



NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión

Documentación de

Toxicology of pyrolysis and combustion compounds
Toxicologie de composés de pyrolyse et combustion

Redactor:

Domenec Turuguet Mayol
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE FORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN - BARCELONA

Objetivo

Estudio de la toxicología de los compuestos químicos que se producen más frecuentemente durante un incendio, con indicación de los primeros auxilios apropiados en cada caso.

Compuestos de pirólisis y combustión

Cuando se produce la pirólisis y combustión de materiales durante un incendio, el efecto primario sobre las personas será la hipoxia o falta de oxígeno, al cual habrá de sumarse la toxicidad de los compuestos formados.

En esta nota, además de considerarse la hipoxia, se tratará de los siguientes compuestos: dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), ácido cianhídrico (HCN), ácido clorhídrico (HCl), óxidos de nitrógeno (NO, NO_2), dióxido de azufre (SO_2), ácido sulfhídrico (H_2S), ácido fluorhídrico (HF), fosgeno (COCl_2) y acroleína ($\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CHO}$).

Toxicología y primeros auxilios

Se indica para cada uno de los compuestos referenciados el TLV, el nivel IPVS ("Inmediato Peligro para la Vida y la Salud") o concentración máxima bajo la cual una persona puede escapar dentro de un período máximo de 30 minutos sin que los daños producidos impidan el escape o efectos irreversibles para la salud, así como otras concentraciones que producen determinados efectos. Los porcentajes de O_2 que aparecen en tablas se entienden en volumen.

También se comenta en cada caso los primeros auxilios o tratamientos adecuados.

Hipoxia

Los efectos fisiológicos producidos por cantidades decrecientes de oxígeno sobre los seres humanos aparecen en la tabla:

% O ₂ en aire	Signos o síntomas
20	Normalidad.
12 - 15	Pérdida de coordinación muscular en los movimientos del esqueleto.
10 - 14	Continúa la conciencia, pero falta el juicio y el esfuerzo muscular conduce a la fatiga rápida. IPVS.
6 - 8	Rápido colapso, pero un tratamiento rápido puede prevenir el desenlace fatal.
6	Se produce la muerte entre 6 y 8 minutos.

Cualquier caso de hipoxia necesita de respiración artificial, boca a boca y masaje cardíaco, o mejor, la combinación de los 3 métodos.

Dióxido de carbono (hipoxia hipercarbónica)

El CO₂ es un compuesto omnipresente en cualquier proceso de pirólisis y combustión y su presencia, además de reducir el contenido de O₂, puede dar determinada sintomatología propia.

Concentración en aire	Efectos
9000 mg/m ³ (5000 ppm)	TLV.
90000 mg/m ³ (50000 ppm)	IPVS.
5 - 6 %	Sensación de respiración forzada, pero raramente se produce disnea.
> 10 %	Disnea, dolor de cabeza, sudoración, jadeo, parestesias y un sentimiento general de malestar.

La intoxicación del sistema nervioso central por CO₂ es siempre un fenómeno reversible.

Los primeros auxilios se limitarán en los casos graves a la respiración artificial y masaje cardíaco.

Monóxido de carbono (CO)

Es el principal causante de las intoxicaciones y muertes producidas durante los incendios.

Concentración en aire	Efecto fisiológico
55 mg/m ³ (50 ppm)	TLV.
0,01‰	Exposición durante varias horas sin efecto.
0,04 - 0,05‰	Exposición durante 1 hora sin efectos.
0,06 - 0,07‰	Produce efectos apreciables al cabo de una hora.
0,12 - 0,15‰	Efectos peligrosos al cabo de 1 hora.
165 mg/m ³ (1500 ppm)	IPVS.
0,4‰	Mortal al cabo de una hora.

