

## 4.15

# Formaldehído

- 4.15.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.15.1.1 SINONIMOS
  - 4.15.1.2 DESCRIPCION
  - 4.15.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.15.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.15.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.15.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.15.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.15.2.1 PRODUCCION
    - 4.15.2.1.1 Proceso con Catalizador de Plata No 1
    - 4.15.2.1.2 Proceso con Catalizador de Plata No 2
    - 4.15.2.1.3 Proceso Formprox
  - 4.15.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.15.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.15.3.1 INHALACION
  - 4.15.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.15.3.3 INGESTION
  - 4.15.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.15.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.15.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.15.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.15.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.15.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.15.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.15.5.1.3 Inhalación
    - 4.15.5.1.4 Ingestión
    - 4.15.5.1.5 Rescate
  - 4.15.5.2 INCENDIOS
  - 4.15.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.15.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**4.15.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

**4.15.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

**4.15.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

**4.15.8.1 FRASES DE SEGURIDAD**

**4.15.8.2 ALMACENAMIENTO**

**4.15.9 USOS Y CONTROLES**

**4.15.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE**

**4.15.10.1 SUELO**

**4.15.10.2 AIRE**

**4.15.10.3 AGUA**

**4.15.11 ECOTOXICIDAD**

**4.15.12 BIBLIOGRAFÍA**

#### 4.15.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(1,2,7)</sup>

**Fórmula:** HCHO

**CAS:** 50-00-0

**Fórmula Molecular:**  $\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{matrix}$

**Número UN:**

2209 (Solución acuosa con mínimo 25% de Formaldehído)

1198 (Formaldehído en solución inflamable)

2213 (ParaFormaldehído)

**Clase de Riesgo Principal UN:** 8

##### 4.15.1.1 SINÓNIMOS <sup>(2,3,10,15)</sup>

Esta sustancia se conoce con una buena cantidad de nombres; dentro de ellos está el Metanol, Oxido de Metileno, Oximetileno, Metilaldehído, Oxometano, Formalina (solución con agua), Aldehído Fórmico, Formol, Metilen Glicol, BFV, FA, IVALON, KARSAN, FYDE, LYSOFORM, Formaldehyde (Inglés) Aldehyde Formique (Francés), Aldeide Formica (Italiano).

##### 4.15.1.2 DESCRIPCIÓN

El Formaldehído puro a temperatura y presión ambiente es un gas incoloro de olor fuerte e irritante. A temperaturas menores de -20 °C es un líquido transparente e incoloro. Es irritante para los ojos y el tracto respiratorio aun a bajas concentraciones (1ppm) causando sensación de ardor a mayores concentraciones; los vapores de soluciones de Formaldehído son inflamables y explosivos. <sup>(2,5,8)</sup>

El Formaldehído es un producto metabólico importante en plantas y animales y por ello está presente en el medio ambiente de forma natural en bajas concentraciones. También se genera en el medio ambiente por combustión incompleta de material orgánico como combustibles líquidos o gaseosos derivados del petróleo <sup>(1)</sup>.

En estado gaseoso puro el Formaldehído tiende a polimerizar y por ello no se comercializa en forma pura; su almacenamiento y transporte se realiza en forma de soluciones en agua y Metanol. Las formas comerciales de estas soluciones, conocidas como formalinas, corresponden a entre 30% y 40% de Formaldehído y 15% de Metanol como agente estabilizante. Otros agentes estabilizantes pueden estar presentes hasta en 100 mg/l <sup>(2,8,9,10)</sup>.

Otra presentación comercial del Formaldehído corresponde a su forma sólida en dos tipos de productos, el trioxano [(CH<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>] y el paraFormaldehído que es la forma polimerizada del Formaldehído de entre 8 y 100 unidades <sup>(9,10)</sup>.

El Formaldehído es uno de los químicos orgánicos más importantes para síntesis en la industria química, donde se pueden encontrar hasta 50 líneas de trabajo diferentes <sup>(1)</sup>.

##### 4.15.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Composición de Formaldehído comercial en solución acuosa:

Componente	Contenido	Peligroso
Agua	48 - 53%	No
Formaldehído	37%	Sí
Metanol	10 - 15%	Sí

HCHO

Formaldehído

#### 4.15.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(1, 2, 8, 9, 10, 15, 17)</sup>

Tabla 48. Propiedades físicas para el Formaldehído

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	30,03
<b>Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)</b>	-19,5; sustancia pura 97; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-92; sustancia pura -15; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Presión de Vapor (mmHg)</b>	10; -88 °C sustancia pura 3883; 25°C sustancia pura
<b>Gravedad Específica (Agua = 1)</b>	1,067; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 0,815; sustancia pura -20 °C/4 °C
<b>Densidad del Vapor (Aire = 1)</b>	1,075; sustancia pura -20 °C 1,03; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>pH</b>	No Reportado
<b>Solubilidad en Agua</b>	55%; 20 °C
<b>Kow</b>	0,65
<b>Koc</b>	11,75
<b>Constante de la Ley de Henry (Pa*m<sup>3</sup>/mol)</b>	2, 65X10 <sup>-2</sup>
<b>Límites de Inflamabilidad (% vol)</b>	7%-73%; 25 °C
<b>Temperatura de Auto Ignición (°C)</b>	430; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol
<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	50; formalina, 37% formaldehído, 15% metanol 85; formalina, 37% formaldehído, sin metanol

#### 4.15.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Formaldehído es una sustancia muy reactiva, pudiendo aun reaccionar consigo misma a través de un proceso de autopolimerización para generar paraFormaldehído. Se descompone por acción del calor. A temperaturas mayores de 150 °C se descompone en Dióxido de Carbono y Metanol. Este proceso de degradación también se lleva a cabo en presencia de luz solar, donde sufre oxidación hasta Dióxido de Carbono. Es muy inflamable y forma mezclas explosivas en el aire en el intervalo de 7% a 73% en volumen a 25 °C. Reacciona con rapidez al entrar en contacto con agentes oxidantes fuertes, álcalis, ácidos, fenoles y urea <sup>(5, 8, 9, 10)</sup>.

