

# Cadmio



## AGENTES CANCERÍGENOS EN EL TRABAJO: Conocer para prevenir

### Qué es y dónde se puede encontrar

El cadmio es un metal de color plateado, blando, dúctil y maleable, que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre en bajas concentraciones, generalmente asociado a otros minerales como los de zinc, plomo y cobre. Es soluble en ácido nítrico diluido, nitrato de amonio y ácido sulfúrico caliente, y es insoluble en agua (NTP, 2021). Sin embargo, la solubilidad varía ampliamente entre el gran número de compuestos de cadmio (DLEP, 2018). El cadmio no es combustible, pero se oxida lentamente en presencia de humedad, y cuando se calienta a altas temperaturas, arde, emitiendo vapores o humos corrosivos y tóxicos tales como el óxido de cadmio. Por otro lado, es muy resistente a la corrosión y tiene una gran variedad de usos a nivel industrial lo que hace que sea uno de los contaminantes más frecuentes en el medio ambiente. Por ello, en muchos países se han adoptado medidas legislativas para reducir su uso y su consiguiente dispersión ambiental.

En este sentido, los usos del cadmio y sus compuestos han sido regulados mediante el *Reglamento (CE) n° 552/2009 de la Comisión, de 22 de junio de 2009*; el *Reglamento (UE) n° 494/2011 de la Comisión, de 22 de mayo de 2011*; y el *Reglamento (UE) n° 835/2012 de la Comisión, de 18 de septiembre de 2012*, por los que se modifica el **anexo XVII del Reglamento (CE) n° 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH)**, en lo que respecta a las restricciones aplicables al cadmio y sus compuestos. De este modo, se restringen sus usos para la coloración de plásticos y pinturas, para la estabilización de polímeros y copolímeros de cloruro de vinilo, para el cadmiado de metales, para la fabricación de joyas y como metales de aportación para la soldadura fuerte. Excepcionalmente se usarán en aquellos sectores de actividad en los que son técnicamente indispensables, tales como: la industria aeronáutica, la aeroespacial, la nuclear, en minería, en la industria electrónica, en trabajos de construcción y edificación, entre otros.

De manera que, los principales usos autorizados para la utilización del *cadmio metálico* son: la fabricación de baterías y acumuladores de níquel-

### 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





cadmio (Ni-Cd); la fabricación de polvo de óxido de cadmio, empleándolo como catalizador de reacciones de polimerización; en procesos de refinado y fundición del zinc, plomo y cobre; en actividades de soldadura; en el recubrimiento anticorrosivo de metales (acero, hierro fundido, aleaciones de cobre, aluminio, etc.); la fabricación de varios tipos de aleaciones (de bajo punto de fusión); como agente para la galvanoplastia (óxido, cloruro, cianuro); como producto intermedio en la síntesis de compuestos de cadmio y algunos fungicidas (INRS, 2022); (Infocarquim, 2022).

Por otro lado, entre los sectores autorizados para el uso de *compuestos inorgánicos de cadmio* se pueden distinguir: la utilización como materias primas para la preparación de otros compuestos de cadmio, en particular sales de ácidos orgánicos utilizados como estabilizadores para plásticos (óxido, cloruro, nitrato); la fabricación de pigmentos para pinturas, plásticos, vidrio, cerámica, esmaltes y en el acabado de textiles; como componentes de muchos materiales eléctricos: baterías (CdO), células solares o fotoeléctricas, rectificadores, contactores, semiconductores (óxido, hidróxido, sulfato, sulfuro, seleniuro), entre otros (INRS, 2022).

## Efectos para la salud

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2012) ha clasificado al cadmio como carcinógeno humano (Grupo 1), en base a estudios en animales expuestos a largo plazo a cadmio respirable, que muestran tumores de pulmón, y a metaestudios epidemiológicos que sugieren asociaciones entre la exposición al cadmio en los trabajadores y tumores de pulmón, de riñón y de próstata (ECHA/RAC, 2021).

De igual modo, en la Unión Europea el cadmio y algunas sales de cadmio están clasificados como **cancerígenos de categoría 1B** de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP) (tabla 1). Entre los mecanismos implicados en la carcinogénesis se incluyen: la inducción del estrés oxidativo (generación de especies reactivas de oxígeno, muy probablemente a través de la inhibición de los sistemas de defensa antioxidante), el daño oxidativo del ADN, la inhibición de la reparación del ADN y la desregulación de la proliferación celular. (ECHA/RAC, 2021).

En exposiciones laborales, el cadmio tiene como principal vía de entrada al organismo **la inhalatoria** y, en ocasiones y dependiendo de la higiene personal, la vía digestiva tiene cierta relevancia.

