

## REVISIÓ

# Toxicidad medioambiental. Regulación legislativa y repercusiones en salud

*Environmental toxicity. Legislative regulation and health impact*

**Luisa Capdevila García<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Victoria Ramírez Iñiguez de la Torre<sup>1</sup>,  
J. Ignacio Torres Alberich<sup>2</sup>, M<sup>a</sup> Jesús Terradillos García<sup>1</sup>**

1. Médico del Trabajo. Grupo de Investigación en Medicina del Trabajo (GIMT)

2. Abogado. Grupo de Investigación en Medicina del Trabajo (GIMT)

---

**Correspondencia**

Luisa Capdevila García  
Servicio de Prevención MAPFRE. Valencia  
E-mail: luicapdevila@gmail.com

**Recibido:** 4 – I – 2016

**Aceptado:** 22 – III – 2016

**doi:** 10.3306/MEDICINABALEAR.31.01.35

## Resumen

Salud y medioambiente están íntimamente relacionados, y conseguir garantías de seguridad y salud involucra al sistema político, académico, sanitario y social de los países, compitiendo al estado, sus instituciones, universidad, profesionales de la salud y población general.

Destacan las sustancias neurotóxicas, con afinidad por el tejido nervioso, que ocasionan alteraciones funcionales con cambios de la conducta, disturbios de los procesos psicológicos o de la personalidad. Sus efectos varían según sea aguda o crónica la exposición y de su intensidad y duración.

La exposición en épocas perinatales a químicos ambientales, puede ocasionar cambios celulares o moleculares, con repercusión de déficits neuroconductuales o susceptibilidad aumentada a enfermedades neurodegenerativas en etapas posteriores de la vida.

Es necesario incrementar la formación e investigación en esta materia con mayor participación de la Medicina del Trabajo, de Salud Laboral, Pública y Medioambiental como partes esenciales en cualquier planteamiento preventivo.

**Palabras Clave:** toxicidad medioambiental, neurotoxicidad, neurodesarrollo, salud laboral

## Abstract

Health and Environment are closely related and get security guarantees in health involves the political, academic, health and social systems of the countries competing to the state, its institutions, college, health professionals and the general population.

Stand neurotoxic substances with affinity for nerve tissue, causing behaviour changes, disturbances of psychological processes or personality impaired functions. Its effects vary according to acute or chronic exposure and its intensity and duration.

The environmental chemicals exposure, in perinatal time can cause cellular or molecular changes with impact of neurobehavioral deficits, or increased to neurodegenerative diseases in later life stages.

We need to increase training and research in this field and greater participation of Occupational Medicine, Occupational Health, Public and Environmental as essential parts in any preventive approach.

**Keywords:** environmental toxicity, neurotoxicity, neurodevelopment, occupational health

## Introducción

La salud y el medio que nos rodea están íntimamente relacionados. El aire, el agua, el entorno laboral o el interior de los edificios tienen una gran repercusión en nuestro bienestar y salud. Por ese motivo, la calidad y la salubridad del entorno son esenciales para conseguir garantías de seguridad y salud.

Trabajar sobre la Salud ambiental es un desafío que involucra al sistema político, académico, sanitario y social de los países. Es por ello competencia del Estado y sus instituciones, de la Universidad, de los profesionales de los equipos de salud, con sus tareas asistenciales y preventivas, y de cada uno de los ciudadanos, a través del conocimiento y responsabilidad individual.

En los últimos años, se observa una creciente inquietud ante las posibles implicaciones sanitarias derivadas del contacto con el agua o los alimentos con sustancias potencialmente tóxicas y con radiaciones procedentes de la emisión de antenas y dispositivos de telefonía móvil, etc.

La política medioambiental de la Unión Europea (UE) se ha venido guiando desde sus inicios por consideraciones de orden fundamentalmente sanitario. Quedan aún por resolver muchos problemas de medio ambiente y salud, especialmente la dificultad que plantea el establecer un vínculo causal entre determinados factores medioambientales y los efectos perjudiciales para la salud, y el estudio de las consecuencias sanitarias derivadas de la exposición crónica a algunas sustancias tóxicas.