El Formaldehído es soluble en agua, alcoholes y otros solventes polares. En soluciones acuosas el Formaldehído se hidroliza y polimeriza y puede existir como metilenglicol, polioximetileno y otros compuestos. Las soluciones de Formaldehído en concentraciones mayores del 30% se enturbian debido a la precipitación de los polímeros del Formaldehído, esto se evita adicionando estabilizantes como Metanol a la solución o manteniéndola a temperatura mayor de 100 °C <sup>(10)</sup>.

Según se describe en Ullman 's <sup>(1)</sup>, el Formaldehído es una sustancia de amplia aplicación industrial debido a la gran gama de productos y usos a los que se puede aplicar. Se aprecian seis tipos de reacciones principales en las que interviene el Formaldehído: descomposición, polimerización, de reducción y oxidación, de adición, de condensación y de formación de resinas.

- **Descomposición.** Ocurre a temperaturas por encima de 150 °C y da lugar a Dióxido de Carbono y Metanol. Arriba de los 350 °C la descomposición ocurre hacia monóxido de Carbono e Hidrógeno. Por esta vía y en presencia de catalizadores metálicos (Aluminio, Platino, Cobre, Cromo) se puede obtener Metanol, formato de metilo, ácido fórmico y metano.
  
- **Polimerización.** La polimerización del Formaldehído ocurre a temperaturas que normalmente se encuentran por debajo de 100 °C; este proceso ocurre tanto en forma gaseosa pura como en sus soluciones. La polimerización se cataliza con sustancias polares como ácidos, álcalis o agua. Los productos de la polimerización corresponden a paraFormaldehído en fase gaseosa y polioximetilenos en solución con agua.
  
- **Reducción y Oxidación.** El Formaldehído se puede reducir a Metanol con Hidrógeno en presencia de un catalizador de níquel. Se oxida con Acido Nítrico, permanganato de potasio, dicromato de potasio u Oxígeno hasta ácido fórmico o Dióxido de Carbono y agua. En presencia de metilatos de Aluminio o magnesio el paraFormaldehído reacciona para formar formato de metilo.
  
- **Adición.** Con ácido Hidrociánico forma Glicolonitrilo. Con Acetileno genera 2-Butino-1,4-Diol. Las bases fuertes convierten al Formaldehído en una mezcla de hexosas por condensación aldólica múltiple.
  
- **Condensación.** Interviene en reacciones de condensación junto con grupos amino. Con aminas e Hidrógeno se producen metil-aminas. Con Amoníaco produce hexametilentetramina, con cloruro de amonio forma mono, di y trimetilamina y ácido fórmico dependiendo las condiciones de reacción. Reacciona con muchas sustancias generando grupos metilol (-CH<sub>2</sub>OH) como en el caso de metilolfenol, mono, di y trimetilolurea, etc. Las sustancias aromáticas se combinan con el Formaldehído y producen difenilmetanos. Por esta vía se obtienen las hidracinas, hidrazonas y semicarbazonas.
  
- **Formación de Resinas.** La reacción de condensación de Formaldehído con urea, melamina, uretanos, amidas, amidas aromáticas sulfonadas y fenoles produce una gran cantidad de resinas de uso en diferentes áreas.

#### 4.15.1.5.1 Incompatibilidades

La alta reactividad del Formaldehído hace que se presenten peligros químicos en muchos tipos de circunstancias y con muchos tipos de compuestos. En soluciones acuosas del 40% de concentración se comporta como un agente reductor poderoso de reacción violenta con aminas, compuestos azo, ditiocarbamatos, metales alcalinos y alcalinotérreos, sulfuros, compuestos alifáticos insaturados, peróxidos orgánicos y agentes oxidantes fuertes como el ácido perclórico<sup>(2, 8, 10)</sup>.

El calentamiento de soluciones de formalina provoca desprendimiento del Formaldehído contenido en la solución; una vez en la atmósfera, esta sustancia se convierte en un agente irritante fuerte para cualquier persona cercana. Se pueden generar peligros adicionales con riesgo de explosión por causa del calentamiento excesivo de este tipo de soluciones cuando se alcanza la temperatura de auto inflamación o por su descomposición térmica donde se produce Hidrógeno altamente explosivo<sup>(2, 9, 10)</sup>.

Cuando el Formaldehído reacciona con ácido clorhídrico o con otros cloruros orgánicos se forma el compuesto bis-clorometil éter, que es una sustancia considerada como cancerígena<sup>(2)</sup>.

De forma general, los compuestos básicos catalizan de una manera marcada la polimerización del Formaldehído. El contacto de esta sustancia con bases fuertes provoca polimerizaciones peligrosas por la cantidad de energía liberada y por el riesgo de explosión que esto trae consigo<sup>(2)</sup>.

HCHO

Formaldehído

## 4.15.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.15.2.1 PRODUCCIÓN

Industrialmente el Formaldehído se produce por medio de la oxidación del Metanol en presencia de catalizadores metálicos y Oxidos metálicos como plata, Cobre, hierro o molibdeno.<sup>(8,10)</sup>

Existen tres métodos para la producción de Formaldehído comercial; dos de ellos emplean catalizadores de plata y uno catalizadores de ferro-molibdeno. La presión de operación que se maneja en todos los tres procesos corresponde básicamente a la atmosférica; las temperaturas de operación dependen del catalizador usado y varían entre 250 y 720 °C. En todos los procesos, las cantidades relativas de aire-Metanol y aire-Formaldehído deben estar fuera de los límites de explosión para las respectivas mezclas. Los productos generados por reacciones laterales en estos procesos incluyen el Dióxido de Carbono, el Hidrógeno, formato de metilo, metano y ácido fórmico<sup>(1,7,9)</sup>.

#### 4.15.2.1.1 Proceso con Catalizador de Plata No 1<sup>(1,7,9)</sup>

En este procedimiento se realiza una oxidación parcial del Metanol seguida de una deshidrogenación con aire en presencia de cristales de plata, vapor de aire y un exceso de Metanol. El intervalo de temperatura oscila entre 680 y 720 °C. La conversión que se alcanza para el Metanol está en el orden de 98%.

#### 4.15.2.1.2 Proceso de Catalizador de Plata No 2<sup>(1,7,9)</sup>

Al igual que en el método anterior, el proceso implica una oxidación parcial y deshidrogenación con aire en catalizadores de plata cristalina o gasa de plata con vapor y exceso de Metanol a temperaturas entre 600 y 650 °C. La conversión de Metanol está entre 77 y 87%, el Metanol que no reacciona, se destila y recircula al proceso.