Tabla 1  
Clasificación de peligrosidad armonizada del cadmio según el Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas (CLP)

Cadmio (Cd). N° CAS 7440-43-9			
Clasificación			
Códigos de clase y categoría de peligro	Códigos de indicaciones de peligro		
Carcinógeno 1B.	H350: Puede provocar cáncer.		
Mutágeno cat.2.	H341: Se sospecha que provoca defectos genéticos.		
Toxicidad aguda cat.2.	H330: Mortal en caso de inhalación.		
Toxicidad para la reproducción cat.2.	H361fd: Se sospecha que perjudica a la fertilidad. Se sospecha que daña al feto.		
Toxicidad acuática aguda cat.1.	H250: Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.		
Toxicidad acuática crónica cat.1.	H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.		
Toxicidad específica en determinados órganos tras exposiciones repetidas cat.1.	H372: Provoca daños en los órganos		
Etiquetado. Pictogramas y palabras de advertencia			
Peligro			





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. (iarc.who.int)

Más concretamente, entre el 2 y el 50% de este agente se absorbe por vía respiratoria, dependiendo del tamaño de las partículas (polvos o humos), la solubilidad del compuesto (solubles o insolubles en agua), el patrón de deposición en el tracto respiratorio y la tasa de ventilación (SCOEL, 2017).

En contraposición, se estima que la absorción gastrointestinal del cadmio presente en el medio ambiente es inferior al 5%, pudiendo variar esta cifra con la dieta y el estado individual de hierro y/o calcio. De igual modo, hay que considerar como una fuente importante de exposición a cadmio el tabaco (DLEP, 2018).

Tras su absorción por cualquiera de estas vías se transporta al hígado, donde induce la síntesis de una proteína de bajo peso molecular denominada "*metalotioneína*", que se une al cadmio, formando el complejo *cadmio-metalotioneína*, liberándose lentamente y transportándose por la circulación sanguínea hasta depositarse en el túbulo renal proximal.

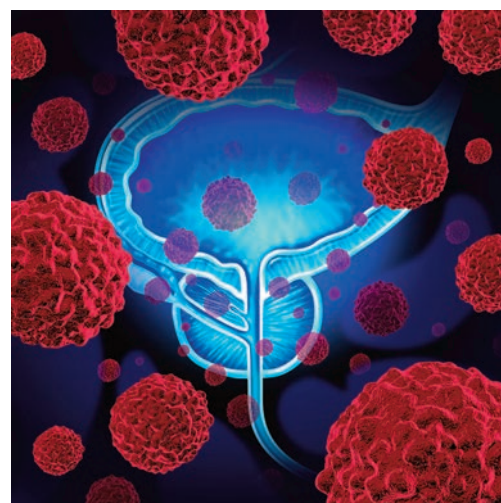
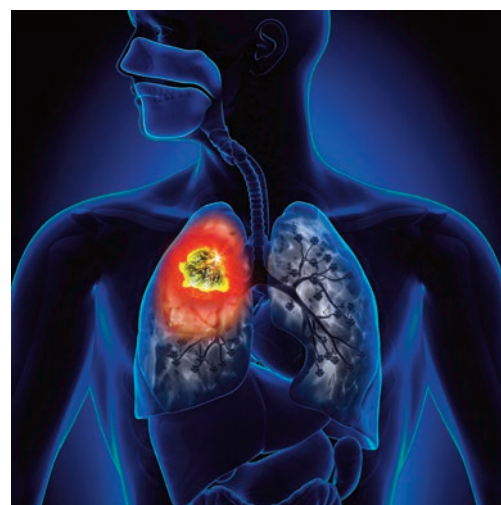
La vida media del cadmio en el organismo puede ser de varias décadas. Esto es debido a que se acumula en el organismo, principalmente en el riñón y en los huesos (ECHA/RAC, 2021).

Las principales vías de excreción del cadmio son la orina y las heces. Por orina, diariamente se elimina 0,007% del contenido corporal y por las heces 0,03%. La vida media de eliminación urinaria es de hasta 40 años. Tan sólo una pequeña fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado, a través de la vía biliar, se elimina por las heces. Esto explicaría la evolución progresiva de las manifestaciones patológicas, incluso tras el cese de la exposición.

Los **efectos sobre la salud humana** varían dependiendo del tipo de exposición. La *toxicidad aguda* puede provocar daños digestivos o trastornos respiratorios, mientras que la *exposición crónica* es responsable de daños renales, problemas respiratorios, cardiovasculares, óseos y dentales (INRS, 2022). Además, el cadmio puede afectar al peso de los bebés al nacer (ECHA/RAC, 2021).

### Efectos agudos para la salud

- La intoxicación aguda de cadmio por **vía digestiva** puede ir seguida de intensos trastornos gastrointestinales tales como náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea; pudiendo conducir, a dosis elevadas, a la insuficiencia renal.



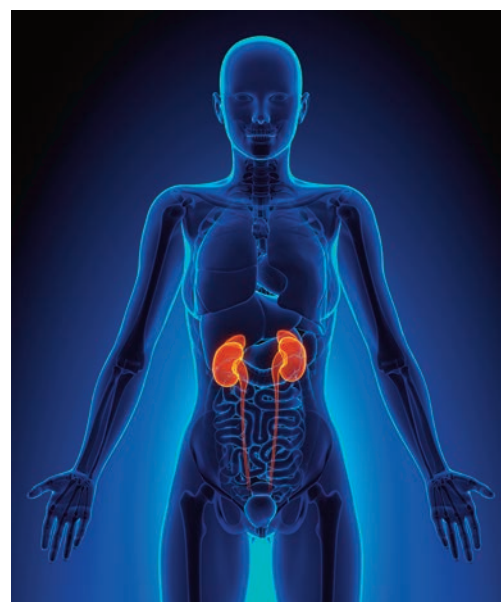


- Sin embargo, por **vía inhalatoria**, la intoxicación aguda puede cursar inicialmente con un periodo asintomático, seguido de signos de irritación de las vías respiratorias (tos, disnea, dolor torácico), signos digestivos (náuseas, vómitos), acompañados de escalofríos, fiebre, cefalea, etc., pudiendo desencadenar rápidamente en un edema pulmonar agudo grave que puede conducir a la muerte de la persona intoxicada.

