

Capítulo 11

Riesgos de salud por formaldehído en la edificación

*Karen Pamela Negrete Carrillo*⁴⁹

*Daniel Antonio Olvera García*⁵⁰

*Gonzalo Bojórquez Morales*⁵¹

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26004150>



⁴⁹ Maestra en Arquitectura de Interiores, Universidad Autónoma de Baja California, negrete.karen@uabc.edu.mx

⁵⁰ Doctor en Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California, daniel.olvera@uabc.edu.mx

⁵¹ Doctor en Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California, gonzalobojorquez@uabc.edu.mx

La contaminación del aire es un problema que se ha agravado a partir de la Revolución Industrial iniciada en Gran Bretaña, donde comenzó un proceso de transformación en la sociedad; pasó de utilizar métodos tradicionales y artesanales a industriales y mecánicos. “La mecanización de la industria y la agricultura, la rápida urbanización, el aumento de la contaminación y el crecimiento demográfico impulsado por el aumento de las tasas de fertilidad y la migración afectaron la salud humana de muchas maneras”. (Buckberry & Crane-Kramer, 2022).

El avance industrial brindó beneficios en agilizar el tiempo de ejecución de las actividades, pero desencadenó diversas fuentes de contaminación, provenientes de plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo y de fábricas; medios de transporte; actividades agrícolas, etc. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Entre los diferentes tipos de contaminación, “la contaminación del aire es uno de los principales contribuyentes a la carga mundial de enfermedades, afectando especialmente la salud respiratoria y cardiovascular” (Wu et al., 2024).

Se conoce que “la calidad del aire interior puede ser peor que la calidad del aire exterior” (Mendoza et al., 2021). Esto puede provocar el síndrome del edificio enfermo; Benedetti (2008) lo define como un conjunto de sintomatologías y enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en los espacios cerrados. El uso de materiales sintéticos también puede influir en elevar los niveles de contaminación.

Las afectaciones en la salud provenientes de los materiales han estado presentes a lo largo de la historia de la humanidad. Un ejemplo es el envenenamiento por plomo; la exposición ocupacional de los pintores fue una epidemia en el Imperio Romano y en los países occidentales hasta el siglo XIX. “A esta toxicidad se le ha llamado cólico del pintor o locura del pintor” (Montes-Santiago, 2013).

Existen diversas sustancias nocivas para la salud, como el formaldehído, que está presente en los muebles y materiales de construcción. (Organización Mundial de la Salud, 2022). Los efectos por contaminación a causa de emisiones de formaldehído relacionados con la inhalación expuesta fueron recolectados, evaluados, tabulados y resumidos en 1981 por la Environmental Protection Agency (EPA por sus siglas en inglés) de Estados Unidos

con la información recolectada que data de 1905 a 1981 con la ayuda de farmacéuticos y médicos epidemiólogos que clasificaron los documentos de acuerdo a la metodología que su profesión y necesidades les indicaban.

Lo anterior fue un primer alcance para definir la severidad de los daños provocados a la salud y da una idea de lo recientes que son los estudios sobre el formaldehído. Dentro de los daños encontrados están: irritación en los ojos y en el sistema tracto-respiratorio superior con edema y laringoespasmos en casos severos (Carson et al., 1981).

Resultados

Las personas pasan el 90 % de su tiempo en espacios cerrados, como en la vivienda, la escuela y el trabajo, donde las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles pueden ser de dos a cinco veces más altas en el interior que en el exterior. (United States Environmental Protection Agency, 2023). Esto quiere decir que las personas están expuestas a mayor riesgo de salud por contaminación del aire al permanecer dentro de sus hogares.