#### 4.15.2.1.3 Proceso Formprox<sup>(1,7,9)</sup>

Se realiza solo un proceso oxidativo con aire en exceso en presencia de un catalizador modificado de hierro-molibdeno-vanadio. La temperatura de operación se encuentra entre 250 y 400 °C. La conversión del Metanol es de 99%.

### 4.15.2.2 APLICACIONES Y USOS

Los procesos de producción y materias primas para el Formaldehído hacen que este sea un producto intermedio de gran abundancia, bajo costo, alta pureza y amplia versatilidad para uso en muchas industrias de transformación química<sup>(1,7,8)</sup>.

La generación de resinas constituye el uso para el que se consume la mayor cantidad de Formaldehído. Con este fin se generan resinas de urea Formaldehído, resinas de poliacetato, resinas fenólicas, resinas de melamina-Formaldehído, de hexametilentetramina, de trimetilolpropano, de 1,4-butanodiol, de pentaeritritol y otras. Las resinas de urea Formaldehído se usan en el tratamiento de papel y textiles, en compuestos de moldeo, en recubrimientos para superficies y en espumas; las resinas fenólicas se emplean en aislamientos y en adhesivos para conglomerados de madera; las resinas de melamina se emplean en recubrimiento de superficies, en laminados y en adhesivos para madera; la hexametilentetramina se usa en resinas fenólicas termoestables, en agentes de curado para resinas y en explosivos; el trimetilolpropano se usa en la fabricación de uretanos, de lubricantes, de resinas alquídicas y de acrilatos multifuncionales; el 1,4-butanodiol se usa en la generación de tetrahidrofurano, de butirolactona y de polibutentereftalato; finalmente el pentaeritritol se usa en la fabricación de resinas alquídicas, de lubricantes sintéticos y en explosivos. Otros usos de las resinas generadas a partir del Formaldehído incluyen la manufactura de artefactos para usos eléctricos como interruptores, tomacorrientes y en partes de motores eléctricos<sup>(2,8,9,10)</sup>.

Otras industrias que se valen de las propiedades insecticidas, germicidas y funguicidas del Formaldehído son la de los detergentes y agentes de limpieza industrial donde se usa como preservante en jabones, detergentes y agentes de limpieza; en la industria de los cosméticos se usa como preservativo en jabones, desodorantes, champús y en productos para la higiene oral; en la industria azucarera se usa como inhibidor de crecimiento

bacteriano en los jugos de caña; en la medicina se usa para la desinfección y esterilización de equipo médico y en preparaciones de preservación de tejidos; se usa como biocida y agente auxiliar de refinado en la industria del petróleo; la industria agrícola lo usa en la preservación de granos, desinfección del suelo, protección de las raíces de plantas contra infecciones y como protección de proteína dietaria en alimentos para rumiantes; en los alimentos tiene aplicación como preservante de alimentos secos y en la preservación de pescado, aceites y grasas; <sup>(2, 8, 9)</sup>.

En la industria de los metales el Formaldehído se emplea como inhibidor de corrosión, en la recuperación de oro y plata y para operaciones de electroplateado. En la perforación de pozos petroleros se usa como vehículo en procesos de deposición con vapor. En la industria de los fertilizantes, el Formaldehído se emplea en la fabricación de resinas diseñadas para la liberación lenta de fertilizantes en el suelo. La industria del cuero usa el Formaldehído en el proceso de curtición <sup>(2, 5)</sup>.

#### 4.15.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Frases de Riesgo <sup>(13)</sup>

##### Solución de Formaldehído, Concentración entre 1% y 5%

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

##### Solución de Formaldehído, Concentración entre 5% y 25%

**R20/21/22:** Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R36/37/38:** Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

##### Solución de Formaldehído, Concentración >25%

**R23/24/25:** Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel

**R34:** Provoca quemaduras

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R43:** Posibilidad de sensibilización al contacto con la piel

La toxicidad del Formaldehído se debe principalmente a sus propiedades altamente irritantes para los tejidos vivos que entran en contacto con él. Las síntomas más comunes de la exposición a Formaldehído son la irritación en los ojos, nariz y garganta. Estos síntomas se perciben a partir de concentraciones de entre 0,4 y 3 ppm. La variabilidad en la concentración de aparición de los efectos depende de cada exposición específica debido a que cada persona posee sus propios niveles de detección <sup>(5, 8, 9, 11)</sup>.

La toxicidad del Formaldehído está enfocada a la ruta de exposición por la cual tenga acceso al organismo. La irritación por contacto se ve en las rutas por inhalación, por ingestión y por la piel. Concentraciones altas son tóxicas para las células y resultan en degeneración y necrosis de las capas mucosas y epiteliales de las células <sup>(7)</sup>.

Los efectos de la ingestión de grandes cantidades de Formaldehído conducen a dolor intenso en el abdomen, vómito, estado de coma y, dependiendo de la dosis ingerida, se puede producir la muerte de la persona expuesta. Si la sustancia que se ingiere es formalina (solución acuosa de Formaldehído) con Metanol como agente de estabilización, se pueden presentar efectos nocivos debidos al Metanol; estos incluyen visión borrosa o su posible pérdida en forma permanente. El contacto de la piel con Formaldehído en altas concentraciones, ya sea en el aire o en soluciones, genera principalmente irritación local. Otro peligro que presenta el Formaldehído lo constituye su alta inflamabilidad y explosividad en mezclas con aire. Además de lo anterior, instituciones como la IARC (International Agency for Research on Cancer) y la OSHA (United States Occupational Safety and Health Administration) consideran al Formaldehído una sustancia probablemente cancerígena

HCHO

Formaldehído

para seres humanos; la decisión sobre su potencial cancerígeno no ha sido definitiva en virtud a que los diferentes estudios que soportan estos resultados muestran conclusiones divergentes <sup>(5, 8, 10, 11)</sup>.

Un tipo de peligro a tener en cuenta en el manejo de Formaldehído obedece a su alta inflamabilidad y a su posibilidad de generación de mezclas explosivas con el aire a bajas y altas concentraciones de Formaldehído (7%-73% de Formaldehído en volumen) <sup>(11, 8)</sup>.