#### Efectos crónicos para la salud

La intoxicación crónica, tanto en el ámbito profesional como en el entorno general, se asocia con alteraciones respiratorias y cardiovasculares, disfunción renal, desórdenes en el metabolismo del calcio y neurotoxicidad.

- A su vez, es frecuente que en trabajos en los que exista riesgo de exposición por inhalación de humos de óxidos o polvos respirables de cadmio o de sus compuestos, tengan lugar **alteraciones respiratorias** causadas por la afectación pulmonar, acompañándose de una serie de manifestaciones que responden a patrones compatibles con EPOC, llegando en ocasiones a la insuficiencia respiratoria total.
- Las lesiones relacionadas con el **sistema óseo** se producen por la afectación de la absorción tubular de calcio y fosfato, lo cual podría conllevar la desmineralización del hueso, dando lugar a dolores articulares, fracturas espontáneas de huesos (sobre todo en las costillas), y en algunos casos de exposiciones prolongadas a osteomalacias y osteoporosis (ECHA/RAC, 2021).
- Muchas revisiones y metaanálisis han demostrado asociaciones entre el cadmio en sangre u orina y la **aterosclerosis y enfermedad cardiovascular** (ECHA/RAC, 2021).
- Asimismo, también existen estudios que concluyen la asociación entre la exposición materna al cadmio con una **disminución del peso neonatal al nacer** (ECHA/RAC, 2021).
- Sin embargo, el **riñón** destaca por ser el **órgano diana** tras la exposición a este agente. La lesión renal se caracteriza por la acumulación de cadmio en el córtex y en las células de los túbulos proximales lo que origina un descenso del índice de filtración glomerular y, eventualmente, fallo renal. Los signos renales suelen ser la primera manifestación de nefrotoxicidad en sujetos expuestos profesionalmente a cadmio y más concretamente, el primer signo de toxicidad es una lesión tubular renal seguida de lesión glomerular que conduce frecuentemente a un aumento en la excreción urinaria de proteínas de bajo peso molecular (proteinuria) (OMS, 1992); (AESAN, 2021).







Además de los efectos mencionados, el cadmio es un potente carcinógeno pulmonar en ratas, y la experiencia humana indica un riesgo de cáncer en los seres humanos tras una exposición prolongada a este agente.

Aunque es probable que exista un umbral basado en el modo de acción, es difícil definirlo debido a los limitados datos *in vivo*, por lo que se recomienda minimizar toda la exposición al cadmio. Por lo tanto, aunque se hayan establecido unos valores límite, se recomienda reducir la exposición al mínimo (ECHA/RAC, 2021).

Por tanto, puede tener **efectos cancerígenos**, siendo los cánceres más frecuentes que desarrolla la población trabajadora por exposición profesional el de pulmón y de próstata (en población masculina) y, en menor medida, de riñón e hígado (INRS, 2022).

El Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, en su anexo I, grupo 6, recoge las enfermedades profesionales asociadas con la exposición al Cadmio, concretamente la **neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata**.

## Dónde se puede dar la exposición

La exposición a cadmio o sus compuestos puede tener lugar tanto en el medio ambiente general como en el entorno laboral, por lo que puede existir exposición en la población general y en la población trabajadora.

La población en general puede estar expuesta a cadmio por múltiples fuentes de exposición, incluyéndose entre ellas las emisiones procedentes de actividades industriales y mineras y la contaminación de diferentes medios ambientales, es decir, el aire, el agua y el suelo; implicando en muchas ocasiones la posterior contaminación de los alimentos. Así, entre las principales fuentes de exposición al cadmio de la población en general destacan la dieta y el tabaco (ASTDR, 2012).

No obstante, el riesgo de exposición al cadmio es muy superior en el ambiente ocupacional con respecto al ambiente general, considerándose una de las principales fuentes de exposición. En ocasiones, la exposición laboral conlleva exposiciones prolongadas a estos agentes y con ello a efectos nocivos para la salud de los trabajadores, a diferencia de las exposiciones de la población en general en la que no se han reconocido daños para la salud, salvo en determinadas situaciones en las que existe contaminación en proporciones muy elevadas.

En concreto, se estima que alrededor de 10.000 trabajadores en la UE se encuentran expuestos potencialmente a cadmio y a sus compuestos.

La exposición laboral se produce principalmente por inhalación del polvo y del humo de compuestos de cadmio generados en los procesos de tra-





bajo, aunque en algunas ocasiones puede darse por ingestión del polvo por malas prácticas higiénicas. En consecuencia, los trabajadores de muchas industrias se enfrentan a una posible exposición al cadmio y/o a sus compuestos, pudiendo llegar a acumular niveles de cadmio más o menos elevados en función del tipo de trabajo realizado y del lugar de trabajo.

