

Acrilamida



AGENTES CANCERÍGENOS EN EL TRABAJO: Conocer para prevenir

Qué es y dónde se puede encontrar

La acrilamida es una amida insaturada que se presenta como un sólido cristalino blanco e inodoro a temperatura ambiente y con una elevada solubilidad en agua. Su origen es orgánico y antropogénico, fabricándose principalmente mediante la reacción del acrilonitrilo a través de diferentes técnicas como la hidratación catalítica con metal de cobre o mediante procesos de hidratación enzimática utilizando microorganismos. De este modo, en Europa, la acrilamida se produce en un 30 a 50 % como solución acuosa mediante la hidratación catalítica del acrilonitrilo empleando ya sea un proceso enzimático a baja temperatura o bien un catalizador de cobre a 100-150 °C. Esta sustancia está registrada conforme al Reglamento REACH y se fabrica y/o se importa en la UE, en una cantidad de entre 100.000 a 1.000.000 de toneladas al año (ECHA, 2022).

Entre las propiedades de este monómero vinílico se encuentra la mejora de la solubilidad acuosa, la adhesión y los enlaces de los polímeros. Por ello, la acrilamida se emplea principalmente como producto intermedio en la fabricación de otras sustancias orgánicas como las poliacrilamidas y copolímeros de acrilamida, los cuales se utilizan en numerosos procesos industriales, tales como la producción de papel, tintes y plásticos, y en el tratamiento del agua potable y de las aguas residuales e industriales. De este modo, las poliacrilamidas son útiles como floculantes en el tratamiento de aguas residuales y en la purificación de las aguas potables.

La acrilamida actúa también como agente endurecedor en polímeros vinílicos, como agente estabilizador de tierras, como espesante en cosmética, ingeniería genética, biología molecular y electroforesis. También se emplea como polímero o copolímero en aplicaciones como colas para las industrias del papel y textiles y en la formulación de agentes selladores para diques, túneles y alcantarillados.

Presenta una alta inestabilidad en el suelo y en el agua, al tratarse de un compuesto polar. Por ello, no se acumula en el suelo, pudiendo ser eliminado rápidamente. Es poco probable su presencia y transporte en la atmósfera en extensiones significativas, debido a su baja presión de vapor.

ÍNDICE

Qué es y dónde se puede encontrar

Efectos para la salud

Dónde se puede dar la exposición

Evaluación de la exposición

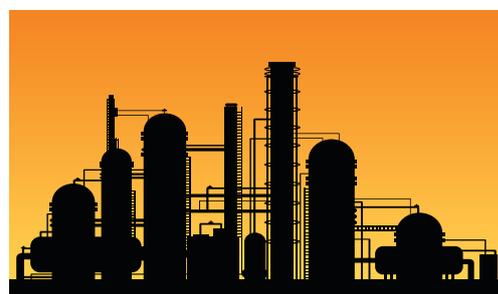
Control de la exposición

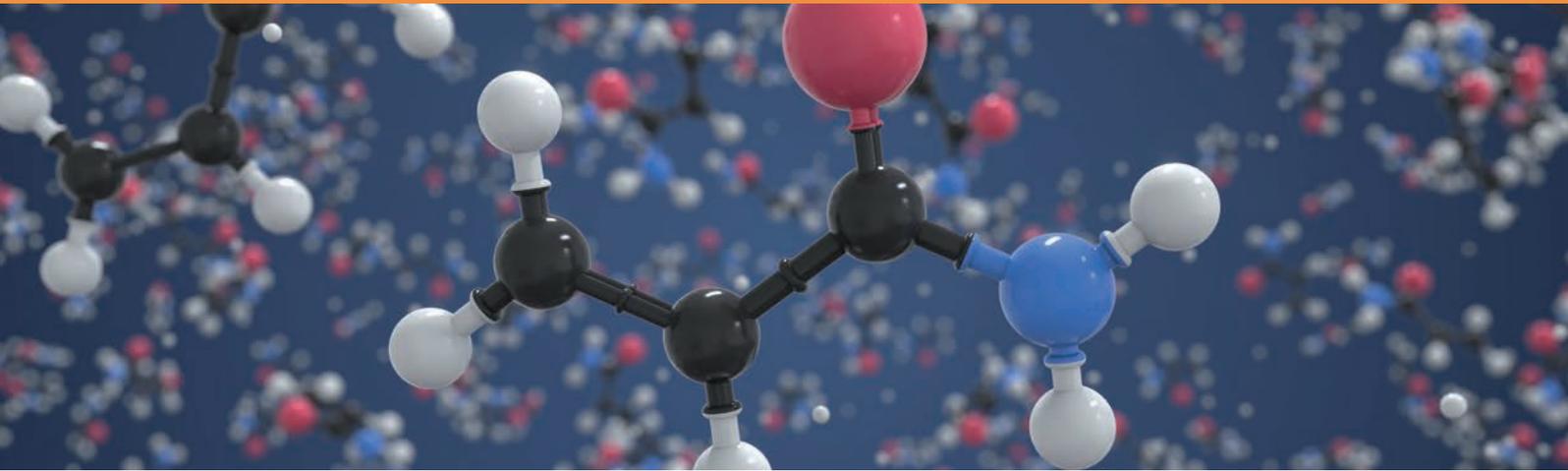
Medidas higiénicas

Vigilancia de la salud

Otras medidas preventivas

Referencias





Su biodegradación es posible, al igual que la de la poliacrilamida. De este modo, una amplia variedad de microorganismos posee la capacidad de degradar la acrilamida. Sin embargo, existe un período de permanencia de varios días antes de que se produzca una degradación significativa. En ríos y zonas costeras de baja actividad microbiana, el período de permanencia para la acrilamida puede ser del orden de días, semanas o meses. La vida media en suelo aeróbico, que es del orden de varios días a 20 °C, aumenta al disminuir la temperatura.