Durante mucho tiempo, las evaluaciones ambientales y las medidas políticas de la UE se han centrado en contaminantes concretos de ámbitos medioambientales específicos (la atmósfera, el agua, el suelo, etc.), subestimando las repercusiones sanitarias porque, en la práctica, los contaminantes se desplazan de un ámbito medioambiental a otro (de la atmósfera al suelo, al agua, etc.) y las personas están expuestas a un conjunto de contaminantes que interaccionan con el medio ambiente y con el organismo humano.

## Aspectos legislativos

Los estados y la Unión Europea han desarrollado la Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud<sup>1</sup> (iniciativa SCALE) que proporciona un marco de garantía para la protección de la sociedad en su conjunto. Su objetivo es reducir en Europa las enfermedades provocadas por los factores ambientales, con especial énfasis en los niños. Esta estrategia desarrolló su primer ciclo a través del Plan de Acción de Medio Ambiente y Salud (2004-2010) seleccionando como prioritarias las enfermedades respiratorias, los trastornos del desarrollo neurológico, el cáncer y las alteraciones endocrinas. Nace con el objetivo de de-

sarrollar un sistema comunitario que integre toda la información sobre medio ambiente, ecosistema y salud humana, facilitando la evaluación del impacto medioambiental global sobre la salud tomando en consideración todos los efectos sobre la misma, tales como el efecto "cóctel", la exposición combinada, los efectos acumulativos, etc.

En España, es la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, integrada en la Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, quien realiza acciones de vigilancia, control, actualización y defensa de la salud ante las agresiones de origen medioambiental. Otras de sus labores fundamentales son la vigilancia legislativa, seguimiento de acuerdos internacionales y la participación en organismos internacionales (Unión Europea, Organización Mundial de la Salud etc.).

Una relación exhaustiva de la legislación de referencia en toxicidad medioambiental y ocupacional Nacional e Internacional se muestra en la **Tabla I**.

## Efectos Neurotóxicos por exposición ocupacional

De la revisión efectuada se concluye que actualmente hay identificados 1.300 neurotóxicos. La legislación Española recoge en el RD Real Decreto 363/1995<sup>2</sup> la Notificación, Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas y en el R.D. 1299/2006<sup>3</sup>, de Enfermedades Profesionales, se contemplan buena parte de los mismos y a ellos se unen referencias recientes, como las referidas al efecto neurotóxico de nanopartículas de tamaño mayor de 100 nm y cuyo efecto neurodegenerativo se añadiría al ya estudiado respiratorio<sup>4</sup>.

Sin embargo, se calcula que hay más de 100.000 sustancias químicas comercializadas circulando por el mercado europeo, para muchas de las cuales no se han estudiado los posibles riesgos para la salud.

Las manifestaciones clínicas por neurotoxicidad pueden englobarse en diferentes cuadros clínicos: Encefalopatías Tóxicas, Síndrome Cerebeloso Tóxico, Síndrome Parkinsoniano de Origen Tóxico y Neuropatías Periféricas Tóxicas<sup>5</sup>.

Datos procedentes de la Encuesta Nacional de Condiciones de trabajo de 2011<sup>6</sup>, muestran que el 14,9% de los trabajadores manifestó que en su puesto de trabajo manipulan sustancias o productos nocivos o tóxicos. El sector Agrario continúa presentando el mayor porcentaje de trabajadores expuestos (23,3%), seguido por la Industria (20,2%), Construcción (19,0%) y Servicios (13,0%).