Estas exposiciones suelen darse por la realización de operaciones de fundición y refinado de metales o por el aire del medio ambiente de trabajo en plantas industriales en las que se fabrican baterías, revestimientos o plásticos (The facts Cadmium. Roadmap on carcinogens).

La exposición puede ser mayor en aquellos trabajos en los que exista exposición a polvo o a humos de cadmio, cuando se calientan compuestos o superficies que contengan este metal, o cuando se realicen operaciones de soldadura o corte con materiales que contengan cadmio.

La exposición potencial es mayor entre trabajadores dedicados a la producción y refinado de cadmio, fabricación de baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd), la galvanoplastia, la fabricación de pigmentos y las operaciones de soldadura. Los trabajadores expuestos se encuentran, principalmente, en la construcción, la fabricación de productos metálicos (especialmente baterías), las industrias de metales básicos no ferrosos y la fabricación de productos de plástico.

A continuación, se puede consultar un *listado no exhaustivo de industrias y actividades* en las que se producen las principales exposiciones a cadmio y a sus compuestos, así como operaciones o tareas específicas en las que suele existir este riesgo (Adaptación del monográfico 100-C de la IARC, 2012); (NTP, 2021).

- **Producción de baterías:** es la aplicación mayoritaria del cadmio producido. Principalmente se fabrican baterías Ni-Cd, aunque también se utilizan baterías de plata-cadmio en aplicaciones aeronáuticas.

En general, los fumadores tienen por término medio el doble de carga corporal que un no fumador. En la población no fumadora, los alimentos representan aproximadamente el 90% de la exposición a cadmio, siendo los principales productos alimenticios que contribuyen a tal exposición los cereales, las verduras y hortalizas (EFSA, 2009). Además, la exposición puede tener lugar a través de la inhalación de cadmio en el aire ambiente y del agua potable, aunque ésta suele ser muy baja (suponiendo menos del 10% de la exposición total) y suele ocurrir principalmente en zonas industriales próximas donde se produce la liberación de dicho agente.







- **Fabricación de pigmentos cadmíferos** para pinturas, esmaltes, materias plásticas, papel, vidrio, cerámica, caucho, pirotecnia, y acabado de textiles.
- **Aplicación por proyección de pinturas y barnices** que contengan cadmio.
- **Revestimientos galvánicos** para aumentar la resistencia a la corrosión. Las piezas de acero cadmiadas se han usado en numerosas aplicaciones técnicas en la industria aeronáutica y de automoción, en la fabricación de muelles y resortes y tornillerías de todos los tipos. También se han usado piezas cadmiadas para la fabricación de componentes eléctricos y electrónicos, como conectores e interruptores.
- Producción de semi y superconductores, de células solares, de estabilizadores, de sensores, de lámparas fluorescentes.
- Preparación del cadmio por procesado de zinc, plomo y cobre.
- Operaciones de **soldadura y oxicorte** de piezas con cadmio.
- Trabajos en horno de fundición de hierro o acero.
- Producción de varios tipos de **aleaciones** (de bajo punto de fusión). En concreto, el cadmio con el bismuto, el plomo y el estaño forma aleaciones que se aplican en la fabricación de fusibles para rociadores automáticos contra el fuego o para moldear escudos protectores de los pacientes sometidos a tratamientos radiológicos, entre otras muchas más aplicaciones técnicas. También se utiliza en la fabricación de varillas de soldaduras. Las aleaciones de Ag-Cd se usan para realizar soldaduras "duras". Las varillas de aporte son aleaciones de Ag, Cu, Zn y Cd.
- Producción, procesamiento y manipulación de compuestos pulverulentos de cadmio.
- Operaciones de esmaltado y grabado, corte por láser, impresión.
- Cristalería. Fusión y colada de vidrio.
- Fabricación y uso de pesticidas.
- Fabricación de barras de control de reactores nucleares.
- Producción de plásticos.
- Fabricación de joyas.
- Fabricación de amalgamas dentales.
- Procesado de residuos que contengan cadmio. Tratamiento de residuos peligrosos en actividades de saneamiento público.





Actualmente se está desarrollando la aplicación de nanocristales de seleniuro de cadmio y telururo de cadmio para la síntesis de películas fotovoltaicas ultrafinas. También contienen cadmio nanomateriales usados en biología, medicina, ingeniería y en productos de consumo (Werlin et al., 2011).

## Evaluación de la exposición

El Real Decreto 665/1997 establece un valor límite de  $0,001 \text{ mg/m}^3$  para el Cd y sus compuestos inorgánicos. Sin embargo, este valor límite puede resultar difícil de alcanzar a corto plazo en algunos sectores de actividad. Por ello, se establece un período transitorio (hasta el 11 de julio de 2027) durante el cual se aplique un valor límite de  $0,002 \text{ mg/m}^3$  para la fracción respirable, conjuntamente, con un sistema de control biológico con un valor límite biológico inferior o igual a  $0,002 \text{ mg Cd/g}$  de creatinina en orina (tabla 2).