La probabilidad de que la acrilamida se elimine durante el tratamiento de aguas residuales es baja y se ha demostrado que es capaz de pasar a través de las instalaciones de depuración de aguas sin cambios significativos.

En el medio ambiente la presencia de acrilamida está asociada con la degradación de la poliacrilamida, por ejemplo, por la degradación de los materiales de construcción, etc., como consecuencia de determinadas condiciones como el calor o la luz, o incluso exposiciones al aire libre, pudiendo promover la despolimerización de la poliacrilamida dando lugar a la formación de acrilamida.

El residuo de su forma monomérica puede estar presente como contaminante en el agua potable. Además, la acrilamida ha sido identificada en algunos productos alimenticios cocinados a altas temperaturas, por encima de los 120 °C, como resultado de la reacción de Maillard.

El uso de la acrilamida en cosméticos, en el tratamiento de agua potable y en materiales de envasado para productos alimenticios se encuentra regulado, debido al riesgo potencial de contaminación ambiental.



La acrilamida se emplea principalmente como producto intermedio en la fabricación de otras sustancias orgánicas como las poliacrilamidas y copolímeros de acrilamida, los cuales se utilizan en numerosos procesos industriales.



Efectos para la salud

La acrilamida está clasificada como carcinógena del Grupo 2A por la IARC, lo que significa que es un probable carcinógeno para el ser humano. Además, está clasificada según el *Reglamento CE n° 1272/2008, sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas* (Reglamento CLP) como cancerígena y mutagénica de categoría 1B, tal como se recoge en la tabla 1.

De este modo, la acrilamida, acorde a lo establecido en los criterios de clasificación de peligrosidad armonizada establecidos en el Reglamento (CLP), es tóxica por ingestión, puede causar daños genéticos, puede provocar cáncer, provoca daños en los órganos por exposiciones prolongadas y repetidas, es nociva en contacto con la piel, causa irritación ocular grave, es nociva por inhalación, se sospecha que puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto, provoca irritación de la piel y puede causar reacción alérgica en la piel.

Algunos usos de esta sustancia encuentran restricciones en el Anexo XVII del *Reglamento (CE) n° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos* (Reglamento REACH), y está incluida como sustancia de muy alta preocupación (Substance of very high concern, SVHC) así como en la lista de candidatas para autorización REACH. La clasificación proporcionada por los fabricantes a la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) en el registro REACH, identifica a la acrilamida como sospechosa de provocar daños en la fertilidad y en el feto.

La IARC es una agencia autónoma de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas. Su objetivo es promover la colaboración internacional en la investigación del cáncer. Dirige estudios ampliamente reconocidos por su calidad y su independencia.

Tabla 1

Clasificación de peligrosidad armonizada de la acrilamida, según el Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas (CLP)

ACRILAMIDA

(N° CAS: 79-06-1; N° CE: 201-173-7)

Clasificación

Códigos de clase y categoría de peligro	Códigos de indicaciones de peligro
Carcinogenicidad: Carc.1B	H350: Puede provocar cáncer
Mutagenicidad en células germinales: Muta.1B	H340: Puede provocar defectos genéticos
Toxicidad para la reproducción. Repr.2	H361f: Se sospecha que puede perjudicar a la fertilidad o dañar al feto
Toxicidad aguda: Tox.ag.3 Tox.ag.3 Tox.ag.4	H301: Tóxico en caso de ingestión H332: Nocivo en caso de inhalación H312: Nocivo en contacto con la piel
Toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas): STOT repe 1.	H372: Provoca daños en los órganos
Irritación ocular: Irrit. oc. 2	H319: Provoca irritación ocular grave
Irritación cutánea: Irrit.cut.2	H315: Provoca irritación cutánea
Sensibilización cutánea: Sens.cut.1	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel

Etiquetado. Pictogramas y palabras de advertencia

Peligro





La exposición laboral incrementa el riesgo de padecer diferentes tipos de cáncer. En el cuerpo humano, la acrilamida se convierte en una sustancia denominada glicidamida, la cual puede causar mutaciones y daños en el ADN. Los elevados niveles de exposición laboral a la acrilamida pueden ocasionar también daños neurológicos. No obstante, los estudios sobre los efectos de la exposición laboral en la salud de las personas trabajadoras son, actualmente, limitados y no concluyentes, enfocándose la mayor parte de los estudios recientes a la evaluación de la exposición de la población en general a la acrilamida como consecuencia de la presencia de esta en el agua potable y en determinados alimentos o cosméticos.



En consecuencia, si bien se ha demostrado ampliamente mediante estudios experimentales en animales que la acrilamida es carcinógena, los estudios epidemiológicos sobre los posibles efectos en la salud de las personas trabajadoras expuestas a esta no han demostrado un incremento determinante en el riesgo de padecer cáncer. Así, aunque se observó un incremento del riesgo de cáncer de páncreas (casi del doble) en una alta proporción de personas trabajadoras expuestas, no se ha podido determinar la relación entre la exposición y la respuesta observada (Klaunig, James E., 2008).