Los primeros auxilios y tratamiento de la intoxicación por CO obedece a la siguiente pauta:

a) La víctima está consciente y respira

- Sacarla del área contaminada.
- Trasladarla a una habitación tranquila, fresca y bien ventilada.
- Si el rostro está rojo, acostar a la víctima con el cuerpo elevado, pero si el rostro está pálido acostarla boca arriba, la cabeza vuelta a un lado y las piernas elevadas.
- Desabrocharle el cuello y el cinturón.
- Taparla con una manta.
- Hablarle con palabras reconfortantes.
- Llamar al médico, señalándole el producto inhalado y el estado de la víctima.

b) La víctima está consciente pero respira con dificultad o está inconsciente pero respira

- Llamar al médico, indicándole el producto inhalado y el estado de la víctima.
- Acostar la víctima con el cuerpo ligeramente elevado.
- Desabrocharle cuello y cinturón.
- Taparla con una manta.
- Hacerle inhalar oxígeno bajo presión, hasta la llegada del médico.

c) La víctima no respira

- Actuar rápidamente como en la situación anterior, pero comenzar **lo antes posible** la respiración artificial o la reanimación por el boca a boca.
- En cuanto sea posible, administrar oxígeno bajo presión con un aparato adecuado.

- Continuar la maniobra hasta la llegada del médico o bien hasta que la víctima vuelva a respirar.
- En cuanto vuelva a respirar, continuar la inhalación de oxígeno bajo presión hasta la llegada del médico.

Ácido cianhídrico (HCN)

Así como los compuestos anteriores se producen siempre en la combustión y pirólisis de compuestos que contienen carbono, el HCN sólo puede liberarse en compuestos que además de carbono contengan nitrógeno.

Concentración de HCN	Efecto
11 mg/m ³	TLV.
11 - 50 mg/m ³	Disnea.
55 mg/m ³	IPVS.
50 - 75 mg/m ³	Convulsiones.
75 - 120 mg/m ³	Asfixia.
120 - 150 mg/m ³	Mortal en 30 minutos a 1 hora.
300 mg/m ³	Mortal instantáneamente.

Los primeros auxilios recomendados en la intoxicación por HCN son:

a) Si la víctima está consciente

- Apartarla rápidamente de la atmósfera tóxica.
- Trasladarla a una habitación tranquila, fresca y ventilada.
- Acostarla boca arriba.
- Reconfortarla, calmarla.
- Desabrocharle el cuello y el cinturón.
- Taparla con una manta.
- Vigilarla con el fin de que no se lesione durante las convulsiones.
- Eventualmente mantener la cabeza hacia atrás para facilitar la respiración.

b) Si la víctima está inconsciente pero aún respira

- Además de las operaciones recomendadas en la situación anterior:
- Romper con un pañuelo una ampolla de nitrito de amilo (0,2 ml) y hacer respirar los vapores al paciente durante 3 minutos.
- Repetir esta operación cada 5 minutos (máximo de 3 ampollas).
- Cuando sea posible, administrar oxígeno bajo presión con un aparato adecuado, si

es necesario, hasta la llegada del médico.

c) Si la víctima ya no respira

- Además de las operaciones descritas en la primera situación, pero efectuadas muy rápidamente:
- Empezar lo antes posible la respiración artificial (**nunca el boca a boca**).
- En cuanto sea posible, administrar oxígeno bajo presión, con un aparato adecuado.
- Continuar la administración de oxígeno hasta la llegada del médico o bien hasta que la víctima vuelva a respirar.
- En cuanto vuelva la respiración, quitar la máscara.
- Romper una ampolla de nitrito de amilo (0,2 ml) en un pañuelo y hacer respirar los vapores a la víctima durante 3 minutos.
- Repetir la operación anterior cada 5 minutos (3 ampollas como máximo).
- Volver a administrar oxígeno hasta la llegada del médico.

Ácido clorhídrico (HCl)

Por pirólisis de compuestos clorados puede producirse ácido clorhídrico, cuyos efectos de exposición sobre las personas se resumen en la Tabla:

Concentración en aire	Efectos
0,067 - 0,4 ppm	Concentración umbral odorífica y umbral para cambios respiratorios, reflejos, sensibilidad luminosa y toxicidad digital-vascular.
1 - 5 ppm	No existe deterioro orgánico.
5 ppm	TLV
10 ppm	Irritación y altera el trabajo.
10 - 50 ppm	Dificulta el trabajo.
50 - 100 ppm	Intolerable.
100 ppm	IPVS
100 - 1000 ppm	Peligro para exposiciones breves.
1000 - 1300 ppm	Es muy peligroso.
1300 - 2000 ppm	Mortal.