Por su parte, en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", elaborado por el INSST, se encuentran recogidos los valores límite para el cadmio y sus compuestos, en consonancia con el Real Decreto 395/2022. Asimismo, también se establecen valores límite biológicos (VLB<sup>®</sup>) para dos indicadores biológicos relacionados con la exposición de este agente, siendo de  $2 \text{ } \mu\text{g/g}$  creatinina para el cadmio en orina y de  $5 \text{ } \mu\text{g/l}$  para el cadmio en sangre (tabla 3).

En este sentido, mencionar que los VLB<sup>®</sup> representan los niveles más probables de los indicadores biológicos en trabajadores sanos sometidos a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del VLA-ED<sup>®</sup>.

Dada la peligrosidad de este tipo de agentes químicos, es necesario identificarlos desde las primeras etapas del proceso de evaluación de riesgos. Esta evaluación deberá incluir también los posibles riesgos de exposición imprevista a dichos agentes debido a accidentes, incidentes o emergencias. Esto permitirá obtener información sobre las medidas preventivas a implantar para reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.



## Referencias normativas

El Real Decreto 395/2022, 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 (UE) 2019/983 y del Consejo, de 5 de junio de 2019, 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, al ordenamiento jurídico español, incluyó en su Anexo III, sobre valores límite de exposición profesional, al cadmio y sus compuestos inorgánicos como agentes cancerígenos.





Tabla 2. Valores límite de exposición profesional. RD 665/1997.

Nombre del agente	Nº CE <sup>(1)</sup>	Nº CAS <sup>(2)</sup>	Valores límite de exposición diaria <sup>(3)</sup>	Medidas transitorias
Cadmio y sus compuestos inorgánicos	-	-	0,001 mg/m <sup>3(4)</sup>	Valor límite 0,002 mg/m <sup>3</sup> hasta el 11 de julio de 2027. Fracción respirable. Se aplica conjuntamente con un sistema de control biológico con un valor límite biológico inferior o igual a 0,002 mg Cd/g de creatinina en orina.

Tabla 3. Valores Límite Ambientales (VLA).

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

AGENTE QUÍMICO (año de incorporación o de actualización)	INDICADOR BIOLÓGICO (IB)	VALORES LÍMITE VLB	MOMENTO DE MUESTREO	NOTAS
Cadmio y sus compuestos inorgánicos (2017)	Cadmio en Orina	2 µg/g creatinina	No crítico <sup>(5)</sup>	F
	Cadmio en Sangre	5 µg/l	No crítico <sup>(5)</sup>	F

<sup>1</sup> 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) nº 1272/2008.

<sup>2</sup> Nº CAS: Número de registro del Chemical Abstracts Service (servicio de resúmenes de productos químicos).

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

<sup>4</sup> mg/m<sup>3</sup>= miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y 101,3 KPa (760 mm de presión de mercurio)

<sup>5</sup> Los indicadores con momento de muestreo no crítico tienen vidas medias de eliminación muy largas, se acumulan en el organismo durante años y, algunos, durante toda la vida. Una vez alcanzado el estado estacionario, que depende de cada indicador biológico (semanas, meses), la toma de muestra de estos se puede realizar en cualquier momento. Es fundamental consultar la documentación específica al respecto.

F Fondo. El indicador está generalmente presente en cantidades detectables en personas no expuestas laboralmente. Estos niveles de fondo están considerados en el valor VLB®





La evaluación cuantitativa de la exposición por inhalación al cadmio estará basada en la medición de la concentración del agente químico en la zona de respiración del trabajador, la ponderación del resultado de acuerdo con el periodo de referencia (normalmente 8 horas) y su comparación con el criterio de referencia establecido, en este caso el VLA-ED®.

Junto con el diseño de la estrategia de muestreo, el primer paso para realizar una toma de muestras de cadmio para su posterior análisis en laboratorio es la elección del método más adecuado al objeto de la medición teniendo en cuenta las condiciones concretas del entorno de trabajo y los materiales u otras sustancias que puedan estar presente además del cadmio y/o sus compuestos y que puedan provocar una interferencia o un error en el resultado de la medición.

El INSST ha validado los siguientes métodos para la toma de muestras y análisis:

- MTA/MA-025/A16: Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. Método de captación en filtro/Espectrofotometría de absorción atómica con llama.
- MTA/MA-055/A16: Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. Métodos de captación de filtro/Espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente con detector óptico (ICP-AES).

Otros organismos también disponen de métodos validados como el "Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung" (DGUV), el "Método para la determinación de cadmio y sus compuestos inorgánicos en el aire de los lugares de trabajo usando espectrometría de masas ICP tras digestión ácida", pudiendo llevarse a cabo el muestreo en un punto fijo o personal empleando filtros de membrana de nitrocelulosa.

Asimismo, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional ("National Institute for Occupational Safety and Health", NIOSH) incluye en su NMAM (Manual de Métodos Analíticos de NIOSH) un método de muestreo y análisis de distintos elementos químicos, entre ellos el cadmio, presentes en el aire de los lugares de trabajo mediante espectrometría de masas ICP tras el procedimiento de digestión por ácido nítrico/perclórico.