A pesar de las propiedades de la acrilamida descritas en la Tabla 1, y su potencial efecto cancerígeno y mutagénico, desde los años 80 sólo se recogen en la bibliografía dos estudios de cohorte de trabajadores expuestos a la acrilamida en aplicaciones industriales, pero, como se ha indicado, sin resultados concluyentes sobre la relación entre la exposición y la evidencia de aparición de cáncer (IARC, Monografía 60; Bušová, Milena et al., 2020). Así, la EPA considera ambos estudios inadecuados para determinar el riesgo de cáncer debido al pequeño grupo de población estudiado y a los datos incompletos de exposición (EPA, 2000).

Otros estudios sugieren que la combinación de la exposición laboral a la acrilamida con otros factores de exposición, como la ingesta alimentaria, el tabaco o el uso de cosméticos, pueden tener un efecto significativo en la salud humana, siendo el riesgo mucho más elevado en los fumadores. Los trabajadores fumadores con exposición laboral a la acrilamida serían los más vulnerables (Bušová, Milena et al, 2020).

Con relación a los síntomas y efectos no cancerígenos sobre la salud, cabe mencionar que la exposición prolongada y repetida a la acrilamida a través de cualquier vía de entrada puede causar debilidad muscular, descoordinación, erupciones cutáneas, excesiva sudoración de manos y pies, manos frías, descamación de la piel, entumecimiento, sensaciones anómalas en piel y músculos, fatiga, así como daños en el sistema nervioso central y periférico, con efectos tales como somnolencia y alucinaciones en exposiciones agudas por inhalación.





Dónde se puede dar la exposición

Se estima que alrededor de 54.000 trabajadores en la UE se encuentran potencialmente expuestos a la acrilamida (The facts Acrylamide. Roadmap on carcinogens, 2018).

Las principales vías de entrada de la acrilamida al organismo, en el ambiente laboral, son la inhalatoria y la dérmica. En concreto, la inhalación de polvo seco que contiene monómero o polímero de acrilamida, en las fases de producción de ambas sustancias, o por contacto dérmico tanto con el monómero como con soluciones que contienen acrilamida.

El principal uso de la acrilamida (en más de un 99 %) se da en la producción de poliacrilamidas. Tanto el estado sólido como líquido de la acrilamida se emplea en la fabricación de diferentes polímeros en ambos estados. Uno de los principales usos de las poliacrilamidas aparece en el tratamiento de aguas potables, residuales e industriales. En el proceso de tratamiento del agua y con objeto de conseguir una óptima y mejor formación del floculo que a su vez lleve a un mayor rendimiento en las etapas de decantación y filtración, y en definitiva la mejor calidad del agua tratada, se utilizan frecuentemente ayudantes de floculación, como son las poliacrilamidas. Una muy pequeña fracción del polímero poliacrilamida, conocida como acrilamida residual o monómero libre de acrilamida, no pasa a formar parte del floculo, es muy soluble en agua y permanece disuelto en ella, es decir, pasa a ser un contaminante del agua tratada.

Referencias normativas:

El Real Decreto 1154/2020, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, que transpone la Directiva 2017/2398 al ordenamiento jurídico español, incluyó en su Anexo III, sobre valores límite de exposición profesional, a la acrilamida como agente cancerígeno, entendiéndose como tal aquella sustancia o mezcla que cumpla los criterios para su clasificación como cancerígeno o mutágeno en células germinales de categoría 1A o 1B establecidos en el anexo I del Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.





La acrilamida se utiliza también en la síntesis de colorantes, adhesivos, en el engomado del papel y el apresto de textiles y en tejidos plisados. En la industria del metal se utiliza para el procesado de minerales (como aglomerante) y en ingeniería civil, para la construcción de cimientos de presas y túneles. Las poliacrilamidas se utilizan ampliamente como agentes reforzadores en los procesos de fabricación de papel en la industria papelera (*Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Amidas. 104.73*).

El monómero de la acrilamida también es empleado en la preparación de geles de poliacrilamida para electroforesis en hospitales, universidades y laboratorios de investigación.

La acrilamida es utilizada también en la formulación de agentes como lechadas y masillas.



Tabla 2. Industrias en las cuales existe el riesgo potencial de exposición a monómero o polímero de acrilamida.

Fuente: Monografía 60-IARC. Acrylamide. Box1 (Adapted from US National Instituto for Occupational Safety and Health (1976, 1993)

Exposición a acrilamida-monómero
Fabricación de acrilamida a partir de acrilonitrilo
Producción de polímeros de acrilamida
Fabricación de adhesivos y lechada
Laboratorios de biotecnología
Exposición a acrilamida-polímero
Tratamiento de aguas potables y residuales
Fabricación de químicos orgánicos
Fabricación de químicos inorgánicos
Fabricación de adhesivos y lechada
Recubrimientos
Fabricación de piezas de moldeo
Productos textiles, telares y fábricas de telas
Industria siderúrgica (altos hornos, fabricación de piezas metálicas)
Fabricación de floculantes para tratamientos de aguas
Producción de papel y pasta de celulosa
Producción de madera y tablas de madera
Construcción (estabilización de suelo y arenas)
Producción de petróleo-crudo
Refinerías de petróleo
Procesado de minerales
Producción de hormigón
Producción de azúcar
Hospitales
Laboratorios de Biotecnología



Evaluación de la exposición

El Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo incorporó, mediante el Real Decreto 1154/2020 que lo modifica, el valor límite de exposición profesional para la acrilamida, que se recoge en la tabla 3. Este Real Decreto supone la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo, la cual establece que la acrilamida cumple los criterios para ser clasificada como agente carcinógeno (de categoría 1B) de conformidad con el Reglamento (CE) n° 1272/2008, por lo que es un carcinógeno en el sentido de la Directiva 2004/37/CE.