#### **4.15.3.1 INHALACIÓN**

Esta es la vía de contacto más común del Formaldehído con el tejido animal, vegetal o humano. Normalmente todo tipo de población está expuesta a niveles bajos de Formaldehído en el aire que ocurren de forma natural o por fuentes humanas. Los mayores niveles de exposición a Formaldehído están presentes en personas que viven cerca o trabajan en plantas de fabricación o transformación de esta sustancia. Personas que trabajan en laboratorios del área de la salud también pueden estar expuestas por causa de la utilización del Formaldehído con fines de preservación de especímenes, tejidos, órganos, etc. A nivel doméstico, el Formaldehído puede alcanzar el aire por liberación directa a partir de productos como pinturas de látex, endurecedores de uñas, artículos de fibra de vidrio y otros varios <sup>(2, 5, 7)</sup>.

El Formaldehído disperso en el aire se absorbe rápidamente a través de los pulmones; una vez se absorbe por un organismo, se transforma y destruye rápidamente por acción metabólica. Casi todos los tejidos del organismo son capaces de degradar el Formaldehído transformándolo en formiato, que se elimina por vía urinaria. También se puede convertir en Dióxido de Carbono y de esta forma se elimina en la respiración. Otra vía de transformación metabólica del Formaldehído en el organismo implica su acondicionamiento para la generación de moléculas más grandes asimilables por los tejidos <sup>(2, 5, 7, 8)</sup>.

NIOSH (United States National Institute for Occupational Safety and Health) considera que una concentración en el aire de Formaldehído a partir de 20 ppm es peligrosa de forma inmediata para la salud humana, no obstante en casos extremos esta concentración se puede sobrepasar por mucho. Los casos de exposición por tiempos prolongados en concentraciones consideradas como agudas traen consigo el riesgo de muerte para cualquier individuo presente en el área de peligro. La exposición aguda al Formaldehído se da en niveles entre 50 y 100 ppm donde se detecta principalmente por su olor; los efectos en las vías respiratorias son muy serios y por lo general se presentan en forma de quemaduras e irritación muy fuerte de nariz, tráquea, esófago, bronquios y pulmones. En concentraciones de entre 10 y 20 ppm se presenta dificultad en la respiración debida a la inflamación de vías respiratorias, tos, y quemaduras severas de nariz y garganta. A 10 ppm el Formaldehído provoca lagrimeo profuso pero se puede soportar por algunos minutos. A 4 o 5 ppm se genera irritación leve de las mucosas nasales y bucales. En 1 ppm solo se siente su olor, aunque personas muy sensibles a esta sustancia pueden desarrollar irritaciones leves. Las exposiciones de alguna consideración provocan en las víctimas dolor de cabeza, rinitis, bronquitis, edema pulmonar o neumonía como efectos comunes. Los efectos de exposición a Formaldehído pueden ser retardados y presentarse luego de periodos de entre 3 y 6 horas <sup>(2, 5, 7, 8)</sup>.

Los niños se ven más afectados que los adultos expuestos a niveles similares de Formaldehído debido a su mayor relación de área pulmonar con respecto al área corporal y a su mayor frecuencia respiratoria <sup>(6)</sup>.

El CL<sub>50</sub> del Formaldehído en roedores se encuentra entre 414 ppm (ratones por 4 horas) y 820 ppm (ratas por 30 minutos). Los efectos de exposición en animales son similares a los descritos en humanos en el párrafo anterior. Ratones expuestos a vapores de Formaldehído de 40 ppm, 6 horas al día por 5 días a la semana por un periodo de 13 semanas presentaron mortalidad en un 80% de los casos mientras que en iguales condiciones a 20 ppm no se presentó ninguna víctima fatal <sup>(7, 10)</sup>.

#### **4.15.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

Industrialmente el contacto ocular o cutáneo con vapores o soluciones de Formaldehído se puede generar en ambientes con pobre control de emisiones y de operaciones en donde se requiera la manipulación de esta sustancia en recipientes no herméticos.

El empleo de Formaldehído como aditivo en cosméticos genera algún grado de exposición para personas ajenas a los ambientes industriales; no obstante los niveles empleados siempre se controlan para no exceder el umbral de irritabilidad en la piel <sup>(7)</sup>.

El uso del Formaldehído en forma directa en soluciones acuosas como desinfectante y medio de conservación de muestras en laboratorios, hospitales y centros de investigación hace que personas como médicos, enfermeras, auxiliares de laboratorio y personal de limpieza estén en riesgo de contacto mayor con esta sustancia que el común de las personas.

El contacto ocular con vapores de Formaldehído produce irritación y lagrimeo desde concentraciones tan bajas como 0,4% para algunas personas. Dependiendo de la concentración, las soluciones de Formaldehído pueden causar incomodidad temporal e irritación o efectos más severos, incluyendo opacidad y ulceraciones en la córnea, muerte de las células en la superficie del ojo, perforaciones de los lentes oculares y pérdida permanente de la visión; estos efectos son retardados en algunos casos y se pueden presentar en el lapso de hasta 12 horas. Los efectos de soluciones diluidas en cortos tiempos de exposición desaparecen al cabo de unos minutos y un adecuado y rápido tratamiento de primeros auxilios <sup>(7,8)</sup>.

Los efectos que se presentan en la piel son proporcionales a las concentraciones de exposición y a los tiempos de exposición. En los casos más agudos se presentan quemaduras y ulceraciones graves <sup>(7,8)</sup>.

Los niños son más vulnerables a agentes tóxicos que afectan la piel que los adultos a causa de su mayor relación de área corporal en referencia con su peso <sup>(8)</sup>.

#### 4.15.3.3 INGESTIÓN

La ingestión de Formaldehído por seres humanos tiene lugar por el consumo de alimentos que incluyen esta sustancia dentro de su formulación como agente conservante; no obstante las dosis son lo suficientemente pequeñas como para no tener efectos en la salud. En forma aguda, la ingestión se puede presentar en intentos de suicidio o en incidentes accidentales con soluciones de Formaldehído destinadas para la limpieza o desinfección <sup>(7)</sup>.

La absorción de Formaldehído en el organismo a través del tracto gastrointestinal es rápida luego de una exposición por vía oral, pero los efectos que se puedan presentar son retardados por la ingestión de alimentos. Una vez se absorbe, el Formaldehído se transforma en ácido fórmico por la acción de una serie de reacciones metabólicas; el ácido fórmico causa desequilibrios de pH así como otros efectos en el organismo que pueden ir en contra del buen funcionamiento corporal <sup>(8)</sup>.