Primeros auxilios en caso de intoxicación:

a) Si la víctima esta consciente y no tose

- Se mantendrá la víctima bajo vigilancia médica durante 2 días, por lo menos, en caso de riesgo de edema pulmonar o de infección microbiana.
- Sacarla de la atmósfera tóxica.
- Trasladarla a una habitación tranquila, fresca y ventilada.

- Acostarla con el cuerpo elevado.
- Desabrocharle cuello y cinturón.
- Taparla con una manta.
- Hablarle para confortarla.

b) Si la víctima tose mucho

Además de las operaciones recomendadas en la situación anterior:

- Hacerle respirar un algodón impregnado con un poco de alcohol o algunas gotas de éter.
- Hacerle inhalar oxígeno bajo presión.

c) Si la víctima está inconsciente pero respira

- Además de las operaciones recomendadas en la primera situación, hacerle inhalar oxígeno bajo presión hasta la llegada del médico.

d) Si la víctima no respira

- Sacarla lo antes posible de la zona contaminada.
- **Rápidamente:**
 - Extenderla sobre una manta.
 - Desabrochar cuello y cinturón.
 - Empezar la respiración artificial (método Holger-Nielsen) de una manera muy delicada para evitar la lesión de los pulmones.
- Administrar, **lo antes posible**, oxígeno bajo presión con un aparato adecuado.
- Continuar la maniobra hasta la llegada del médico o hasta que la víctima vuelva a respirar.
- En cuanto el paciente vuelva a respirar, extenderle con el cuerpo elevado y continuar la administración de oxígeno.

Se mantendrá la víctima bajo vigilancia médica durante 2 días, por lo menos, en caso de riesgo de edema pulmonar o de infección microbiana.

Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂)

Estos óxidos se producen por la combustión de compuestos nitrogenados y a efectos de toxicidad se considera sólo el NO₂ (tabla):

Concentración en aire	Efectos
6 mg/m ³ (3 ppm)	TLV.
47 mg/m ³ (25 ppm)	Al cabo de 6 a 8 semanas de exposición bronquitis y bronconeumonía, con recuperación.
94 mg/m ³ (50 ppm)	IPVS. Al cabo de 6 a 8 semanas produce bronquiolitis, neumonitis focal, con recuperación.
282 mg/m ³ (150 ppm)	Al cabo de 3 a 5 semanas, bronquiolitis obliterante fatal.
564 mg/m ³ (300 ppm)	Al cabo de 2 a 10 días, bronconeumonía fatal.
940 mg/m ³ (500 ppm)	Al cabo de 48 horas edema pulmonar agudo fatal.

En el tratamiento de las intoxicaciones producidas por óxidos de nitrógeno habrá que distinguir entre la intoxicación inicial, antes de haberse presentado el edema pulmonar (profilaxis del edema) o bien cuando ya se ha presentado el edema.

Intoxicación inicial, después de las operaciones iniciales de retirar la víctima de la zona contaminada y trasladarla a una habitación tranquila, fresca y bien ventilada:

- Reposo absoluto, aún en casos aparentemente leves. El incremento del pulso y de la velocidad respiratoria indican la posibilidad de edema pulmonar, por lo cual resulta conveniente el inicio de una terapia profiláctica.
- El paciente ha de abrigarse (permanecer caliente), pero no se le ha de suministrar fluido alguno.
- Administrar por vía intravenosa 20 ml. de disolución al 20% de gluconato cálcico como medida preventiva, la cual se repetirá, en casos graves, cada 1 ó 2 horas.
- Profilaxis inicial con prednisona (de importancia capital en todos los venenos pulmonares): inyección intravenosa inmediata de 150 a 250 mg. de ftalato de prednisona (p. ej.: "Ultracorten - H" de Ciba-Geigy) de acción rápida o de acetato de prednisona (p. ej.: "Soludacortin", de Boehringer o "Meticorteton", de Scheniger). Se puede así evitar el edema pulmonar.