Uno de los principales contaminantes del aire interior son los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por materiales de construcción, acabados y mobiliario. Los productos sintetizados suelen liberar COV; como el formaldehído (HCHO), el benceno (C_6H_6), el estireno (C_8H_8) y el tolueno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), pueden ser irritantes, tóxicos o incluso cancerígenos. (Juhasova Senitkova, 2018).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), miembro de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es un organismo con el objetivo de promover la colaboración internacional en la investigación del cáncer. La IARC evalúa el riesgo del desarrollo de cáncer causado por la exposición a sustancias químicas y las clasifica de acuerdo al nivel de peligro para el ser humano, como se menciona en la tabla siguiente:

Tabla 1*Agentes clasificados por las monografías de la LARC, volúmenes 1 a 135*

Clasificación	Nivel de carcinogenicidad	Número de agentes (sustancias)
Grupo 1	Cancerígeno para los humanos.	128
Grupo 2A	Probablemente cancerígeno para los humanos.	95
Grupo 2B	Posiblemente cancerígeno para los humanos.	323
Grupo 3	No clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los seres humanos.	500

Fuente: Elaboración propia con base en International Agency for Research on Cancer (2023).

Actualmente, el formaldehído está clasificado en el Grupo 1, siendo cancerígeno para los humanos. La Unión Europea también clasifica las sustancias tóxicas de acuerdo al grado de afectación sobre la salud de las personas. Para ello existe el Reglamento (CE) del Parlamento Europeo y del Consejo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.

Tabla 2*Clasificación de peligrosidad del formaldehído según el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 (CLP)*

Indicación de peligro	Categoría de peligro	Clase de peligro
H301	Acute Tox. 3.	Toxicidad aguda (oral).
H311	Acute Tox. 3.	Toxicidad aguda (cutánea).
H314	Skin Corr. 1B.	Corrosión o irritación cutáneas: provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H317	Skin Sens. 1.	Sensibilización cutánea: puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H331	Acute Tox. 3.	Toxicidad aguda (por inhalación).
H341	Muta. 2.	Mutagenicidad en células germinales: se sospecha que provoca defectos genéticos.
H350	Carc. 1B.	Carcinogenicidad.

Fuente: Elaboración propia con base en Roth (2019).

Para describir los efectos en la salud humana causados por una exposición química en el aire, existen los niveles guía de exposición aguda (AEGl).

Los niveles se expresan en partes por millón (ppm) o miligramos por metro cúbico (mg/m³) y se clasifican en: AEGL-Nivel 1: Se presentan notables molestias, efectos transitorios y reversibles; AEGL-Nivel 2: efectos serios e irreversibles; y AEGL-Nivel 3: efectos amenazantes para la vida o muerte. (Garza Ayala, 2023).

Tabla 3

Resumen de valores AEGL para formaldehído

Clasificación	10 - min	30 - min	1 - h	4 - h	8 - h	Referencia
AEGL Nivel 1	0,90 ppm (1.1 mg/ m ³)	0,90 ppm (1.1 mg/ m ³)	0,90 ppm (1.1 mg/ m ³)	0,90 ppm (1.1 mg/ m ³)	0,90 ppm (1.1 mg/ m ³)	NOAEL para irritación ocular - sujetos humanos sensibles (Bender et al. 1983)
AEGL Nivel 2	14 ppm (17 mg/ m ³)	14 ppm (17 mg/ m ³)	14 ppm (17 mg/ m ³)	14 ppm (17 mg/ m ³)	14 ppm (17 mg/ m ³)	Lagrimo leve con adaptación – humanos (Sim and Pattle 1957)
AEGL Nivel 3	100 ppm (123 mg/ m ³)	70 ppm (86 mg/ m ³)	56 ppm (69 mg/ m ³)	35 ppm (43 mg/ m ³)	35 ppm (43 mg/ m ³)	Valor no letal más alto - rata (Nagorny et all 1979)

Fuente: Elaboración propia con base en FACA Committee (2008).

El formaldehído puede ingresar al organismo humano por medio de inhalación, por ingestión de soluciones acuosas, por contacto con la piel; el vapor del formaldehído o soluciones acuosas pueden provocar irritación en la dermis y por contacto por los ojos (Consejería de Sanidad de la Región de Murcia, 2007).