En todos estos casos, la muestra se recoge haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un muestreador que incorpora un elemento de retención adecuado, con la ayuda de una bomba de muestreo, para captar la muestra en el filtro correspondiente y realizar su posterior análisis en el laboratorio.

### 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.







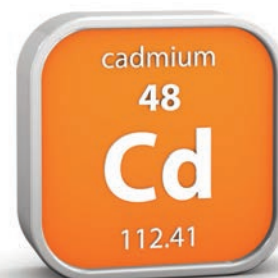
Estos métodos de toma de muestra y análisis se han desarrollado para determinar concentraciones medias ponderadas en el tiempo de metales en aire, en tomas de muestras personales y en lugares fijos. Por ello, pueden ser utilizados para realizar mediciones de comparación con los valores límite de exposición profesional y mediciones periódicas. También podría utilizarse para realizar mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo.

Conjuntamente con la comprobación del cumplimiento con el valor límite ambiental, es de gran importancia realizar el **control biológico** de la exposición al cadmio y sus compuestos, ya sea utilizando como indicador biológico el cadmio en sangre o en orina, puesto que ofrece una serie de ventajas al incorporar todas las posibles fuentes de exposición laboral y ambiental (exposición por vía gastrointestinal en el lugar de trabajo, consumo de tabaco y la exposición alimentaria). Además, como el cadmio es un tóxico acumulativo, la medida del cadmio en orina es un buen indicador de la carga corporal que integra todas las fuentes de exposición y es un parámetro adecuado para prevenir el daño renal (DLEP, 2018). La medición de **cadmio en orina** refleja la carga del cuerpo y predice el riesgo para la salud, mientras que la medición de **cadmio en sangre** puede proporcionar información complementaria para detectar exposiciones recientes y evaluar el impacto de las medidas preventivas para controlar la exposición (SCOEL, 2017).

En este sentido, cabe destacar que la Fundación Alemana de Investigación Científica (Deutsche Forschungsgemeinschaft – DFG) publicó *“The MAK collection for Occupational Health and Safety”*, donde se recogen los siguientes métodos para el control biológico de la exposición al cadmio:

- Antimony, Lead, Cadmium, Platinum, Mercury, Tellurium, Thallium, Bismuth, Tungsten, Tin. Quadrupole ICP-MS. Determination in urine. 1998.
- Cadmium. Determination in blood. 1981.

De modo que, para este agente en concreto, el control biológico se aplica conjuntamente con la evaluación ambiental, siendo de gran utilidad, puesto que permite comprobar la eficacia de los equipos de protección individual (EPI), en determinadas ocasiones, para evaluar si existe una vía de exposición diferente a la inhalatoria, detectando una posible absorción por vía dérmica o digestiva; o, para detectar una exposición de origen no laboral. Cuando la vía dérmica pueda ser significativa para el contenido corporal total, se aconseja la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida del contaminante.





## Control de la exposición

Para la mayoría de los agentes cancerígenos no existen exposiciones seguras, por lo que, en estos casos, es necesario adoptar medidas específicas que reduzcan el riesgo al mínimo posible. En este sentido, la empresa debe garantizar la **eliminación o reducción** al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello se deberá, preferentemente, evitar el uso de cadmio y sus compuestos sustituyéndolo por otro agente o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado.

Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, la empresa garantizará la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de riesgos, aplicándose según **un orden de prioridad** en función de su efectividad.

Así, cuando no se pueda realizar la sustitución, se estudiará la posibilidad de trabajar en un sistema cerrado; cuando tampoco sea posible, se deberá garantizar que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible y, por último, cuando las medidas anteriores no sean suficientes, se adoptarán medidas de protección individual (EPI).

### 1. Sustitución del agente químico

De conformidad con lo dispuesto en el art. 4 del Real Decreto 665/1997, así como en el punto 1.f) del art. 15 de la LPRL, siempre que sea técnicamente posible, la medida obligatoria y prioritaria para **eliminar el riesgo** por exposición a agentes cancerígenos o mutágenos debe ser la sustitución de estos agentes por una sustancia, una mezcla o un procedimiento que, en condiciones normales de utilización, no sea peligroso o lo sea en menor grado para la salud o la seguridad de los trabajadores. En cualquier caso, siempre se deben valorar los nuevos riesgos que pueden introducirse con la sustitución.

Esta medida 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.

### 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.







Un ejemplo de sustitución es la del cadmio como componente de las aleaciones de plata, utilizadas para la soldadura fuerte. Debido a su toxicidad, en diciembre de 2011, la legislación de la Unión Europea lo restringió en varias aplicaciones, incluida la industria electrónica.

Su uso en las aleaciones de plata para soldadura fuerte permitía la reducción de la temperatura de fusión de la aleación y la mejora de algunas de sus características técnicas. Además, al sustituir parte de la plata, se reducían los costes de estas aleaciones.

Como alternativas se pueden utilizar otras aleaciones para diversas aplicaciones y sectores, algunas de ellas también basadas en la plata, pero otras no. Las aleaciones de cobre/plata/fósforo, cobre/plata/zinc o cobre/fósforo pueden utilizarse como alternativas a las piezas de ensamblaje de metales preciosos, hierro, acero inoxidable y cobre. También existen aleaciones que contienen estaño para estos fines. No obstante, se recomienda comprobar la adecuación del tipo de aleación alternativa a la aplicación específica prevista.