De este modo, la mencionada Directiva indica que, a partir de la información disponible, incluidos datos científicos y técnicos, es posible determinar un valor límite para ese carcinógeno. El Comité Científico para los Límites de Exposición Profesional a Agentes Químicos determinó la posibilidad de una absorción significativa de acrilamida a través de la piel y que procede, por tanto, establecer un valor límite para la acrilamida y mencionar en una nota la posibilidad de su absorción significativa a través de la piel.

En consecuencia, el Real Decreto 665/1997 establece un valor límite de $0,03 \text{ mg/m}^3$ para la acrilamida. Por su parte, el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, 2023", elaborado por el INSST, incluye un VLA-ED® (Valor límite ambiental de Exposición Diaria) para la acrilamida de $0,03 \text{ mg/m}^3$, en los mismos términos que lo establecido en la Directiva (UE) 2017/2398 y en el Real Decreto 665/1997, con las notas e indicaciones de peligro que se recogen en la tabla 4.

Para llevar a cabo la evaluación cuantitativa de la exposición a la acrilamida, y verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional mencionados, los métodos analíticos que se utilicen en la determinación de contaminantes ambientales deben cumplir los requisitos generales de los procedimientos de medida de la norma UNE-EN 482:2021, Exposición en el lugar de trabajo. *Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento.*

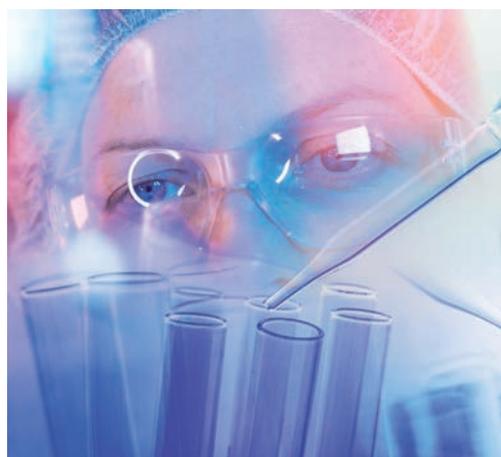




Tabla 3. Valores límite de exposición profesional. RD 665/1997.

Nombre del agente	n° CE ⁽¹⁾	n° CAS ⁽²⁾	Valores límite de exposición diaria ⁽³⁾	Observaciones
Acrilamida	201-173-7	79-06-1	0,03 mg/m ³⁽⁴⁾	Piel ⁽⁵⁾

Tabla 4. Valores Límite Ambientales (VLA).

N° CE	N° CAS	Agente Químico	Valores Límite		Notas	Indicaciones De Peligro (H)
			VLA-ED [®]	VLA-EC [®]		
201-173-7	79-06-1	Acrilamida	0,03 mg/m ³	-	C1B, M1B, Vía Dérmica, Sen, r, v, FIV ⁽⁶⁾	350-340-361f-301-372-332-312-319-315-317

Fuente: Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022".

¹ El número CE es el número oficial de la sustancia en la UE, tal como se define en la sección 1.1.1.2 del anexo VI, parte 1, del Reglamento (CE) n° 1272/2008.

² N° CAS: Número de registro del Chemical Abstracts Service (servicio de resúmenes de productos químicos).

³ Medido o calculado en relación con una media ponderada temporalmente con un período de referencia de ocho horas.

⁴ mg/m³ = miligramos por metro cúbico de aire a 20 °C y 101,3 kPa (760 mm de presión de mercurio).

⁵ Posible contribución importante a la carga corporal total por exposición cutánea.

⁶ C1B: se supone que es un carcinógeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales. Es de aplicación el RD 665/1997.

M1B: sustancias de las que se considera que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales humanas. Es de aplicación el RD 665/1997.

Vía Dérmica: Indica que, en las exposiciones a esta sustancia, la aportación por la vía cutánea puede resultar significativa para el contenido corporal total si no se adoptan medidas para prevenir la absorción. En estas situaciones, es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida del contaminante. Para más información, véase el Capítulo 5 del documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022".

Sen: Sensibilizante. Véase Capítulo 6 del Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022".

r: Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso en los términos especificados en el "Reglamento (CE) n° 1907/2006 sobre Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y preparados químicos" (REACH) de 18 de diciembre de 2006 (DOUE L 369 de 30 de diciembre de 2006). Las restricciones de una sustancia pueden aplicarse a todos los usos o sólo a usos concretos. El anexo XVII del Reglamento REACH contiene la lista de todas las sustancias restringidas y especifica los usos que se han restringido.

v: Agente cancerígenos con valor límite vinculante recogido en el anexo III del RD 665/1997 y en sus modificaciones posteriores.

FIV: Fracción inhalable y vapor. La notación FIV señala a aquellos agentes químicos que se pueden presentar en el ambiente de trabajo, tanto en forma de materia particulada como de vapor, por lo que las dos fases pueden coexistir, contribuyendo ambas a la exposición.



Por tanto, la evaluación de la exposición a agentes químicos requiere disponer de métodos de toma de muestra y análisis que permitan conocer la concentración de los contaminantes en el aire del ambiente de trabajo.