Tabla 4*Concentraciones de formaldehído y efectos en la salud*

Concentración de vapor de formaldehído	Efecto
0,06-1,23 mg/m ³ (0,05-1,0 ppm)	Detección de olor (desarrolla alguna tolerancia).
0,61-3,68 mg/m ³ (0,5-3,0 ppm)	Irritación ligera de los ojos y del tracto respiratorio superior.
3,68-12,3 mg/m ³ (3,0-10 ppm)	Irritación moderada de los ojos y del tracto respiratorio superior.
6,13-37 mg/m ³ (5,0-30 ppm)	Dolor del pecho, disnea, tos, náuseas y vómitos.
61-123 mg/m ³ (50-100 ppm)	Neumonitis tóxica y edema pulmonar.
>123 mg/m ³ (> 100 ppm)	Mortal.
Solución (cantidad ingerida)	Efecto
20-200 mg	Molestia leve gástrica y faríngea.
600-2000 mg	Dolor y sequedad de la garganta, vómitos, cianosis, pulso rápido e irregular.
5000-10000 mg	Dolor grande, ulceración, edema de la glotis, asfixia, muerte.

Fuente: Elaboración propia con base en Consejería de Sanidad de la Región de Murcia (2007).

Existen estudios que se pueden tomar de referencia para obtener parámetros de las afectaciones a la exposición del formaldehído. En la tabla siguiente se describen nueve estudios ordenados a partir de menor a mayor tiempo de exposición a diferentes niveles de concentración de HCHO que van desde 0 ppm a 4,0 ppm. Las condiciones de salud de las personas expuestas son diferentes: sujetos sanos, asmáticos, pacientes con piel hipersensible al HCHO y sujetos no fumadores. Finalmente, solo en cuatro de los nueve estudios se establecen las actividades de los sujetos.

Tabla 5*Efectos irritantes del formaldehído en estudios en humanos controlados*

Concentración (ppm)	Tiempo	Sujetos/Efecto (número de sujetos)	Referencia
0,03 a 3,2; 0, 1,0, 2,0, 2,9, 4,0 o 1,2, 2,1, 2,8 y 4,0	37 min (n = 33); 1.5 min (n = 48)	Sujetos sanos (grupos de exposición de 33 y 48): Se informó una peor calidad del aire y una mayor irritación de la nariz durante las exposiciones cortas que durante la exposición de 37 minutos, mientras que ocurrió lo contrario con la irritación de los ojos; con concentraciones crecientes, la irritación de los ojos y la nariz aumentó de nada a “un poco”; el parpadeo medido objetivamente no se vio afectado a 1,2 ppm, pero aumentó estadísticamente de manera significativa a 2,1 ppm.	Weber-Tschopp et al. 1977
0, 3,0 ppm con ejercicio pesado (sujetos sanos); ejercicio moderado (asmático asignaturas)	1 hora	Sujetos sanos (22) y asmáticos (16) no fumadores: No hubo diferencias en los síntomas entre los grupos; la irritación de ojos, nariz y garganta se calificó de leve a leve-moderada (medias del grupo); pequeñas disminuciones en algunos parámetros de la función pulmonar en individuos sanos que realizan ejercicio intenso.	Green et al. 1987
0, 0,41	2 horas	Sanos (11) y con hipersensibilidad de la piel al formaldehído (9) (todos no fumadores): No hubo diferencias en la respuesta entre grupos; aumento transitorio de los síntomas de estornudos, rinorrea o irritación de los ojos; lavados nasales, mostró aumentos en eosinófilos, albúmina, proteína total, pero no neutrófilos, basófilos o células mononucleares.	Pazdrak et al. 1993