Según estos datos del Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo, distinguiendo por ramas de actividad, destacan en la manipulación de sustancias o productos

Tabla I: Recopilación legislativa en toxicidad medioambiental y ocupacional

<p>R.D. 363/1995, de 10 de marzo, Reglamento de Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas. Modificado por: Orden 13 de septiembre de 1995, por la que se modifica el Anexo I del Reglamento aprobado por R.D. 363/1995.</p> <p>Orden de 21 de febrero de 1997, por la que se modifica el Anexo I del Reglamento aprobado por R.D. 363/1995.</p> <p>R.D. 700/1998, de 24 de abril, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>Orden de 30 de junio de 1998, por la que se modifican los anexos I, II, V y VI del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>Orden de 11 de septiembre de 1998, por la que se modifican los anexos I y VI del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>Orden de 8 de enero de 1999, por la que se modifica la clasificación del hexafluorosilicato de magnesio.</p> <p>Orden 16 de julio de 1999, por la que se modifican los Anexos I y V del Reglamento aprobado por R.D. 363/1995.</p> <p>Orden de 5 de octubre de 2000, por la que se modifican los anexos I, III, IV y VI del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>Orden de 5 de abril de 2001, por la que se modifican los anexos I, IV, V, VI y IX del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>R.D. 507/2001, de 11 de mayo, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.</p> <p>Orden PRE 2317/2002, de 16 de septiembre, que modifican los Anexos I, V, VII A y VIII y sustituye los Anexos II, III, IV y VI.</p> <p>R.D. 99/2003, de 24 de enero, que modifica el Reglamento de Sustancias Peligrosas, aprobado por R.D. 363/1995 de 10 de marzo.</p> <p>Directiva 2004/73/CE, de 29 de abril, por la que se adapta, por vigésima novena vez, al progreso técnico la Directiva 67/548/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas.</p> <p>R.D. 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba Reglamento de Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos.</p> <p>Directiva 2006/8/CE, de 23 de enero, por la que se modifican, para su adaptación al progreso técnico, los anexos II, III y V de la Directiva 1999/45/CE, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos.</p> <p>R.D. 1054 /2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de Evaluación para el Registro, Autorización y Comercialización de Biotocidas.</p> <p>R.D. 2549/1994, de 29 de diciembre, que modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP3 del Reglamento de aparatos a presión, referente a generadores de aerosoles.</p> <p>R.D. 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. Modificado por:</p> <p>Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, de 11 de diciembre de 1990, que modifica el Anexo I del R.D. 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 14.12.1990).</p> <p>Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 31 de agosto de 1992, que modifica el Anexo I del R.D. 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 10.9.1992).</p> <p>Orden del Ministerio de la Presidencia de 30 de diciembre de 1993, que modifica el Anexo I del R.D. 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 5.1.1994).</p> <p>Orden del Ministerio de la Presidencia de 14 de mayo de 1998, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 21.5.1998).</p> <p>Orden del Ministerio de la Presidencia de 15 de julio 1998, por la que se modifica Anexo I del Real Decreto 1406/89, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 21.7.1998).</p> <p>Orden de 15 de diciembre 1998, por la que se modifica el Anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 22.12.1998).</p> <p>Orden de 11 de febrero de 2000, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la</p>	<p>comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (níquel y sus compuestos) (BOE de 16.12.2000).</p> <p>Orden de 24 de marzo de 2000, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (compuestos organoestánicos y pentaclorofenol) (BOE de 30.03.2000).</p> <p>Orden de 6 de julio de 2000, por la que se modifica el Anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 11.07.2000).</p> <p>Orden de 25 de octubre de 2000, por la que se modifica el anexo 1 del Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, y el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (Pilas y acumuladores) (BOE de 27.10.2000).</p> <p>Orden del Ministerio de la Presidencia, de 7 de diciembre de 2001, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (fibras de amianto) (BOE de 14.12.2001).</p> <p>Orden PRE/1624/2002, de 25 de junio, por la que se modifica la parte 2 del anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (BOE de 29.06.2002).</p> <p>Orden PRE/2666/2002, de 25 de octubre, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (creosota y hexacloroetano) (BOE de 31.10.2002).</p> <p>Orden PRE/375/2003, de 24 de febrero, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (compuestos organoestánicos) (BOE de 25.2.2003).</p> <p>Orden PRE/730/2003, de 25 de marzo, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (parafinas cloradas de cadena corta y colorantes azoicos) (BOE de 2.4.2003).</p> <p>Orden PRE/2277/2003, de 4 de agosto, por la que se modifica el Anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (arsénico y colorante azul) (BOE de 9.8.2003).</p> <p>Orden PRE/473/2004, de 25 de febrero, que modifica el Anexo I del R.D. 1406/1989, que impone limitaciones de comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados (éter de pentabromo difenilo, éter de octabromo difenilo) (BOE de 27.2.2004).</p> <p>Orden PRE/1895/2004, de 17 de junio, que modifica la parte 2 del Anexo I del R.D. 1406/1989, que impone limitaciones de comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados (sustancias clasificadas como carcinógenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción) (BOE 19.6.2004).</p> <p>Orden PRE/1954/2004, de 22 de junio, que modifica el Anexo I del R.D. 1406/1989, que impone limitaciones de comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados (nonilfenol, etoxilatos de nonilfenol y cemento) (BOE 24.6.2004).</p> <p>Orden PRE/3159/2004, de 28 de septiembre, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (métodos de ensayo de colorantes azoicos) (BOE de 5.10.2004).</p> <p>Orden PRE/556/2005, de 10 de marzo, por la que se modifica la Orden PRE/473/2004, de 25 de febrero, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (éter de pentabromodifenilo, éter de octabromodifenilo) (BOE de 11.3.2005).</p> <p>Orden PRE/1933/2005, de 17 de junio, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (dispositivos de perforación) (BOE de 23.6.2005)</p> <p>Directiva 2005/59/CE, de 26 de octubre, por la que se modifica por vigesimotava vez la Directiva 76/769/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (tolueno y triclorobenceno).</p> <p>Reglamento (CEE) núm. 793/1993, de 23 marzo. Evaluación y control del riesgo de las sustancias existentes.</p> <p>Reglamento (CE) núm. 1.179/1994, de 25 mayo, relativo a la primera lista de sustancias prioritarias prevista en el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo.</p> <p>Reglamento (CE) núm. 2.268/1995, de 25 septiembre, relativo a la segunda lista de sustancias prioritarias prevista en el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo.</p> <p>Reglamento (CE) núm. 143/1997, de 25 enero, relativo a la tercera lista de sustancias prioritarias prevista en el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo.</p> <p>Reglamento (CE) núm. 2.364/2000, de 25 octubre, relativo a la cuarta lista de sustancias prioritarias prevista en el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo.</p>
---	---