La monografía 60 de la IARC recoge un método analítico para la acrilamida en muestras de aire descrito en 1992 por Cummins et al, basado en la toma de muestras de aire recogidas en un filtro de fibra de vidrio en tubos absorbentes sólidos, los cuales se someten a desorción con metanol al 5 % en agua y son analizados por cromatografía líquida de alta eficiencia con un detector ultravioleta.

Por su parte, la OSHA dispone de un método de referencia (PV2004) para la determinación de la acrilamida en aire y su comparación con el valor de referencia ($0,03 \text{ mg/m}^3$ OSHA PEL). Este método establece que las muestras son recogidas mediante tubos muestreadores (OVS-7) de volumen de aire conocido, los cuales contienen un filtro de fibra de vidrio y dos secciones de absorbente (XAD-7). Las muestras se someten a desorción con una solución de metanol al 5 % y 95 % de agua y son analizadas mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), usando un detector ultravioleta (UV), al igual que establece el método mencionado por la IARC.

Además, puesto que la aportación por vía dérmica de la acrilamida puede resultar significativa para el contenido corporal total si no se adoptan medidas para prevenir la absorción (ver "Observaciones", tabla 3 y nota "Vía Dérmica", tabla 4), es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global del contaminante.

El análisis de determinados metabolitos en muestras de orina puede dar información sobre la cantidad total de acrilamida en el organismo, incluyendo la cantidad que pueda haber entrado mediante la absorción por vía dérmica.

Entre los biomarcadores empleados en muestras de orina para determinar la exposición a la acrilamida se encuentran la S-Carboxietil-cisteína (CEC), N-acetil-S-(2-carbamoiletil)-cisteína (AAMA), N-acetil-S-(1-carbamoil-2-hidroxietyl)-cisteína (GAMA2) y N-acetil-S-(2-carbamoil-2-hidroxietyl)-cisteína (GAMA3). (Huang, Y. et al, 2010; Peter J. Bull et al, 2005). No obstante, actualmente no se ha establecido un VLB® para la acrilamida.

En cualquier caso, se debe considerar que determinados factores como el tabaco, factores ambientales, agua o alimentos ingeridos pueden contribuir al contenido corporal total encontrado en el organismo.

Representatividad de las muestras

Siempre que se realice una evaluación cuantitativa de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso se ha de seguir una estrategia de muestreo que garantice la representatividad de los datos obtenidos. La norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, propone una posible estrategia para comparar la exposición diaria con los valores límite de exposición profesional.





Control de la exposición

Las medidas de prevención de la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos se deben aplicar según un orden de prioridad en función de su efectividad. Los artículos 4 y 5 del Real Decreto 665/1997 recogen las obligaciones del empresario a este respecto.

La primera opción debe ser siempre la sustitución del agente y, cuando no se pueda realizar, se estudiará la posibilidad de trabajar en un sistema cerrado.

Cuando tampoco sea posible trabajar en un sistema cerrado, hay que recurrir a todas las medidas que sean necesarias para reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible. Por último, si las medidas anteriores no fuesen suficientes, se recurrirá a los equipos de protección individual (EPI).

En los sectores de actividad donde exista exposición a la acrilamida las medidas a aplicar, entre otras, pueden ser: instalación de equipos automatizados de desembalaje, aislamiento, cerramiento y empleo de extracción localizada en el proceso de corte durante la fabricación de polímeros, empleo de campana extractora/armario para el pesaje y la decantación de la acrilamida sólida (polvo) para la preparación del gel de electroforesis y, cuando la acrilamida no se emplea en sistemas cerrados como laboratorios o se encuentra presente como un contaminante en el aire del lugar de trabajo (como en los bidones de polimerización y en la maquinaria de procesamiento de gel), se debe asegurar una buena extracción localizada (*Acrylamide technical fact sheet*, NSW Government).

Orden de prioridad de las actuaciones preventivas para agentes cancerígenos:

1. Sustitución.
2. Cerramiento del proceso.
3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.
4. Equipos de Protección Individual.





1. Sustitución

La medida prioritaria, y obligatoria siempre que sea factible, cuando se trabaja con agentes cancerígenos o mutágenos, es siempre la sustitución por otro agente u otro proceso que no sea peligroso o lo sea en menor grado. Así lo establece el art. 4 del Real Decreto 665/1997.

Además, el art. 10 del RD 665/1997, establece que el empresario deberá suministrar a las autoridades laborales y sanitarias, cuando éstas lo soliciten, la información adecuada sobre los criterios y resultados del proceso de sustitución de los agentes cancerígenos o mutágenos a que se refiere el mencionado art. 4.

La medida de sustitución es la más difícil de aplicar, sobre todo cuando un proceso productivo ya está implantado, y se deben tener en cuenta muchas variables, pero se debe planificar y ejecutar siempre que sea viable, aunque tenga mayor coste, y es necesario permanecer al día en cuanto a los avances tecnológicos de cada sector relacionados con posibles sustitutos.

La sustitución puede estar basada en el cambio de un agente por otro menos peligroso o en un cambio de los procedimientos. En cualquier caso, siempre se deben valorar los nuevos riesgos que pueden introducirse con la sustitución.

Existen diversas herramientas útiles de ayuda para llevar a cabo el proceso. En el portal de sustitución SUBSPORTplus se pueden consultar algunas experiencias aplicadas para la sustitución de la acrilamida y la poliacrilamida en diferentes sectores de actividad, tales como el estudio llevado a cabo para los procesos de modificación o tratamientos del suelo para aplicaciones civiles o militares, los cuales se pueden realizar con un biopolímero en lugar de utilizar productos químicos a base de petróleo como la poliacrilamida o las emulsiones asfálticas (Griggs, Chris; 2010).