La dosis letal probable de Formaldehído (como formalina) para seres humanos ( $DL_{50}$ ) se encuentra entre 500 y 5000 mg/kg, que representa una cantidad total de entre 35 y 350 g para una persona de 70 kg de peso. En ratas y conejillos de indias las  $DL_{50}$  son similares que en caso de humanos, siendo éstas de 800 y 260 mg/kg de peso para cada especie respectivamente <sup>(2,8,10)</sup>.

La ingestión de formalina causa lesiones severas en el tracto gastrointestinal. El mecanismo de acción exacto para la toxicidad del Formaldehído no se ha entendido con claridad pero se sabe que puede interactuar con moléculas en las membranas celulares en los tejidos y fluidos corporales y puede obstaculizar las funciones celulares. El consumo de altas concentraciones de Formaldehído provoca precipitación de proteínas celulares generando la muerte celular y en general la necrosis del área afectada <sup>(8)</sup>.

Las soluciones de Formaldehído provocan lesiones corrosivas severas en la boca, el esófago y el estómago. Por acción de la ingestión se pueden presentar efectos como náuseas, vómito, diarrea, dolor abdominal, inflamación estomacal, ulceraciones y perforaciones de la faringe, epiglotis, esófago y estómago. Estos efectos en casos graves pueden causar hemorragias internas, necrosis masiva de los tejidos y finalmente la muerte del individuo al

HCHO

Formaldehído

cabo de un periodo comprendido entre 5 y 24 horas después de la ingestión. Los problemas más graves causados por ingestión de formalina se pueden evitar si la víctima recibe a tiempo procedimientos de primeros auxilios y de atención médica de emergencia <sup>(7,8)</sup>.

#### **4.15.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

En exposiciones prolongadas por vía respiratoria a bajas concentraciones de Formaldehído se puede presentar asma y problemas pulmonares crónicos. Es posible desarrollar dolor de cabeza persistente, personalidad depresiva, cambios repentinos de ánimo, insomnio, irritabilidad, dificultad de concentración y pérdida leve de la memoria <sup>(8)</sup>.

El Formaldehído se absorbe por la piel y puede causar irritación o dermatitis alérgica en concentraciones bajas de alrededor de 1 o 2%.

#### **4.15.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.15.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(7)</sup>**

En pacientes que ingieren Formaldehído se ha reportado la muerte como consecuencia de fallos del sistema cardiaco que dan inicio con una caída notoria de la presión sanguínea. Otras víctimas muestran alteraciones como taquicardia antes del colapso circulatorio.

##### **4.15.3.5.2 Efectos Musculares <sup>(7)</sup>**

Los efectos descritos en estudios realizados con personas expuestas a vapores de Formaldehído en sus lugares de trabajo muestran rigidez muscular luego de exposición crónica. Las personas estudiadas son empleados y propietarios de funerarias que realizan procedimientos de embalsamado.

##### **4.15.3.5.3 Efectos Renales <sup>(7)</sup>**

Fallas renales previas a la muerte se reportan en ingestiones agudas de soluciones de Formaldehído para víctimas de suicidio. De forma crónica en estudios efectuados sobre ratas se reporta aumento en necrosis de tejido renal luego de exposición a 82 mg/kg/día por 2 años.

##### **4.15.3.5.4 Efectos Inmunológicos <sup>(7)</sup>**

El Formaldehído se considera como un agente alergeno <sup>1</sup> para los seres humanos, pero sus efectos se notan a partir de concentraciones entre 0,025 y 0,05%. La vía cutánea es la ruta de mayor incidencia para la aparición de los síntomas de alergia al Formaldehído. Las reacciones alérgicas solo se presentan en individuos sensibles a esta sustancia por cuanto no todas las personas están expuestas a estos efectos. Los síntomas que presentan las personas alérgicas incluyen dermatitis local en el área de contacto y edema laríngeo y bronco espasmo para el caso de inhalación en pequeñas cantidades.

##### **4.15.3.5.5 Efectos Neurológicos <sup>(7)</sup>**

El consumo de Formaldehído en exposiciones agudas puede generar letargo, ataques parecidos a los generados por la epilepsia y pérdida de la conciencia. Las personas expuestas a Formaldehído en la atmósfera muestran disminución en el desempeño de sus labores, pérdida de la concentración, disminución en el desempeño de la memoria, variaciones en el estado de ánimo e irritabilidad. Los síntomas se pueden presentar en concentraciones tan bajas como 5 ppm.

#### **4.15.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 100 mg/kg <sup>(16)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación): 1000 mg/m<sup>3</sup>/30 minutos <sup>(16)</sup>

El Formaldehído muestra propiedades genotóxicas en humanos y en animales de laboratorio produciendo aberraciones en los Cromosomas. Se recomienda seguimiento médico para mujeres en estado de embarazo que se hayan expuesto a concentraciones altas de Formaldehído <sup>(8)</sup>.

<sup>1</sup> Sustancia capaz de generar alergias

La exposición crónica a vapores de Formaldehído está asociada en algún grado al desarrollo de cáncer de vías respiratorias y generación de tumores nasales en seres humanos. En ratas expuestas a altas concentraciones de Formaldehído en diversos estudios se muestra desarrollo de diversos cuadros cancerígenos en la zona nasal y nasofaríngea. IARC (Internacional Agency for Research on Cancer) y EPA (Environmental Protection Agency) clasifican al Formaldehído como una sustancia probablemente cancerígena en virtud de los ensayos de laboratorio realizados en animales <sup>(7, 8, 9, 10)</sup>.

#### **4.15.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### **4.15.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

Las víctimas involucradas en accidentes de consideración con Formaldehído se deben retirar con prontitud de la zona de peligro. La contaminación aguda con Formaldehído puede requerir descontaminación y tratamiento médico de emergencia para las víctimas implicadas en el accidente <sup>(2)</sup>.