Concentración (ppm)	Tiempo	Sujetos/Efecto (número de sujetos)	Referencia
0, 3,0 con ejercicio pesado (15 minutos cada media hora).	2 horas	Sujetos sanos no fumadores (24): Aumento de los síntomas subjetivos del ojo, irritación de nariz y garganta, clasificada de leve a moderada en promedio; pequeño, pero estadísticamente aumento significativo en dos (FEF25-75 %, SGaw) de varias funciones pulmonares. Mediciones en algunos intervalos de tiempo (no efecto sobre FEV1, FVC, FEV3), sin aumento en tos.	Green et al. 1989
0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 en reposo; 2,0 con ejercicio.	3 horas	Sujetos sanos no fumadores (19): (9 expuestos a 3,0 ppm y 10 expuestos a 0,05 ppm) No hubo disminuciones significativas en los parámetros de función pulmonar (FVC, FEV1, FEF25-75 %, SGaw) ni aumentos en la reactividad bronquial (desafío con metacolina) en cualquier concentración; la resistencia al flujo nasal aumentó a 3,0 ppm; relación dosis-respuesta significativa para la sensación de olor y la irritación ocular, pero la irritación ocular obtuvo una puntuación leve (5/9) o leve a moderada (4/9) a 3,0 ppm; la irritación de los ojos comenzó a 1,0 ppm.	Kulle et al. 1987; Kulle 1993
0, 3,0 con ejercicio intermitente	3 horas	Sujetos sanos no fumadores (9): cambios transitorios no biológicamente significativos en algunos parámetros de la función pulmonar (FEV1, FEF25-75 %); aumento de la irritación de nariz/garganta y ojos, calificado de leve a moderado por los individuos; solo un sujeto calificó la irritación ocular como moderada.	Sauder et al. 1986

Concentración (ppm)	Tiempo	Sujetos/Efecto (número de sujetos)	Referencia
0, 0,15, 0,3, 0,5 ppm; 0,3 con 4,0 alcanza un máximo de 0,6 ppm; 0,5 ppm con 4,0 alcanza un máximo de 1,0 ppm; algunas exposiciones combinadas con acetato de etilo.	4 horas	Voluntarios sanos, 11 hombres y 10 mujeres: Todas las concentraciones: sin efectos significativos sobre el flujo y la resistencia nasal, la función pulmonar y el tiempo de reacción de decisión; aumento leve a moderado de la frecuencia del parpadeo y enrojecimiento conjuntival a 0,5 ppm con picos a 1,0 ppm; síntomas oculares y olfativos subjetivos informados a 0,3 ppm (nivel sin efecto cuando se considera “afectivo negativo”); irritación nasal subjetiva a 0,5 ppm con picos de 1,0 ppm.	Lang et al. 2008
0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 (sin concurrencia control).	5 horas	Sujetos sanos (16): No hubo diferencias en la resistencia de las vías respiratorias nasales ni en los parámetros de función pulmonar; disminución del flujo de moco nasal en todas las concentraciones; sin molestias a 0,2 o 0,4 ppm durante 2 horas (se reportaron algunas molestias leves en el período de 3 a 5 horas [irritación conjuntival, sequedad de nariz y garganta], pero las molestias fueron mayores con 0,2 ppm que con 0,4 ppm y solo 5 o menos sujetos informaron cualquier malestar); el malestar promedio fue leve durante la exposición a 1,6 ppm y se notó por primera vez en la última parte de la primera hora, pero disminuyó un poco después de tres horas; ningún efecto sobre el rendimiento en pruebas matemáticas o tareas de transferencia de números.	Andersen y Molhave 1983

Concentración (ppm)	Tiempo	Sujetos/Efecto (número de sujetos)	Referencia
0, 0,17, 0,39, 0,9	5.5 horas	Trabajadores expuestos al formaldehído (32); controles (29): los síntomas subjetivos (dolor de cabeza, cansancio) no se correlacionaron con la exposición; ningún efecto claro de la concentración sobre la memoria; algunos efectos relacionados con la concentración en algunas pruebas (velocidad adicional, tiempo de respuesta), pero limitaciones en el diseño experimental y cuestiones de control.	Bach et al. 1990

Fuente: FACA Committee (2008).