Otro ejemplo de sustitución se observa en la utilización de baterías de níquel y cadmio (NiCd) en equipos médicos, tales como desfibriladores portátiles. Aunque la legislación europea aún permite que tales equipos utilicen este tipo de baterías, los fabricantes de equipos médicos nuevos han recurrido a alternativas basadas en el litio y, actualmente, los monitores y desfibriladores portátiles utilizados para casos de emergencia están disponibles en versiones equipadas con baterías de iones de litio. Estas baterías pueden almacenar la energía necesaria para sus aplicaciones, cargarse rápidamente y son fáciles de transportar debido a su menor peso respecto a otras baterías (SUBSPORT, 2012).

En los casos en que después de haber planteado inicialmente la sustitución, se estime que ésta no es técnicamente posible teniendo en cuenta el estado de conocimiento y el grado de aplicabilidad de las mejores técnicas disponibles en el sector y operación concretos, se pueden adoptar otras medidas para reducir al máximo la exposición al cadmio y/o sus compuestos, las cuales se describen a continuación.

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](http://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.





## 2. Cerramiento del proceso

Cuando no sea posible técnicamente sustituir el agente cancerígeno o mutágeno, se debe evitar la inhalación de polvo, humos o nieblas, recurriendo a la realización de cualquier operación en un sistema cerrado.

Así, se trata de evitar la dispersión del agente al aire que respira el trabajador situando el proceso dentro de un sistema cerrado con renovación del aire y tratamiento adecuado del aire antes de ser evacuado, que evite que los agentes no provoquen daños ni al medio ambiente ni a la salud pública.

La manipulación de los agentes cancerígenos o mutágenos en sistemas cerrados y estancos, preferentemente a presión negativa, es la primera opción tecnológica para la prevención y reducción de la exposición. Estos sistemas, no solamente eliminan la exposición, sino que además evitan la exposición a productos intermedios del proceso. No obstante, no se anula el riesgo para la seguridad de los trabajadores en los supuestos de fallos o averías de los componentes del sistema que pudieran dar lugar a fugas. Para minimizar fallos, los equipos o componentes que constituyan el sistema de encerramiento serán de calidad y fiabilidad contrastada y, dado que se trata de equipos para ser utilizados con productos de peligrosidad conocida, requerirán un programa de mantenimiento preventivo, y cuando sea posible predictivo, que garantice la perdurabilidad de las prestaciones iniciales del equipo en lo que a su fiabilidad y seguridad se refiere. Para ello se seguirán las instrucciones del fabricante contenidas en el manual de instrucciones y, en ausencia de éste o complementariamente al mismo, las prácticas del buen profesional.

Debe prestarse fundamentalmente atención a las pérdidas de estanqueidad en puntos críticos (válvulas, puntos de toma de muestras, etc.) y al correcto funcionamiento de las instalaciones que garantizan la depresión en el sistema.

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

Cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, se deberá reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible, con el objetivo de minimizar la probabilidad de que se produzcan efectos perjudiciales en la salud de las personas trabajadoras.

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 técnicas y organizativas disponibles.







En el Real Decreto 665/1997 se establece la obligación de adoptar todas las medidas que sean necesarias de las recogidas en su artículo 5.5. 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.

Entre las medidas encaminadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible se incluye la limitación de las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo, así como 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.

Además, estas medidas incluyen el 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, delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, 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, entre otras.

Una de las medidas empleadas en zonas de producción en las que puede existir riesgo por exposición a cadmio, es la construcción de una separación espacial entre zonas contaminadas y limpias, en forma de dos vestuarios conectados a través de un lavadero o en forma de un sistema de esclusas conectado a la zona de trabajo y utilizado para ponerse y quitarse la ropa de trabajo y de protección.

Para la señalización de seguridad y salud en los lugares de trabajo se deben cumplir las prescripciones establecidas en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se puede encontrar más información al respecto en la Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, elaborada por el INSST, para aclarar los aspectos técnicos establecidos en dicho Real Decreto.





#### 4. Equipos de protección individual (EPI)

Los equipos de protección individual no deben utilizarse como única medida de prevención, sino que deben ser la **última opción preventiva** y antes deben haberse aplicado todas las medidas técnicas anteriores que sean posibles.

Los resultados de la evaluación de riesgos serán la base para determinar la necesidad de utilizar equipos de protección individual (EPI), así como para la selección del equipo más adecuado. Además, al seleccionar el equipo, 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, es muy recomendable realizar un test de ajuste a cada persona.

Entre los EPI que pueden resultar necesarios para proteger de los riesgos higiénicos relacionados con la exposición a cadmio y/o sus compuestos se encuentran:

- **Protección respiratoria:** máscaras o medias máscaras dotadas con filtros tipo P3.
- **Protección dérmica:** ropa de trabajo, guantes de protección frente a agentes químicos, por ejemplo, de caucho de nitrilo y policloropreno.
- **Protección ocular:** gafas de seguridad.