###### **4.15.5.1.1 Exposición en Ojos**

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al Formaldehído. Los empleados u operarios que manipulen esta sustancia no deben portar lentes de contacto. Si la víctima porta lentes de contacto en el momento del accidente, éstos se deben retirar de los ojos tratando de no generar heridas adicionales. Los ojos se deben lavar con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando eventualmente los párpados superior e inferior para retirar la posible acumulación de sustancia en estas superficies. La víctima se debe remitir a asistencia médica inmediatamente <sup>(2, 11, 12)</sup>.

###### **4.15.5.1.2 Exposición en la Piel**

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al Formaldehído. Se deben retirar de forma rápida las prendas de ropa que se hayan contaminado con esta sustancia para evitar exposiciones prolongadas. La piel contaminada con Formaldehído se debe lavar muy bien con agua y jabón. Las exposiciones severas requieren atención médica de forma rápida para evitar complicaciones posteriores de la salud <sup>(2, 11, 12, 15)</sup>.

###### **4.15.5.1.3 Inhalación**

La persona afectada se debe retirar del peligro y se debe ubicar en una zona donde tenga acceso a aire fresco. El esfuerzo físico por lo general agrava los efectos que se puedan presentar en los pulmones y por tanto la víctima se debe mantener en reposo. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado <sup>(2, 11, 12)</sup>.

###### **4.15.5.1.4 Ingestión**

No es una buena práctica inducir el vómito en las víctimas que hayan ingerido soluciones de Formaldehído ya que este procedimiento puede conllevar al aumento en las quemaduras del tracto digestivo superior. El mejor procedimiento de primeros auxilios que se puede administrar en el caso en el que la víctima este conciente consiste en la dilución de los contenidos estomacales con aproximadamente dos vasos de agua o leche. Las personas afectadas se pueden tratar haciendo que beban carbón activado mezclado con una cantidad entre 125 y 250 ml de agua; la cantidad de carbón activado esta entre 15 y 30 g para niños y 50 y 100 g para adultos. Nunca se debe administrar ningún elemento por vía

HCHO

Formaldehído

oral a víctimas que se encuentren en estado de inconsciencia. Si la víctima ha dejado de respirar, se debe aplicar el procedimiento de respiración artificial<sup>(2,9)</sup>.

#### 4.15.5.1.5 Rescate

Las víctimas siempre se deben retirar de la zona de exposición lo más rápido posible por personal que porte equipo de seguridad adecuado que evite su propia exposición. El personal que trabaje en ambientes donde se pueda presentar exposición de algún tipo al Formaldehído debe ser entrenado en procedimientos de emergencia adecuados para cada instalación específica. Se debe identificar la ubicación de los elementos de seguridad y de primeros auxilios antes que se presente la necesidad<sup>(15)</sup>.

Para situaciones de emergencia se debe portar un aparato de respiración autocontenido de presión positiva o de demanda de presión con pieza facial completa. El equipo de protección debe incluir un traje hermético resistente a ataques de químicos. Materiales como caucho de butilo, butilo/neopreno o polietileno presentan buena resistencia al ataque del Formaldehído en soluciones acuosas de hasta 37%<sup>(2,15)</sup>.

#### 4.15.5.2 INCENDIOS

Esta es una sustancia inflamable. La zona de peligro se debe evacuar de forma inmediata en la presencia de fuegos incontrolables. Si el fuego proviene del escape de material de un contenedor y es posible cerrar el contenedor, esto es lo primero que se debe hacer si el peligro adicional no es muy grave; de otro modo, el contenedor se debe dejar arder libremente. Los fuegos pequeños provocados por esta sustancia se pueden tratar con polvo químico seco, Dióxido de Carbono, agua o espuma. Los fuegos mayores se deben tratar con espuma o con agua. Los contenedores de Formaldehído de gran tamaño se deben mantener frescos en un incendio usando chorros de agua aplicados sobre ellos pero sin permitir que el agua haga contacto con la solución de Formaldehído<sup>(2,11,12)</sup>.

#### 4.15.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Si se derrama o escapa Formaldehído en sus formas gaseosa o de solución en agua se deben seguir los pasos en seguida descritos<sup>(15)</sup>:

1. Si el Formaldehído esta en forma gaseosa, detener si es posible el flujo de gas. Si la fuente de la fuga es un cilindro y no se puede detener la fuga, retirar el cilindro a un área segura fuera del alcance inmediato de personas donde se pueda reparar el daño o se permita vaciar el cilindro.
2. Retirar todas las posibles fuentes de ignición de las zonas aledañas.
3. Ventilar el área de fuga o derrame.
4. Para derrames pequeños de soluciones que contengan Formaldehído se puede absorber el material derramado en un medio adecuado como toallas de papel que luego se pueden disponer en un contenedor para posterior tratamiento, que puede incluir su incineración o evaporación en una campana extractora.
5. Grandes cantidades de líquidos que contengan Formaldehído en solución se pueden absorber en vermiculita, arena seca, tierra o materiales similares no combustibles y luego se ubican en un contenedor para tratamiento posterior. Para realizar una neutralización del Formaldehído se puede emplear hidróxido de amonio diluido, carbonato de sodio o sulfito de sodio.

El personal que no porte equipo completo de seguridad se debe retirar de la zona de escape o fuga hasta que concluyan los procedimientos de limpieza.

#### 4.15.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 0,3 ppm; 0,37 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(14)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 0,75 ppm; 0,93 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(5,6,13,14)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 0,75 ppm; 0,93 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada)<sup>(14)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 20 ppm; 24,7 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(8)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 2 ppm; 3 mg/m<sup>3</sup> (Fecha de estudio no publicada) <sup>(2, 5, 6, 8)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permisible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.15.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(13, 15)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Formaldehído o con sus soluciones que posean una concentración mayor al 1%. Los empleados deben portar este mismo equipo de seguridad cuando estén expuestos de forma prolongada a soluciones de Formaldehído de concentración menor al 1%.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Formaldehído en forma gaseosa o en soluciones que posean un contenido mayor a 1%, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Formaldehído entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Formaldehído con contenidos mayores a 1% entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.15.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se debe usar equipo de protección respiratoria (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación .

**Tabla 49. Protección respiratoria mínima para Formaldehído en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima (OSHA)
Cualquier concentración detectable.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa y operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. C u a l -
Ingreso planeado o de emergencia en ambientes de concentración desconocida.	quier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Lucha contra el fuego.	Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Evacuación.	Cualquier aparato de respiración autocontenido apropiado para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Formaldehído, Potential Human Carcinogen " (15)

#### **4.15.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA**

Antes de trabajar con Formaldehído, el personal se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

Por causa del riesgo de generación de fuego y explosiones en áreas de manejo de Formaldehído se debe restringir la presencia de factores que sirvan como iniciadores de llama como cigarrillos, cortos circuitos, etc. Estas áreas deben poseer un buen sistema de ventilación para impedir la acumulación de vapores y gases tóxicos y explosivos<sup>(11, 12)</sup>.

Las áreas donde se efectúan operaciones de transformación de Formaldehído debe poseer sistemas de ventilación local aparte de los sistemas de ventilación general del ambiente de trabajo para los operarios<sup>(11, 12)</sup>.

Mientras se manipule esta sustancia, los trabajadores no deben ingerir alimentos o bebidas ni tampoco fumar<sup>(11, 12)</sup>.

##### **4.15.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(11, 12, 13)</sup>**

###### **Solución de Formaldehído, Concentración entre 1% y 5%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases / humos / vapores / aerosoles (denominación adecuada a especificar por el fabricante)

**S37:** Usense guantes adecuados

###### **Solución de Formaldehído, Concentración entre 5% y 25%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S51:** Usese únicamente en lugares bien ventilados

**S36/37:** Usense indumentaria y guantes de protección apropiados

###### **Solución de Formaldehído, Concentración >25%**

**S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños

**S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

**S36/37/39:** Usense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos / la cara

**S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)

**S51:** Usese únicamente en lugares bien ventilados

##### **4.15.8.2 ALMACENAMIENTO**

Las características de las soluciones de formalina son muy dependientes de la temperatura y teniendo en cuenta las necesidades específicas se debe almacenar a una temperatura específica. La forma de transporte y almacenamiento más común de soluciones de Formaldehído se da en contenedores de acero inoxidable, Aluminio, contenedores con recubrimiento de esmalte o resinas de poliéster<sup>(1)</sup>.

Se requieren lugares de almacenamiento bien ventilados y secos. Lejos de fuentes de ignición y de la acción directa de los rayos solares. El área de almacenamiento de Formaldehído debe estar lo más separada posible de sus materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo.

#### 4.15.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES<sup>(10)</sup>

Tabla 50. Usos, generación y control de emisiones de Formaldehído

Uso / Generación	Control
Durante la síntesis y manipulación de resinas de formaldehído; durante la síntesis de agentes quelantes.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.
Durante su uso en la manufactura de textiles y en operaciones de curtición.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.
En agentes de embalsamado, limpieza y desinfección.	Aislamiento del proceso, ventilación local, equipo de protección personal.

#### 4.15.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Formaldehído está presente en el medio ambiente como resultado de fuentes tanto naturales como humanas. Dentro de las principales fuentes naturales se encuentra la oxidación de hidrocarburos como metano, que es un gas de una abundancia relativamente alta en algunas zonas de la tierra. Otras fuentes naturales de menor importancia corresponden a la descomposición de residuos de plantas y la transformación de varios químicos emitidos por el follaje de árboles y arbustos. Las fuentes de emisión de Formaldehído o sus precursores en las que interviene el hombre están asociadas a la combustión incompleta de gasolinas en motores vehiculares sin convertidores catalíticos en sus gases de exhaustación; también están asociadas a la generación de residuos, emisiones o desechos durante la manufactura de Formaldehído y de materiales derivados o tratados con él<sup>(9)</sup>.

##### 4.15.10.1 SUELO

El Formaldehído no es una sustancia con una alta afinidad por el suelo o los sedimentos y por tanto no presenta una permanencia marcada en dichos elementos; preferiblemente se desplaza hacia el agua o el aire ayudado por la deposición húmeda en las lluvias o por el calentamiento del sol que lo envía a la troposfera. El Formaldehído que permanece en el suelo y no se retira por los dos factores mencionados antes se transforma y degrada por varios microorganismos del suelo que lo incorporan en su estructura; estos procesos hacen que su vida media en tierra sea de entre 24 y 168 horas dependiendo del tipo de suelo, de la facilidad de filtración y de la cantidad de microorganismos presentes<sup>(9,10)</sup>.

##### 4.15.10.2 AIRE

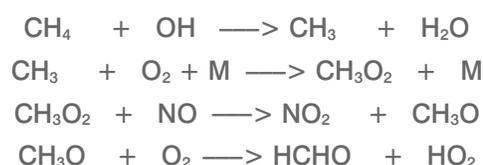
El aire es el medio más importante de permanencia en el ciclo del Formaldehído ya que muchos de los procesos de producción, emisión y degradación ocurren allí y por tal razón el aire es la forma más común de exposición de tipo crónico. La alta reactividad del Formaldehído unida con la gran variedad y disponibilidad de compuestos presentes en la atmósfera hacen que su vida media sea corta, pudiendo estar entre unos 30 minutos y un par de días dependiendo del lugar al que se haga referencia. Este hecho implica que el Formaldehído como tal no se desplaza grandes distancias luego de alcanzar la atmósfera sino que más bien se mantiene congregado cerca de los lugares de emisión<sup>(5,9)</sup>.

Los niveles de Formaldehído en la atmósfera varían de acuerdo con factores tales como la actividad industrial, el nivel de consumo de combustibles y la presencia de sus precursores. En zonas no muy habitadas las cantidades de Formaldehído presentes en el aire pueden ser tan bajas como 0,2 ppb; en áreas suburbanas los niveles suben entre 10 o 30 veces hasta alcanzar entre 2 y 6 ppb; en zonas densamente pobladas o muy industrializadas las cantidades pueden subir por lo regular hasta 10 o 20 ppb; esta condición puede empeorar si se está en horas pico donde las emisiones de gases de los automóviles alcanzan un máximo<sup>(5)</sup>.