El formaldehído también es considerado como una sustancia disruptora endocrina, capaz de alterar el equilibrio hormonal en hombres y en mujeres. (Instituto Sindical de Trabajo, 2019). El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) es un organismo público ubicado en España que estudia la prevención de riesgos laborales; menciona que “la exposición crónica, a niveles bajos de concentración en el aire, puede causar problemas respiratorios similares al asma y el contacto con la piel puede producir irritaciones que se manifiestan como dermatitis o picores” (INSST, 2021). El Instituto Nacional del Cáncer (INC) indica que la exposición a un nivel superior de 0,1 ppm de formaldehído puede provocar los efectos adversos mencionados anteriormente e incluye “sensación de ardor en los ojos, en la nariz y la garganta; tos; sibilancias o respiración con silbidos; náuseas e irritación de la piel” (Instituto Nacional del Cáncer, 2015).

Para intentar controlar los riesgos a la salud en el trabajo, diversas instituciones alrededor del mundo se encargaron de determinar valores límites de exposición (ver tabla 6), en el que la principal condición es el tiempo límite de exposición; cuanto mayor sea la concentración, menor deberá ser el tiempo del individuo expuesto en el espacio de trabajo. Cada institución define valores de concentración de HCHO con diferentes nomenclaturas, los mismos que se adecuan en periodos de larga (8 horas) y corta (15 minutos) exposición.

Tabla 6*Clasificación de peligrosidad del formaldehído según el Reglamento (CE) n° 1272/2008 (CLP)*

Instituto	País	Valores	Referencia
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSST)	España	Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED®) de 0,3 ppm (0,37 mg/m ³). Valor Límite Ambiental para exposición de corta duración (VLA-EC®) de 0,6 ppm (0,74 mg/m ³). Estos valores de exposición no pueden ser superados en ninguna jornada de trabajo, ponderándolas a 8 horas, en el caso del VLA-ED®, y, en ningún momento de la jornada, ponderándolo a periodos de 15 minutos, en el caso del VLA-EC®.	INSST, 2021
Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)	Estados Unidos	Límite promedio de exposición permisible (PEL) durante periodos de 8 horas de 0,75 ppm. Límite para exposiciones de 15 minutos (STEL) es de 2,0 ppm.	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1999
Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)	Estados Unidos	Límite ocupacional de 0.016 ppm como promedio durante 8 horas Límite ocupacional de 0,1 ppm durante periodos de 15 minutos.	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1999

Fuente: FACA Committee (2008).

Una de las principales fuentes de formaldehído en vivienda deriva del mobiliario fabricado con paneles de madera. La investigación sobre la distribución de la concentración de formaldehído en nuevos edificios residenciales se realizó en China en el año 2017, por medio de investigaciones y pruebas de campo (dispositivo portátil de prueba de formaldehído, instrumento inalámbrico de adquisición de datos y sensor de formaldehído), y concluyó que los muebles de madera son una de las principales fuentes de HCHO en interiores.

En la República Checa, en el año 2012, se llevó a cabo un estudio para monitorear las emisiones de formaldehído provenientes de una amplia variedad de productos de madera. Este estudio se enfocó en productos

de madera maciza, madera contrachapada, tableros y pisos, todos ellos fabricados para su uso en materiales de construcción y mobiliario. Para asegurar la fiabilidad de los resultados, el equipo de investigación empleó las normas europeas EN 717-1 y EN 717-2. La norma EN 717-1, conocida como el método de la cámara pequeña, fue utilizada para evaluar las emisiones en un entorno controlado y reproducible.

Por otro lado, la norma EN 717-2 se utilizó para determinar la liberación de HCHO mediante el método de análisis de gases, proporcionando una perspectiva complementaria de las emisiones. Las fuentes primarias de contaminantes interiores son los productos de madera prensada, como la madera contrachapada y sus resinas adhesivas. La selección del material de revestimiento para la fabricación de paneles de madera contrachapada es crucial para predecir la tasa de emisiones de formaldehído cuando estos paneles se emplean en aplicaciones interiores. (Böhm et al., 2012).

En este sentido, para determinar las emisiones de HCHO de paneles de madera, la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés American Society for Testing and Materials) ha establecido las siguientes normas:

ASTM D 5582 – 00 “Método de prueba estándar para determinación de los niveles de formaldehído en productos de madera usando un desecador” (ASTM Internacional, 2000).