Tabla II: Neurotóxicos laborales

Sustancia neurotóxica	Fuente de exposición	Cuadro clínico
<b>METALES</b>		
<b>Arsénico</b>	Pesticidas Pigmentos Industria electroplatinada Semiconductores	Encefalopatía aguda Neuropatía periférica
<b>Plomo</b>	Soldadores Insecticidas Pinturas	Encefalopatía Encefalopatía y Neuropatía periférica
<b>Manganeso</b>	Soldadura Fertilizantes Fabricación de baterías secas	Encefalopatía Parkinsonismo
<b>Mercurio</b>	Instrumentos científicos Equipos eléctricos Amalgamas dentales Industria electroplatinada Fotografía	<i>Agudo:</i> cefaleas, náuseas, temblores <i>Crónico:</i> ataxia, neuropatía periférica y encefalopatía
<b>Cobre</b>	Soldaduras Componentes electrónicos Plásticos polivinílicos Fungicidas	<i>Agudo:</i> defectos de memoria, convulsiones, desorientación <i>Crónico:</i> encefalomielopatía
<b>DISOLVENTES</b>		
<b>Sulfuro de Carbono</b>	Fabricación de rayón de viscosa Fabricación acelerantes caucho Fabricación herbicidas	<i>Agudo:</i> encefalopatía <i>Crónico:</i> neuropatía periférica
<b>N- hexano</b>	Pinturas Industria del calzado	Narcosis Neuropatía periférica
<b>N-butil-cetona</b>	Lacas Barnices Decapantes de pinturas Colas y adhesivos	Narcosis Neuropatía periférica
<b>Percloroetileno</b>	Decapantes de pinturas Desengrasantes, Agentes extractores, Industria textil	<i>Agudo:</i> narcosis <i>Crónico:</i> neuropatía periférica, Encefalopatía
<b>Tolueno</b>	Agentes limpiadores, Colas Manufactura del benceno Gasolina, Pinturas	<i>Agudo:</i> narcosis <i>Crónico:</i> encefalopatía, ataxia
<b>Tricloroetileno</b>	Desgrasantes Industria de la pintura Barnices, Industria del lavado en seco	<i>Agudo:</i> narcosis <i>Crónico:</i> encefalopatía, neuropatía Craneal
<b>PLAGUICIDAS</b>		
<b>Órgano-fosforados</b>	Agricultura Manufactura y aplicación	<i>Agudo:</i> envenenamiento colinérgico <i>Crónico:</i> ataxia, parálisis, neuropatía periférica
<b>Carbamatos</b>	Agricultura Manufactura y aplicación	<i>Aguda:</i> síndrome colinérgico <i>Crónico:</i> temblor y neuropatía Periférica
<b>Bromuro de Metilo</b>		Polineuropatía periférica
<b>GASES</b>		
<b>Monóxido de Carbono</b>	Combustión incompleta de materiales orgánicos como gasolina, gases (metano y propano)	<i>Agudo:</i> cefalea, mareo, náusea, alteración en funciones cognitivas, pérdida de conciencia <i>Crónico:</i> Parkinsonismo, tras un período de pseudorecuperación
<b>Óxido de Etileno</b>	Esterilización en unidades Hospitalarias Industria de equipos médicos	<i>Aguda:</i> irritación del tracto respiratorio, náusea, cefalea, vértigo <i>Crónica:</i> neuropatía periférica