Cuando se halla establecido ya el edema, el tratamiento consiste en:

- Elevar la parte superior del cuerpo del paciente.
- Hacerle respirar contra presión. Para contrarrestar el edema hay que aumentar la presión intratorácica, p. ej.: espiración con los labios presionando conjuntamente contra la boquilla de un cigarrillo o contra la resistencia de un espirómetro.
- Aspiración de secreciones.
- Administración de oxígeno. Esta medida es de gran importancia. La administración puede ser nasal o mediante cualquiera de los sistemas comúnmente usados. En la práctica, los cilindros de oxígeno pequeño, de fácil transporte, son de gran valor. Puede administrarse hasta 80% de oxígeno a una velocidad no superior a 6 l/min. No debe omitirse la aspiración del fluido del edema y la administración de oxígeno ha de

continuarse hasta conseguir la desaparición de la cianosis.

Si el edema pulmonar se halla asociado con asma bronquial, resulta indicada una combinación de oxígeno con helio (1:4), pues el helio produce una disminución pronunciada de la resistencia pulmonar y no es tóxico.

- Administrar por vía intravenosa 60 ml. de disolución hipertérmica de glucosa al 60%.
- Venesección sin sangría, mediante la cual se puede conseguir una mejora significativa. Consiste la medida en colocar los manguitos de un aparato de medición de la tensión sanguínea en la parte superior de los brazos del paciente, tan alto como sea posible. Así, por estasis venosa, pero sin isquemia total, se consigue que una considerable cantidad de sangre sea sustraída a la circulación. El efecto puede mejorarse por aplicación de los manguitos a las extremidades inferiores. De este modo, se puede sustraer a la circulación central de 600 a 700 ml. de sangre.
- Venesección de 300 a 400 ml. Ejerce un efecto excelente en la mayor parte de los casos, pero no resulta necesaria si las medidas anteriores han sido suficientes. La eliminación de 250 ml. de sangre, produce una disminución de la presión pulmonar de 50 mm. Ha de tenerse cuidado en el caso de esclerosis cerebral grave, en cuyo caso una excesiva venesección ha de evitarse, debido al riesgo de encefalomalacia.
- Reducción de la formación de espuma. Experimentalmente se han obtenido resultados excelentes con metilpolisiloxano (preparaciones "XIEC 151", de Dow Corning Corp.) en diluciones de 1:10 con agua, como aerosol.
- Las diluciones alcohólicas (30 a 40) tienen una acción inferior.

Dióxido de azufre (SO₂)

Producido por pirólisis y combustión de compuestos sulfurados. Los efectos sobre los seres humanos se indican en la tabla:

Concentración en aire	Efectos
1,1 mg/m ³ (0,37 ppm)	No ejerce efecto alguno al cabo de 2 h sobre personas normales.
2,1 mg/m ³ (0,75 ppm)	Efectos ligeros sobre las pruebas funcionales ventilatorias, al cabo de 30 min.
2,9 mg/m ³ (1 ppm)	Al cabo de 1 a 3 horas se produce una disminución del flujo mucoso nasal y de la sección cruzada del tracto nasal, mientras entre 10 y 30 minutos se produce aumento de resistencia pulmonar y de resistencia respiratoria.
2,9 - 23 mg/m ³ (1 - 8 ppm)	Al cabo de 10 minutos se produce aumento de la velocidad del pulso, disminución del volumen de aspiración y espiración y aumento de la velocidad respiratoria.
5 mg/m ³ (2 ppm)	TLV
260 mg/m ³ (100 ppm)	IPVS
1040 mg/m ³ (400 ppm)	Edema pulmonar.

El compuesto es muy irritante para la piel y ojos. El tratamiento adecuado de la intoxicación incluye:

- a) Si el paciente se halla consciente:
 - Sacarlo del área peligrosa.
 - Desabrochar cuello y cinturón.
 - Administrar oxígeno.

b) Si el paciente se halla inconsciente:

- Colocarlo en posición supina y ver si respira.
- Si la respiración se ha detenido, aplicar respiración artificial por el método del boca-boca.
- Avisar en todo caso al médico, indicándole el gas responsable de la intoxicación y los síntomas que presenta el paciente.

Ácido sulfhídrico (H₂S)

Producido en la pirólisis de compuestos sulfurados con deficiencia de oxígeno.