ASTM D 6007 – 02 “Método de prueba estándar para determinación de la concentración de formaldehído en el aire de la madera productos que utilizan una cámara de pequeña escala” (ASTM Internacional, 2002).

ASTM E 1333 – 96 “Método de prueba estándar para determinación de las concentraciones de formaldehído en el aire y tasas de emisión de productos de madera utilizando una gran cámara” (ASTM Internacional, 1996).

En resumen, con base en estudios de instituciones e investigaciones, se concluye que la exposición prolongada y constante a COV, específicamente al formaldehído, en espacios interiores como viviendas y lugares de trabajo, presenta un riesgo significativo para la salud humana. Los estudios y regulaciones mencionados demuestran que el formaldehído, un COV comúnmente emitido por materiales de construcción y muebles de madera, es un carcinógeno conocido y puede causar una variedad de efectos adversos, desde irritaciones leves hasta problemas respiratorios graves y enfermedades crónicas.

Discusión

Los datos muestran una relación clara entre la concentración de formaldehído y la gravedad de los efectos en la salud. Las concentraciones bajas (<1.0 ppm) suelen causar irritación leve que es generalmente reversible. Sin embargo, a medida que aumenta la concentración, los efectos se intensifican, llegando a causar serias complicaciones respiratorias y, en concentraciones extremadamente altas, la muerte.

Los estudios controlados confirman que incluso exposiciones a corto plazo a concentraciones relativamente bajas pueden causar síntomas molestos y afectar la calidad de vida. Además, los estudios resaltan la importancia de la duración de la exposición y las condiciones (como el ejercicio físico) en la manifestación de los síntomas.

Las tasas de intercambio de aire son una forma eficaz para reducir la concentración de HCHO; cuando las puertas y ventanas de la habitación están cerradas por la noche, la concentración de formaldehído supera seis veces más el estándar. (Liu et al., 2017).

Uno de los estudios mencionados en la tabla 5 subraya la importancia de considerar tanto la duración de la exposición como las actividades físicas al evaluar el impacto del formaldehído en la salud. Aunque ambos grupos experimentaron niveles similares de irritación leve a leve-moderada, las pequeñas disminuciones en la función pulmonar en sujetos sanos durante el ejercicio intenso resaltan la necesidad de atención específica a las condiciones de exposición. En este sentido, dichos estudios no especifican la edad, lo cual puede ser deficiente debido a que en otras investigaciones se menciona dentro de los grupos vulnerables a infantes, adultos de la tercera edad y personas enfermas. Tampoco se identifica el sexo, lo cual es una condición fisiológica del individuo. Por último, tampoco se especifica el tipo de actividad, solo menciona que se realiza ejercicio pesado; lo anterior es importante porque los trabajadores de la construcción están en contacto con materiales que emiten HCHO durante su fabricación e instalación.

Conclusiones

Determinar la concentración de formaldehído en espacios interiores es esencial para el control ambiental y la protección de la salud humana, siendo crucial contar con estándares normativos que establezcan parámetros de exposición a concentraciones mínimas de HCHO.

Durante la revisión bibliográfica para esta investigación, se encontró que en México no existen estándares que establezcan parámetros de HCHO en espacios interiores, ni límites para las emisiones máximas de materiales de construcción, especialmente de tableros derivados de madera utilizados en mobiliario. Por consiguiente, se estudiaron diferentes agencias internacionales que establecen valores límites y tiempos de exposición a concentraciones de HCHO.

Para mitigar los riesgos asociados con las emisiones de formaldehído en espacios interiores, se proponen las siguientes estrategias:

- Evaluación de materiales: Selección cuidadosa de materiales durante la etapa de diseño arquitectónico, incluyendo la identificación y etiquetado de HCHO en materiales.
- Parámetros de instalación: Establecer parámetros de tiempo óptimos para la instalación de materiales y acabados.
- Ventilación adecuada: Implementación de tasas de intercambio de aire.