Fuente: Lezaun Goñi M, Machín Azparren M, (2008).

**Tabla III:** Enfermedades del sistema nervioso central y periférico con relación laboral

	CAUSADAS POR EL TRABAJO	AGRAVADAS POR EL TRABAJO
Enfermedades agudas del Sistema Nervioso Central	9	3
Trastornos localizados de los Nervios	345	80
Neuropatías y Polineuropatías	4	1
<b>TOTAL</b>	<b>358</b>	<b>84</b>

Fuente: Patologías laborales no traumáticas. Observatorio de Enfermedades Profesionales y de enfermedades causadas o agravadas por el trabajo. Informe anual 2013.

nocivos o tóxicos por parte de los trabajadores, las actividades sanitarias, veterinarias y servicios sociales (con un 28,2%) y la industria química, de saneamiento y extractiva (27,6% de trabajadores)<sup>7</sup>.

De acuerdo con la Agencia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo, el 19% de los trabajadores de la Unión Europea declara estar expuestos a vapores tóxicos durante una cuarta parte o más de su horario laboral, mientras que el 15% de los trabajadores tiene que manipular sustancias peligrosas como parte de su trabajo cotidiano<sup>8</sup>.

Los principales neurotóxicos, sus fuentes de exposición y los efectos clínicos asociados, ordenados en 4 grandes grupos según las características químicas de cada una de las sustancias se muestran en la **tabla II**.

Los resultados del informe anual del Observatorio de Enfermedades Profesionales y de enfermedades causadas o agravadas por el trabajo referido a 2013, recogidas en el PANOTRATSS (patologías no traumáticas), se muestran en la **tabla III**.

En la **tabla IV** se muestran los principales cuadros tóxicos por exposición ambiental u ocupacional.

## Neurotoxicidad Ambiental y Neurodesarrollo

Tal y como se ha visto previamente, se ha trabajado en los efectos tóxicos por exposición ocupacional y por exposición medioambiental a sustancias como plaguicidas, metales o fármacos, pero existe un desconocimiento notorio respecto a las exposiciones tóxicas que se asocian con alteraciones del neurodesarrollo<sup>9, 10</sup>.

Se calcula que aproximadamente un 3% de los trastornos del neurodesarrollo son el resultado directo de la exposición ambiental a distintos compuestos químicos y que otro 25% se originan a través de interacciones entre

factores ambientales y factores de susceptibilidad genética individual<sup>11</sup>.

Las afecciones más comunes del neurodesarrollo, como el autismo, retardo mental, hiperactividad y dislexia, ocurren en aproximadamente 3-8% de los recién nacidos de Estados Unidos<sup>12</sup>, registrándose un aumento de la prevalencia de estos cuadros en situaciones de mayor exposición a distintos agentes neurotóxicos.

