las concentraciones promedio de formaldehído fueron de 0.47 ppm (punto de medición A) y 0.05 ppm (punto de medición E), se confirma que la temperatura y la humedad son factores importantes para la concentración de formaldehído en el ambiente: a mayor temperatura y humedad relativa, mayor concentración, y viceversa. En general, la humedad y la temperatura son factores importantes para el comportamiento de los gases.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En 2006, Ohmichi *et al.*¹² concluyen que el promedio de las concentraciones de formaldehído en el laboratorio van de 0.23 hasta 1.03 ppm. El límite inferior es semejante al encontrado en el presente estudio. También reporta que los niveles de formaldehído en el centro del laboratorio eran más altos que los niveles de los puntos ubicados en las esquinas, contrario a lo observado en el presente estudio, donde la concentración en el centro (punto de medición C) es la tercera más baja (0.26 ppm). Menciona además que esto podría estar relacionado con la disposición de los difusores de suministro de aire y rejillas de retorno. También reporta que es en las esquinas del laboratorio donde se encuentra menos concentración de formaldehído por la ubicación de las ventanas. Por lo contrario, en nuestro estudio es en una de las esquinas (punto A) donde se encuentra el valor mayor de concentración en promedio (0.47 ppm).

En 2010, Lakchavapakorn y Watchalayarn¹³ midieron concentraciones de formaldehído en la zona aérea (ambiente) y cercana a los estudiantes de medi-

cina durante la disección de cadáveres. Los valores encontrados fueron de 0.40 a 0.58 ppm y de 0.47 a 0.84 ppm, respectivamente; la media de las concentraciones de formaldehído en la zona de respiración de los estudiantes y los instructores de medicina fue significativamente mayor que la media de la concentración de formaldehído en el ambiente (p 0.05). Estos valores son superiores a los encontrados en nuestro estudio, puesto que a nivel de 1.5 m la concentración en promedio fue de 0.22 ppm.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de formaldehído en el ambiente del Laboratorio de Anatomía Humana, como promedio estimado de medición, se encuentran en general dentro de los límites permitidos por estándares laborales a nivel internacional, aunque existen puntos donde los valores de concentración superan los niveles estipulados por organismos ambientales y laborales de alcance internacional.

RECOMENDACIONES

Para disminuir la concentración de formaldehído en el aire dentro de las instalaciones del Laboratorio de Anatomía Humana se recomienda que los cadáveres permanezcan en decúbito ventral para mejorar el escurrimiento de la formalina y evitar su acumulación en las cavidades corporales, previo a las prácticas de laboratorio.

Adoptar otras técnicas de fijación y conservación de cadáveres con el objetivo de evitar la exposición a sustancias tóxicas y disminuir el riesgo laboral.

AGRADECIMIENTOS

A ingeniera Tania Torres, directora de Educación de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador, por su invaluable gestión en el asesoramiento en investigación, así como al ingeniero Teodoro Ramírez.

A los bachilleres de cuarto año de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador Erika Vanessa

Figuroa Puquirre, César David Martínez Jarquín, Tania Marely Martínez Orellana y Fausto José Ramírez García, por su disposición y alto grado de compromiso en realizar las funciones asignadas.

Al ingeniero Fabio Bautista Pérez, por su invaluable labor y disponibilidad en el asesoramiento metodológico y estadístico, para hacer posible el presente estudio.

FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS

1. SARMIENTO, N; PEINADO, J; CADENA, L. «Sintomatología causada por la exposición al formaldehído en estudiantes de medicina y sus posibles mecanismos fisiopatológicos». *Iatreia, Revista Médica*, Universidad de Antioquía, Colombia, Vol. 27 (4). 428-438, 2013. Consultada el 12 marzo de 2015. Disponible en: <<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/14872/17396>>.
2. DUQUE, J; DÍAZ, J. «El formol: su génesis, normas, aplicaciones e incidencia sobre la salud humana». *Revista Universidad Pontificia Bolivariana*, UPB, Vol. 18 (1) 35-46, 1999. Consultada el 27 de abril de 2015. Disponible en: <<http://revistas.upb.edu.co/index.php/Medicina/article/view/930/841>>.
3. BALLENGUER, J. "Some effects of formaldehyde on the upper respiratory tract." *The Laryngoscope*, 1984. 94:1411-1413. Resumen. Consultada el 09 de mayo de 2015. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1288/00005537-198411000-00002/abstract>>.
4. NJOYA H, OFUSORI D, NWANGWU S, AMEGOR O, AKINYEYE A, ABAYOMI T. "Histopathological effect of exposure of formaldehyde vapour on the trachea and lung of adult wistar rats." *IJIB*, 2009; 7(3):160-165. Consultada el 13 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.researchgate.net/profile/Osare_Amegor/publication/44259412_Histopathological_effect_of_exposure_of_Formaldehyde_vapour_on_the_trachea_and_lung_of_adult_wistar_rats/links/0c9605236b7cb36fe3000000.pdf>.
5. MINAKO H, YOSHITAKA O, HIDEAKI C, SYUJI Y, DAIJU S, SHIGETOSHI H. "The influence of environmental exposure to formaldehyde in nasal mucosa of medical students during cadaver dissection." *Allergol Int* 2011; 60(3):373-379. Consultada el 13 de abril de 2015. Disponible en: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/allergolint/60/3/60_3_373/_article>.
6. HAUPTMANN M, STEWART PA, LUBIN JH. "Mortality from lymphohematopoietic malignancies and brain; cancer among embalmers exposed to formaldehyde." *Journal of the National Cancer Institute*, 2009; 101(24):1696-1708. Consultada el 12 de junio de 2015. Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19933446>>.
7. International Agency for Research on Cancer. "Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tertButoxypropanol-2-ol." [on line] *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 2006; 88:39-325. Consultado el 14 de mayo de 2015. Disponible en: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/>>.
8. QIN W, XU Z, LU Y, ZENG C, ZHENG C, WANG S *et al.* "Mixed organic solvents induce renal injury in rats." *PLoS One* 2012; 7(9):e45873. Consultada el 18 de abril de 2015. Disponible en: <<http://www.plosone.org/article/doi/10.1371/journal.pone.0045873&representation=PDF>>.
9. American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH). Occupational safety and health guideline for formaldehyde potential human carcinogen. United State. 1988. Consultada 18 marzo 2015. Disponible en: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0293.pdf>>.
10. Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional del Seguro Social Alemán de Accidentes (IFA). Lista de Límites de Seguridad y Salud en el Trabajo (IFA Informe 1/2013). 2013. Consultada 12.03.2015. Disponible: <<http://www.dguv.de/ifa/Publikationen/Reports-Download/Reports-2013/IFA-Report-1-2013/index.jsp>>.

11. OHMICH I K, KOMIYAMA M, MATSUNO Y. "Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory-personal exposure level is higher than indoor concentration." Department of Bioenvironmental Medicine, Chiba University, Japan. Mar;13 (2):120-4. 2006. Consultada el 15 de marzo de 2016. Disponible en: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16612901> >.
12. LAKCHAYAPAKORN K, WATCHALAYARN P. "Formaldehyde exposure of medical students and instructors and clinical symptoms during gross anatomy laboratory in Thammasat University." Department of Preclinical Science, Faculty of Medicine, Thammasat University, Bangkok, Thailand. *Journal of Medic Association of Thailand*, 2010, Dec;93 Suppl 7:S92-8. 2010. Consultada el 2 de febrero de 2016. Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21294402> >.
13. Nota Técnica de Prevención NTP 587, «Prevención de la exposición a formaldehído». Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en España [en línea], 2010. Consultado el 18 de marzo de 2015. Disponible en: <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/821a921/873w.pdf> >