A este respecto, un ejemplo de esta alternativa es el empleo de hidrogeles a base de almidón en sustitución de la poliacrilamida para el tratamiento de suelos. La poliacrilamida se utiliza como hidrogel para el tratamiento del suelo en la agricultura y otras aplicaciones civiles y militares. Estos hidrogeles a base de almidón no son tóxicos como los monómeros o polímeros y no generan contaminantes peligrosos al descomponerse. Sin embargo, tienen una vida más corta en comparación con la poliacrilamida (Chalker-Scott, Linda et al, 2007).

Otro ejemplo recogido en el portal de sustitución SUBSPORTplus lo encontramos en la aplicación de medidas tecnológicas como alternativa al empleo de polímeros de poliacrilamida en el tratamiento secundario de aguas residuales.

El INSST es el encargado de elaborar Guías Técnicas, no vinculantes, para facilitar la aplicación de los Reales Decretos de desarrollo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. En concreto, se puede consultar en su página web www.insst.es en el apartado de "Documentación > Material normativo > Guías técnicas > Específicas", la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo.

En el apéndice 3 de esta Guía Técnica se recogen una serie de orientaciones sobre cómo afrontar el proceso de sustitución de un agente cancerígeno o mutágeno.





Esta alternativa estabiliza el lodo activado durante el tratamiento secundario de las plantas de aguas residuales utilizando únicamente procesos físicos. Esto hace innecesarios los polímeros y las sustancias ácidas o alcalinas fuertes que generalmente se utilizan para tratar este tipo de lodos y reduce considerablemente los costes, la energía y el uso del suelo asociados al tratamiento convencional de residuos.

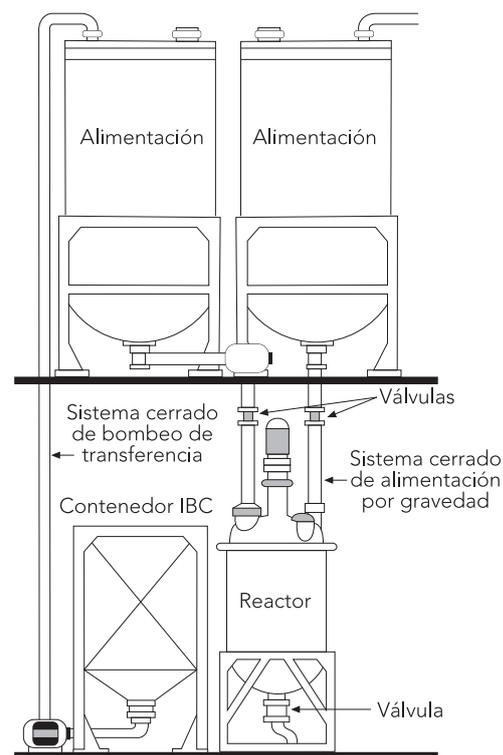
Si bien esta opción hace necesarios cambios en las instalaciones de tratamiento, los costes de inversión inicial se equilibran con la reducción de los costes energéticos y químicos. La importante reducción de los residuos finalmente dispuestos también reduce los costes. Al emplear procesos físicos, la alternativa elimina el uso de productos químicos como el ácido sulfúrico o el hidróxido de sodio que son corrosivos y de polímeros, como los copolímeros de poliacrilamida, los cuales pueden descomponerse dando lugar a la formación de acrilamida (*Oxycair Technologies, Canadá*. Portal de sustitución SUBSPORTplus).

2. Cerramiento del proceso

El art. 5.2 del Real Decreto 665/1997 establece que, en caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno o mutágeno, el empresario garantizará que la producción y utilización del mismo se lleven a cabo en un sistema cerrado. Se trata, por tanto, de la primera opción tecnológica para la prevención y reducción de la exposición, que se diseñará preferentemente a presión negativa. Esta medida consiste en evitar la dispersión del agente en el aire que respira el trabajador situando el proceso dentro de un sistema cerrado con evacuación del aire pretratado a un entorno seguro para evitar que los agentes dañen el medio ambiente o la salud pública.

Los sistemas cerrados y estancos no solamente eliminan la exposición, sino que además evitan la exposición a productos intermedios del proceso. No obstante, se deberá asegurar un adecuado programa de mantenimiento preventivo y, cuando sea posible, predictivo de estos sistemas para minimizar los posibles fallos que puedan dar lugar a un riesgo de exposición.

El INSST ofrece en su página web acceso a las Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ), elaboradas por el Health and Safety Executive (HSE) de su modelo COSHH Essentials. Las fichas del programa COSHH Essentials proporcionan recomendaciones básicas de buenas prácticas de trabajo para distintas operaciones a fin de controlar la exposición a sustancias químicas peligrosas en el entorno laboral. La serie 300: contención (sistemas cerrados), resulta de especial ayuda en este caso.



Ejemplo de diseño de sistema cerrado.