Finalmente, hay que señalar que los procedimientos de limpieza y mantenimiento de estos EPI son tan importantes como su correcta selección y uso. Por ello, se deben seguir estrictamente las recomendaciones de los fabricantes y formar a los trabajadores para que las conozcan y las apliquen correctamente. Se debe facilitar un lugar adecuado para guardar los EPI.

## Vigilancia de la salud

De acuerdo con el artículo 8 del Real Decreto 665/1997, se debe garantizar una **vigilancia adecuada y específica** de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes cancerígenos o mutágenos, debiendo ser realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos que se elaboren, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 37 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

#### 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.







En general, la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos se caracteriza por producir efectos a largo plazo o enfermedades con periodos de latencia largos como puede ser el cáncer. Por 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 los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, la empresa debe facilitar a la unidad básica de salud (UBS) encargada de llevarla a cabo información sobre estos riesgos, a través de la evaluación de riesgos, las fichas de datos de seguridad, etc.

Actualmente, no existe un protocolo específico para la vigilancia de la salud para trabajadores expuestos a cadmio y sus compuestos. No obstante, en el año 2019, la **Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud** aprobó la *“Guía básica y general de orientación de las actividades de vigilancia de la salud para la prevención de riesgos laborales”*, como instrumento de apoyo para quienes tengan responsabilidades en la concepción, implantación, puesta en práctica y gestión de la vigilancia de la salud de los trabajadores.

Por tanto, en ausencia de pautas y protocolos de actuación específicos, el servicio de prevención responsable de la vigilancia de la salud, basándose en la evaluación de riesgos y los efectos para la salud del cadmio y/o sus compuestos, elaborará un protocolo y describirá documentalmente el método y criterios utilizados para la citada vigilancia de la salud.

En cualquier caso, en el examen clínico se debería consultar a los trabajadores para conocer si sufren algún tipo de molestia que pudiera estar relacionada con la exposición a estos agentes y observar posibles signos o síntomas indicativos de una posible exposición a concentraciones altas de cadmio en el trabajo. Se debe informar a los trabajadores expuestos a esta sustancia sobre los peligros que puede presentar para la fertilidad y embarazo.

Asimismo, como parte complementaria de esta vigilancia de la salud, también habría que realizar el **control biológico**, para detectar anomalías orgánicas en su fase precoz o niveles de exposición potencialmente peligrosos. En la mayoría de los casos, forman parte integrante del examen médico. Tal investigación estará sujeta a un consentimiento informado del trabajador. En estos casos, se recomienda utilizar los valores límites biológicos (VLB®) recogidos en el documento *“Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España”* del INSST.

### 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.





## Otras medidas preventivas

En los trabajos con riesgo por exposición a cadmio y/o sus compuestos **se deberá cumplir** otra serie de medidas preventivas establecidas en el Real Decreto 665/1997, como son:

- **Medidas de higiene personal** (art. 6), tales como: prohibir comer, fumar o beber en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo; proveer a los trabajadores de ropa de protección apropiada o de otro tipo de ropa especial adecuada; disponer de lugares para guardar de manera separada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir; disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores; disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento.
- **Medidas a adoptar en caso de exposiciones accidentales y no regulares** (art. 7)
- **Las obligaciones con respecto a la documentación** (art. 9)
- **Información a las autoridades competentes** (art. 10)
- **Consulta, información y formación a los trabajadores** (art. 11 y 12)

## Referencias

- AESAN (2021). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de la población española a cadmio a través de la dieta.
- ATSDR (2015) ToxFAQsTM: Cadmio (Cadmium)| ToxFAQ | ATSDR
- ECHA. European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/es/substance-information/-/substanceinfo/100.028.320>
- ECHA. Committee for Risk Assessment RAC. Opinion on scientific evaluation of occupational exposure limits for Cadmium and its inorganic compounds. ECHA/RAC/A77-O-0000006982-64-01/F. 18 March 2021.

## 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.







- EFSA, 2009. Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain.
- IARC. 2012. Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. In *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C*.
- IARC. 1993. Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. In *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 58*.
- INRS. 2022. Cadmium (FT 60). Généralités. Fiches Toxicologiques – INRS. @ INRSfrance.
- INSST, 2022, Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2022.
- INSST. DLEP, 2018. Documentación Toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del cadmio y sus compuestos. Cadmio y compuestos inorgánicos.
- INSST. Infocarquim. Cadmio (pirofórico).
- ISTAS, 2006. Sistema de información sobre exposición ocupacional a cancerígenos en España en el año 2004.
- OMS (1992). Organización Mundial de la Salud. Renal effects and Low Molecular Weight Proteinuria. Environmental Health Criteria 134: Cadmium. World Health Organisation. Geneva, pp: 136-146.
- SCOEL/OPIN/336, 2017. Cadmium and its inorganic compounds.
- SUBSPORT, 2012, Specific Substances Alternatives Assessment. <https://www.subsportplus.eu/>
- NTP NIEHS. NIH. GOV, 2021. Cadmium and Cadmium compounds <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc>
- Werlin, R., Priester, J., Mielke, R. et al. (2011). Biomagnification of cadmium selenide quantum dots in a simple experimental microbial food chain. *Nature Nanotech*, 6, pp: 65-71.

#### 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>



NIPO (en línea): 118-22-002-4