Una fuente importante de generación de Formaldehído incluye la interacción de metano, radicales OH<sup>-</sup> libres, Oxígeno atmosférico y Oxidos de nitrógeno en una serie de reacciones descritas por las siguientes expresiones<sup>(9)</sup>:

HCHO

Formaldehído

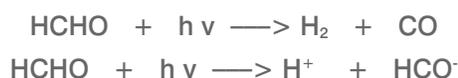


Existen muchas formas por las cuales el Formaldehído se transforma o se elimina en la atmósfera pero las principales corresponden a la reacción con radicales  $\text{OH}^\cdot$ , degradación por acción de radiaciones ultravioleta, reacción con  $\text{SO}_2$ , absorción en nubes y lavado en la lluvia. La mayor parte del Formaldehído generado en un día por diversos caminos se transforma y degrada el mismo día generando por lo común ácido fórmico y monÓxido de Carbono<sup>(8, 9)</sup>.

A niveles atmosféricos bajos, el mecanismo principal de remoción de Formaldehído lo constituye la reacción con radicales hidroxilo generados fotoquímicamente en la troposfera por causa de la siguiente reacción<sup>(9, 10)</sup>:



La degradación del Formaldehído por acción de radiaciones ultravioleta solares produce principalmente Hidrógeno y monÓxido de Carbono, aunque también se producen radicales hidrónio ( $\text{H}^+$ ) y formilo ( $\text{HCO}^\cdot$ )<sup>(9, 10)</sup>:



Los radicales hidrónio ( $\text{H}^+$ ) y formilo ( $\text{HCO}^\cdot$ ) reaccionan de manera rápida con el Oxígeno atmosférico y producen monÓxido de Carbono y radical hidroperoxilo ( $\text{HO}_2$ ). Bajo las condiciones apropiadas, las sustancias generadas en estos ciclos son constituyentes importantes del tipo de contaminación atmosférica conocida en algunos lugares como smog<sup>(10)</sup>.

La reacción del Formaldehído con Dióxido de azufre está asociada a fenómenos de acidificación de las precipitaciones. El Formaldehído reacciona con  $\text{SO}_2$  generando ácido metanosulfónico moderadamente concentrado, que es una vía de mayor velocidad que la del paso hasta ácido sulfúrico<sup>(9)</sup>.

Los procesos de remoción de Formaldehído atmosférico por absorción y lavado con lluvias son de menor importancia ya que solo remueven alrededor de un 1% de todo el Formaldehído atmosférico por esas vías. En la absorción, el Formaldehído gaseoso pasa a ser incluido dentro de las nubes cuando se forman las partículas de agua por acción de la condensación; por otro lado, en el proceso de lavado, las gotas de agua recorren la atmósfera y retiran partículas, gases y en general sustancias que guardan alguna relación con el Formaldehído<sup>(9)</sup>.

En horas de la noche cuando no hay radiaciones ultravioleta que den lugar a radicales  $\text{OH}^\cdot$ , la destrucción del Formaldehído ocurre gracias a una reacción en fase gaseosa con radicales nitrato; este tipo de comportamiento es más común en áreas urbanas, donde la concentración de radicales nitrato es mayor que en las zonas rurales. Como productos en esta interacción se generan Acido Nítrico y radicales formilo, éste último reacciona con otras sustancias hasta convertirse en ácido fórmico<sup>(10)</sup>.

#### 4.15.10.3 AGUA

El Formaldehído se disuelve rápidamente en el agua pero no se mantiene allí por mucho tiempo y por esta razón no se encuentra de forma común en lechos acuíferos. La cantidad de esta sustancia que logra permanecer en estado acuoso se transforma en otras sustancias por acción de iones hidroxilo libres, Oxígeno y microorganismos<sup>(8, 10)</sup>.

2 La palabra smog proviene de los vocablos "smoke" y "fog" del inglés que significan humo y niebla respectivamente.

El Formaldehído se considera como una sustancia biodegradable ya que los organismos acuáticos son capaces de metabolizarlo al cabo de pocas horas. Por causa de una reacción de hidratación, el Formaldehído se transforma de manera rápida en glicol. La reacción con grupos hidroxilo en presencia de Oxígeno produce ácido fórmico, agua y peróxido de Hidrógeno acuoso<sup>(9,10)</sup>.

La vida media del Formaldehído en el agua depende de factores importantes como la presencia y cantidad de microorganismos degradadores o la presencia de Oxígeno disuelto. En condiciones aeróbicas a 20 °C la transformación se puede desarrollar en el transcurso de 30 horas, mientras que en condiciones anaeróbicas a igual temperatura la transformación toma alrededor de 48 horas<sup>(10)</sup>.

#### 4.15.11 ECOTOXICIDAD<sup>(16,17)</sup>

##### Toxicidad para Peces

Trucha Arcoiris CL<sub>50</sub>: 214 mg/l

Pez Branquias Azules, 96 horas CL<sub>50</sub>: 100 ml/l

##### Toxicidad para Invertebrados

Daphnia magna LC<sub>50</sub> (48 h): 2 (mg/l)

Daphnia magna EC<sub>50</sub> (24 h): 42 (mg/l)

Helisoma sp. LC<sub>50</sub> (96 h): 37,5 (mg/l)

Corbicula sp. LC<sub>50</sub> (96 h): 50,8 (mg/l)

#### 4.15.12 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 11; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). Formaldehyde Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisión noviembre de 1987 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=117](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=117)
3. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Formaldehyde [en línea]. Enero de 1989 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en Enero de 2003 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs111.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ's for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts111.html>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Formaldehyde [en línea]. Julio de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.html>
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Formaldehyde [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado mayo de 2003 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg111.pdf>

HCHO

Formaldehído

9. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde* [en línea]. 1989 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm>
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Concise International Chemical Assessment Document 40, Formaldehyde* [en línea]. 2002 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>
11. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Formaldehyde* [en línea]. Octubre de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc02/icsc0275.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc02/icsc0275.htm)
12. Organización Internacional de la Salud (OIT). *International Chemical Safety Cards, Formaldehyde (37% Solution, methanol free)* [en línea]. Octubre de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc06/icsc0695.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc06/icsc0695.htm)
13. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
14. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Formaldehyde* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado enero de 2000 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_242600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_242600.html)
15. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Formaldehyde, Potential Human Carcinogen* [en línea]. 1988 [citado mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0293.pdf>
16. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Formaldehído en Solución. Última actualización 2003. Bogotá. Colombia.*
17. *Institute National de L'Environnement Industriel et Des Risques. Formaldehyde* [en línea]. Junio 18 de 2003 [citado octubre 4 de 2003]. Disponible en <http://www.ineris.fr/recherches/download/formaldehyde.pdf>

Formaldehído