3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible

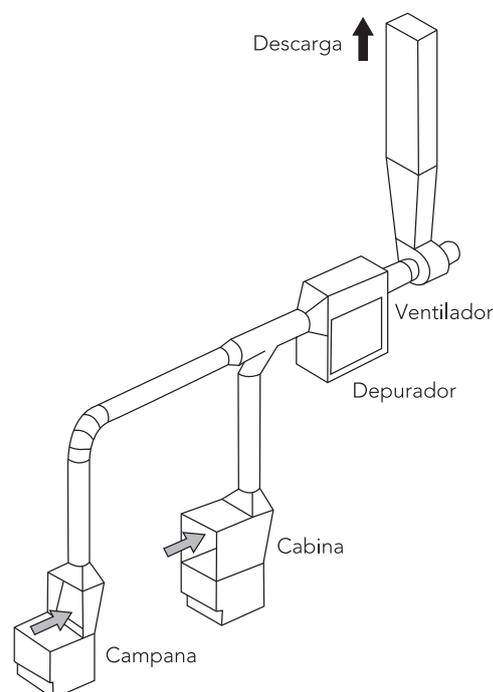
El art. 5.3 del Real Decreto 665/1997 determina que, cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, el empresario garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un nivel tan bajo como la técnica haga posible.

Se trata, por tanto, de implantar medidas técnicas y organizativas de forma que la exposición se reduzca tanto como sea posible desde el punto de vista técnico. Esta obligación implica que no es suficiente con alcanzar niveles de exposición por debajo del límite de exposición profesional establecido, sino que hay que ir más allá, aplicando todas las medidas disponibles.

Además, en el art. 5.5 se establece que siempre que se utilice un agente cancerígeno o mutágeno, el empresario aplicará todas las medidas necesarias recogidas en el mencionado artículo. En general, estas exigencias van en la misma línea que también establece el *Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*, añadiendo la mención expresa de instalar dispositivos que detecten y alerten en caso de situaciones que puedan generar exposiciones anormalmente altas, como podría ser, por ejemplo, un fallo en el sistema de extracción localizada.

Las medidas encaminadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible incluyen la limitación de las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo; diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos o mutágenos; limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo; evacuar los agentes cancerígenos o mutágenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente; utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes y, aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.

La serie 100: Ventilación general, la serie 200: Control Técnico y la serie 400: Especial, de las FCAQ, contienen información práctica de interés que puede ayudar a la aplicación de estas medidas.



Ejemplo de diseño de sistema de ventilación por extracción localizada.



4. Equipos de protección individual

Como norma general en prevención, los EPI deben utilizarse como último recurso, solo cuando se hayan puesto en práctica todas las medidas de prevención prioritarias y estas no sean suficientes.

Los resultados de la evaluación de riesgos serán la base para determinar la necesidad de utilizar equipos de protección individual, así como para la selección de los equipos más adecuados. Además, al seleccionar los equipos, se debe tener en cuenta la anatomía de los trabajadores que lo van a utilizar y, en el caso de los equipos de protección respiratoria basados en el ajuste facial, es muy recomendable realizar un test de ajuste a cada persona.

Las fichas de datos seguridad (FDS) de los productos y las fichas internacionales de seguridad química (FISQ), disponibles estas últimas en la página web del INSST, ofrecen a su vez información relevante en relación, entre otras cuestiones, a las medidas de protección individual a adoptar en la exposición a la acrilamida.

Además, en la serie S: Sustancias químicas que causan daño por contacto con la piel y con los ojos, de las FCAQ, también se recogen fichas específicas para la selección de los equipos de protección individual (FCAQ S102), para la selección de los guantes de protección (FCAQ S101) y para el contacto con la piel y con los ojos (FCAQ S200).

Puesto que la exposición laboral a la acrilamida se produce principalmente por inhalación de polvo y vapor y por contacto dérmico con el monómero sólido y durante la producción de acrilamida y poliacrilamida, los equipos de protección individual a emplear, cuando no se haya podido eliminar el riesgo, deben ser (*Hazardous Substance Fact Sheet. Acrylamide. New Jersey Department of Health*):

- **Protección respiratoria:** Cuando exista riesgo de exposición por encima del VLA-ED® se empleará un sistema de protección respiratoria con suministro de aire, tipo SABA (Supplied Air Breathing Apparatus) con pieza facial completa, el cual, para una mayor protección, se puede usar en combinación con un aparato de respiración autónomo auxiliar, tipo SCBA (Self Contained Breathing Apparatus), ambos operados en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
- **Guantes y traje de protección:** Se deberá evitar el contacto dérmico con la acrilamida, mediante el empleo de guantes y traje de protección fabricados con materiales que no sean permeables o degradables por esta sustancia. Los suministradores y fabricantes de estos EPI pueden proporcionar recomendaciones de los más adecuados para cada operación. En general, se recomiendan Butilo, Nitrilo, Neopreno y Viton

Referencias normativas

Para la selección, el uso y el mantenimiento de los equipos de protección individual se deben cumplir las prescripciones establecidas en el *Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.

Se puede encontrar más información al respecto en la Guía Técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, elaborada por el INSST para aclarar los aspectos técnicos establecidos en dicho Real Decreto.





para los guantes y tejidos de DuPont Tychem®; Kappler® Zytron® 400; y Saint-Gobain ONESuit TEC, o equivalente, como materiales de protección frente a las amidas.

Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado y protectores de cabeza) se deben limpiar y estar disponibles cada día, y colocarse antes de la realización de cualquier trabajo.

- **Protección ocular:** Se debe emplear protección para los ojos con protectores laterales o gafas. No se deberá usar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia.