Los hallazgos de los estudios mencionados fueron fundamentales para comprender mejor la liberación de formaldehído de los productos de madera y su potencial impacto en la calidad del aire interior y la salud de las personas. Esto subraya la necesidad de regulaciones estrictas y controles ambientales en espacios interiores para limitar la exposición al formaldehído.

Es crucial seguir investigando los efectos a largo plazo y las diferencias de susceptibilidad entre individuos con condiciones respiratorias preexistentes y la población sana para desarrollar directrices y límites de exposición más precisos y protectores.

Referencias

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (1999). *ATSDR- Resumen de Salud Pública: Formaldehído*. www.atsdr.cdc.gov/es
- Benedetti, L. (2008, March 1). El síndrome del edificio enfermo. *El Ecologista* No. 56. <https://www.ecologistasenaccion.org/17875/el-sindrome-del-edificio-enfermo/>
- Böhm, M., Salem, M. Z. M., & Srba, J. (2012). Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. *Journal of Hazardous Materials*, 221–222, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.013>
- Buckberry, J., & Crane-Kramer, G. (2022). The dark satanic mills: Evaluating patterns of health in England during the industrial revolution. *International Journal of Paleopathology*, 39, 93–108. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2022.10.002>
- Carson, B., Beall, C., & Ellis III, H. (1981). *Formaldehyde Health Effects*.
- Consejería de Sanidad de la Región de Murcia. (2007). *Riesgo Químico-Accidentes Graves Formaldehído*. http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc02/icsc0275.htm
- FACA Committee, A. (2008). Formaldehyde Interim AEGL Document.
- Garza Ayala, S. (2023). *Guías de Niveles de Exposición Aguda AEGL-Acute Exposure Guideline Levels*.
- Instituto Nacional del Cáncer. (2015). *El formaldehído y el riesgo de cáncer ¿Qué es el formaldehído?* <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2021). *Agentes cancerígenos en el trabajo*.
- Instituto Sindical de Trabajo, A. y S. (ISTAS). (2019). *Información para la prevención del uso del formaldehído en el sector de transformación de la madera*.
- International Agency for Research on Cancer. (2023, December 1). *IARC Monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans*. <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
- International, A., & indexed by mero, files. (n.d.-a). *Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small-Scale Chamber 1*.

- International, A., & indexed by mero, files. (n.d.-b). *Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber 1*.
- International, A., & indexed by mero, files. (n.d.-c). *Standard Test Method for Determining Formaldehyde Levels from Wood Products Using a Desiccator 1*.
- Juhasova Senitkova, I. (2018). *Interior surface materials as sources of indoor hygiene defects*. MATEC Web of Conferences, 146. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814603001>
- Liu, L., Yu, X., Dong, X., Wang, Q., Wang, Y., & Huang, J. (2017). The Research on Formaldehyde Concentration Distribution in New Decorated Residential Buildings. *Procedia Engineering*, 205, 1535–1541. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.238>
- Mendoza, D. L., Benney, T. M., & Boll, S. (2021). *Long-term analysis of the relationships between indoor and outdoor fine particulate pollution: A case study using research grade sensors*. Science of the Total Environment, 776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145778>
- Montes-Santiago, J. (2013). The lead-poisoned genius: Saturnism in famous artists across five centuries. In *Progress in Brain Research* (Vol. 203, pp. 223–240). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62730-8.00009-8>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Directrices de la OMS sobre vivienda y salud*. In *Directrices de la OMS sobre vivienda y salud*. Pan American Health Organization. <https://doi.org/10.37774/9789275325674>
- Roth, C. (2019). *Sección 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa 1.1 Identificador del producto*. www.carlroth.de
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018, June 16). *Fuentes de Contaminación Atmosférica*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *Calidad del aire interior*. United States Environmental Protection Agency. <https://espanol.epa.gov/cai/acerca-del-calidad-del-aire-interior>
- Wu, P., Guo, Q., Zhao, Y., Bian, M., Cao, S., Zhang, J. (Jim), & Duan, X. (2024). *Emerging concern on air pollution and health: Trade-off between air pollution exposure and physical activity*. Eco-Environment & Health. <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2024.01.012>