La exposición en épocas perinatales a distintos químicos ambientales, puede ocasionar cambios a nivel celular o molecular, que se expresan como déficit funcionales en la esfera neuroconductual<sup>13</sup>, u ocasionan una susceptibilidad aumentada a enfermedades neurodegenerativas en etapas posteriores de la vida<sup>14</sup>.

Las principales sustancias relacionadas con afectación en desarrollo neuronal y los efectos más frecuentes por toxicidad medioambiental se muestran en la **tabla IV**.

## Discusión

En el momento actual, aunque persisten muchas lagunas en el conocimiento, es sabido que un gran número de sustancias de amplio uso industrial producen severos efectos negativos sobre la salud de los individuos.

Por su peculiar agresividad destacan las llamadas sustancias neurotóxicas, entendiendo como tales aquellas que tienen una especial afinidad por el tejido nervioso y que ocasionan alteraciones funcionales en este sistema, que se traducen de forma más o menos directa en cambios de la conducta, y/o en disturbios de los procesos psicológicos y de la personalidad. Sus efectos varían según la exposición ambiental sea de carácter agudo o crónico y en función de su intensidad y duración.

Se ha comprobado que los límites higiénico-sanitarios no son todo lo seguros que se desearía y están muy alejados de garantizar una "no agresión" a la salud del trabajador, por lo que se impone la necesidad de considerar un enfoque preventivo para evitar que las manifestaciones del llamado "daño temprano" se conviertan en lesiones irreversibles en cuanto a la funcionalidad y estructura del sistema nervioso. Por ello, se requiere de un mayor desarrollo en medios diagnósticos capaces de detectar, con una alta sensibilidad las llamadas alteraciones tempranas, generalmente no consideradas en el campo de la clínica médica tradicional.

Dentro de los agentes neurotóxicos más conocidos, el problema de los plaguicidas se ve superado en la actualidad con el incremento del uso de los solventes orgánicos en una gran cantidad de procesos relacionados con la producción de bienes de consumo, como ropas, pieles artificiales, zapatos y utensilios de todo tipo y te-

Tabla IV: Principales cuadros tóxicos por exposición ambiental u ocupacional

<b>Enfermedades por exposición a disolventes</b>	Encefalopatías tóxicas crónicas Síndrome narcótico por tolueno o N- hexano Neuropatía por N- Hexano: Enfermedades por exposición a pesticidas organofosforados	
<b>Enfermedades por exposición a metales</b>	Plomo: Encefalopatía saturnina crónica, Neuropatía periférica motora, Encefalopatía tóxica aguda por plomo Mercurio: neuropatía,	
<b>Enfermedades por exposición a gases</b>	Intoxicación aguda por monóxido de carbono	
<b>Fármacos con efecto neurotóxico*</b>	Principios usados para el corazón o la presión arterial	Amiodarona, Hidralazina, Perhexilina
	Principios usados para combatir el cáncer:	Cisplatino, Docetaxel, Paclitaxel, Surramin, Vincristina, Doxorubicina, Missoniazida, Taxol
	Principios usados empleados en el tratamiento de infecciones	Cloroquina, Isoniazida, Metronidazol, Nitrofurantoína, Talidomida, Cloranfenicol, Estreptomina
	Principios empleados en enfermedades autoinmunes	Etanercept, Infliximab, Leflunomida
	Principios para combatir el VIH	Didanosina, Estavudina, Zalcitabina
	Principios usados en enfermedades de la piel	Dapsona, Piridinetiona
	Principios empleados como anticonvulsivos:	Fenitoína (difenilhidantoina)
	Medicamentos antialcohólicos	Disulfiram
	Principios usados en el tratamiento de enfermedades reumáticas	Colchicina, Oro
	Principios usados en el tratamiento de enfermedades psiquiátricas	Litio
	Principios usados como antiparasitarios	Piretrina, Kainato

Fuente: Medline plus; Regidor et al, 1998.

niendo en cuenta que se considera a este tipo de agentes neurotóxicos como unos de los más agresivos para el sistema nervioso por sus propiedades lipotróficas y otras propiedades físico-químicas. En el caso del plomo, baste señalar su influencia en la industria automotriz, en la fabricación de baterías, entre otros múltiples usos.