Medidas higiénicas

Las medidas higiénicas cobran especial importancia en la prevención de la exposición a agentes cancerígenos como la acrilamida. Estas medidas tienen varios objetivos:

- Evitar que el agente penetre a través de la piel en caso de contactos accidentales.
- Evitar la extensión y la duración de la exposición por contacto con ropa o equipos de protección manchados.
- Evitar la exposición secundaria de otras personas que puedan entrar en contacto con ropa o superficies manchadas.

El Real Decreto 665/1997 establece en su art. 6 las medidas de higiene personal y protección individual que debe establecer la empresa, entre las que se encuentran:

- Prohibir comer, beber y fumar en las zonas de riesgo.
- Proveer ropa de protección u otro tipo de ropa apropiada.
- Disponer de lugares separados para guardar la ropa de trabajo y la de calle.
- Disponer de un lugar determinado para almacenar los EPI, verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados.

Referencias normativas

El Real Decreto 1154/2020, que modifica el Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo, especifica en su art.6 que los trabajadores identificados en la evaluación de riesgos como expuestos dispondrán, dentro de la jornada laboral, del tiempo necesario para su aseo personal, con un máximo de 10 minutos antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo. Este tiempo en ningún caso podrá acumularse ni utilizarse para fines distintos.

El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin.





Vigilancia de la salud

Los agentes cancerígenos o mutágenos se caracterizan, en general, por producir efectos a largo plazo o enfermedades con periodos de latencia largos. Debido a ello el Real Decreto 665/1997 establece el derecho de los trabajadores expuestos a estos agentes a la prolongación de la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la exposición o de la relación laboral.

Para que el programa de vigilancia de la salud sea específico a los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo, el empresario debe facilitar información de estos riesgos y las fichas de datos de seguridad a la unidad básica de salud (UBS). En ausencia de pautas y protocolos de actuación específicos, esta UBS, basándose en la evaluación de riesgos y los efectos de la acrilamida, elaborará un protocolo y describirá documentalmente el método y criterios utilizados para la citada vigilancia de la salud (INSST, 2018).

En la actualidad no existe un protocolo de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores frente a la exposición por acrilamida.

Otras medidas preventivas

En los trabajos con riesgo por exposición a la acrilamida se deberán cumplir otra serie de medidas establecidas en el Real Decreto 665/1997 en relación con:

- Exposiciones accidentales y no regulares (artículo 7).
- Obligaciones con respecto a la documentación (artículo 9).
- Información a las autoridades competentes (artículo 10).
- Consulta, información y formación a los trabajadores (artículos 11 y 12).

Referencias normativas sobre vigilancia de la salud

Las actividades de vigilancia de la salud se efectuarán de acuerdo con las condiciones y características establecidas en:

- El artículo 8 del RD 665/1997.
- El artículo 22 de la LPRL.
- El RD 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

Esta vigilancia de la salud debe llevarse a cabo (Real Decreto 665/1997, art. 8):

- Antes del inicio de la exposición.
- A intervalos regulares, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen.
- Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador de la empresa, con exposición similar, algún trastorno que pueda deberse a la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.





Referencias

- Bušová, Milena; Bencko, Vladimír; Veszelits Laktičová, Katarína; Holcátová, Ivana; Vargová, Mária, 2020. Risk of Exposure to Acrylamide. Cent Eur J Public Health.
- Chalker-Scott, L., PhD; 2007. Super-absorbent water crystals-miracle, myth or marketing.
- ECHA. Substance Information. Acrylamide
- EPA. Acrylamide.
- Granat, F, 2001. Cancer risk from exposure to occupational acrylamide.
- Griggs, Chris. 2010. Modified Biopolymers as an Alternative to Petroleum-based Polymers for Soil Modification. ERDC-Environmental Laboratory Environment.
- Huang, Y.; Wu, K.; Liou, S.; Uang, S.; Chen, C.; Shih, W.; Lee, S.; Jean Huang, C.; Chen, M.; 2010. Biological monitoring for occupational acrylamide exposure from acrylamide production workers.
- IARC, 1994. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 60. Some industrial chemicals.
- INSHT. Infocarquim. Acrilamida
- INSST. Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ).
- INSST. Fichas Internacionales de Seguridad Química. FISQ. Acrilamida.
- INSST. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2022.
- Klaunig, James E, 2008. Acrylamide Carcinogenicity. Journal Of Agricultural and Food Chemistry.
- New Jersey Department of Health. Hazardous Substance Fact Sheet: Acrylamide.
- NSW Government. Acrylamide technical fact sheet.
- OSHA. Method PV2004. Acrylamide.
- OSHA. Occupational Chemical Database. Acrylamide





- Pelucchi. C, La Vecchia. C, Bosetti. C, Boyle. P & Boffetta. P, 2010. Exposure to acrylamide and human cancer—a review and meta-analysis of epidemiologic studies.
- Peter J. Bull et al, 2005. An Occupational Hygiene Investigation of Exposure to Acrylamide and the Role for Urinary S-Carboxyethyl-Cysteine (CEC) as a Biological Marker.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo.
- Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
- Roadmap on carcinogens. The facts: Acrylamide.
- SCOEL Recommendation on acrylamide. European Commission.
- SUBSPORT (2022). Portal de sustitución. Acrilamida.
- Swaen, G.; Haidar, S.; Burns, C.; Bodner, K.; Parsons, T.; Collins, J.; Baase, C.; 2007. Mortality study update of acrylamide workers.
- UNE-EN 482: 2021. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento.
- WHO, 1985. Acrylamide.

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.



Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST :

<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



AC.9.1.23

NIPO (en línea): 118-22-002-4