Los efectos fisiológicos para distintas concentraciones se resumen en la tabla:

Concentración en aire	Efectos
0,14 - 0,28 mg/m ³ (0,1 - 0,2 ppm)	Umbral odorífico.
4,2 - 7 mg/m ³ (4,2 - 7 ppm)	Olor molesto.
14 mg/m ³ (10 ppm)	TLV.
70 - 140 mg/m ³ (50 - 100 ppm)	Umbral lesión grave ocular.
210 - 350 mg/m ³ (150 - 250 ppm)	Parálisis olfativa.
420 mg/m ³ (300 ppm)	IPVS.
420 - 700 mg/m ³ (300 - 500 ppm)	Edema pulmonar.
700 - 1400 mg/m ³ (500 - 1000 ppm)	Apnea y estimulación intensa del sistema nervioso central.
1400 - 2800 mg/m ³ (1000 - 2000 ppm)	Colapso inmediato con parálisis respiratoria.

Los primeros auxilios correspondientes a la intoxicación por ácido sulfhídrico corresponden exactamente a los mencionados en el caso del ácido clorhídrico.

Ácido fluorhídrico (HF)

Sólo se producirá en el caso de combustión o pirólisis de compuestos fluorados.

Los efectos fisiológicos según su concentración en el aire se indican en la tabla:

Concentración en aire	Efectos
0,99 - 1,98 mg/m ³ (1,5 - 3 ppm)	Sin peligro durante varias horas.
2 mg/m ³ (3 ppm)	TLV.
6,6 mg/m ³ (10 ppm)	Sin peligro durante 1 hora.
13,2 mg/m ³ (20 ppm)	IPVS.
33 - 165 mg/m ³ (50 - 250 ppm)	Peligro al cabo de 1 hora.
165 mg/m ³ (250 ppm)	Mortal.

Para el tratamiento de la intoxicación por ácido fluorhídrico son válidas las recomendaciones indicadas por el ácido clorhídrico.

Fosgeno (COCl₂)

Se forma en la descomposición térmica de los hidrocarburos clorados o sus polímeros en un medio rico en oxígeno.

Los efectos fisiológicos a distintas concentraciones en aire se indican en la tabla:

Concentración en aire	Efectos
0,4 mg/m ³ (0,1 ppm)	TLV.
4 mg/m ³ (1 ppm)	Sin peligro durante 1 hora.
8 mg/m ³ (2 ppm)	IPVS.
10 mg/m ³ (2,5 ppm)	Peligro al cabo de media hora.
200 mg/m ³ (50 ppm)	Rápidamente mortal

Acroleína (H₂C = CH - CHO)

Se forma en la pirólisis de la madera. Sus efectos fisiológicos se indican en la tabla:

Concentración en aire	Efectos
0,25 mg/m ³ (0,1 ppm)	TLV. Puede producir irritación.
2,5 mg/m ³ (1 ppm)	Produce lacrimo y es casi intolerable.
12,5 mg/m ³ (5 ppm)	IPVS. Irritación mucosas.
25 mg/m ³ (10 ppm)	Mortal en pocos minutos.

Tratamiento y primeros auxilios, en caso de intoxicación según recomendaciones del ácido clorhídrico.

Bibliografía

(1) AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS
TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances in Workroom Air adopted by ACGIH for 1.981

Cincinnati, Am. Conf Gov. Ind. Hyg. 1981

(2) AMY, L.

L'incendie

París, Dunod, 1.972

(3) BESTRATÉN BELLOVÍ, M. y UNZETA LÓPEZ, M.

Comportamiento de los plásticos ante el fuego

En: Técnicas de prevención en la industria de transformación de plásticos.

Barcelona, C.I.A.T. 1.980, 145-233.

(4) LEFEVRE, M. J.

Manual de primeros auxilios de urgencia

Barcelona, Edit. Científico-Médica, 1.977

(5) MUIR, G. D.

Hazards in the chemical laboratory (2a ed.)

London, The Chemical Society, 1.977

(6) NIOSH / OSHA

Pocket guide to chemical hazards

Washington, U.S. Dep. Health Educ. Welf, 1.978

(7) TURUGUET MAYOL, D.

Toxicología de las atmósferas producidas durante los incendios

Comunicación presentada en el I Simposio sobre "Protección contra el Fuego", organizado por la Cátedra de Diseño y Acabado de Tejidos, de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Terrada, durante los días 9 a 11 de febrero de 1.982, en Terrassa.

Advertencia

© INSHT