Cuando se plantea una valoración de las alteraciones del desarrollo neurológico en relación con el medio ambiente, se observa que las enfermedades relacionadas con efectos de sustancias químicas sobre el sistema nervioso presentan variaciones en función de la edad de la persona expuesta al agente. Así, los efectos observados durante el desarrollo neuronal son diferentes cualitativa y cuantitativamente con las exposiciones en adultos, ya que la secuencia crítica de sucesos cerebrales constituye un elemento de vulnerabilidad que se extiende desde la etapa precoz fetal hasta la adolescencia.

Los factores ambientales y especialmente la exposición a sustancias químicas neurotóxicas o que afectan al desarrollo neurobiológico, son un riesgo bien reconocido en la mayoría de casos, pero no obstante, con un insuficiente estudio acerca de su mecanismo de neuro-

toxicidad y los efectos sobre desarrollo neurobiológico. Muchas sustancias químicas pueden alterar el desarrollo y funciones del sistema nervioso de manera específica y de forma permanente, pero solo unas pocas han sido ampliamente investigadas en sus efectos, mecanismos de toxicidad y su comportamiento epidemiológico, ejemplo de ellas son: plomo, mercurio, algunos plaguicidas y algunos disolventes.

De los resultados de esta revisión se deriva la necesidad de actuar en prevención con implicación tanto de las empresas como de las Administraciones Públicas y Entidades afectadas.

Resulta evidente la necesidad de incrementar los aspectos de investigación en esta materia con una mayor participación de la Medicina del Trabajo y de la Salud Laboral y Medioambiental como partes esenciales en cualquier planteamiento preventivo a desarrollar y la imprescindible colaboración con técnicos de prevención y sanitarios de las especialidades médico-asistenciales implicadas.

Las actuaciones preventivas abarcan tanto el control de los factores de riesgo, especialmente en los sectores

**Tabla V:** Sustancias y efectos más frecuentes en neurodesarrollo por tóxicos

PRINCIPALES SUSTANCIAS	PRINCIPALES EFECTOS
Metilmercurio	Efectos neuroconductuales <sup>15</sup> , parálisis cerebral, convulsiones, ceguera, sordera, alteraciones del lenguaje, atención y memoria <sup>16</sup>
Plomo	Efectos neuroconductuales, encefalopatía, coma y disminución del rendimiento académico (alteraciones de memoria, concentración, coordinación, motricidad, hiperactividad...) <sup>17,18,19</sup>
PCBs	Retraso en desarrollo psicomotor, hiperactividad y bajo cociente intelectual <sup>20</sup> , déficit de expresión verbal, concentración y lectura comprensiva <sup>21</sup> , déficit en procesos cognitivos básicos <sup>22</sup>
Etanol	Síndrome alcohólico fetal, retardo mental <sup>23</sup> , afectación del lenguaje, capacidad de abstracción, atención y comportamiento <sup>24</sup>
Pesticidas	Alteraciones de la memoria, coordinación óculomanual <sup>25</sup> y coordinación y respuesta motora <sup>26</sup> . Trastornos del espectro autista <sup>27</sup>
Arsénico	Afectación neurocognitiva y disminución del cociente intelectual <sup>28</sup>
Otros químicos: manganeso, fluor, perclorato y solventes	Alteraciones del neurodesarrollo en distinto grado <sup>29</sup>

profesionales o colectivos más afectados, como actuando entre los profesionales de la salud fomentando la investigación básica, clínica, monitorización ambiental con muestras no invasivas y epidemiológica.

Interesa potenciar la formación y docencia para lograr la capacitación de profesionales en aras de una adecuada detección y manejo de los problemas de salud medioambiental relacionada con exposición a neurotóxicos. Esto

redundará también en una mejora asistencial facilitando la detección y diagnóstico de enfermedades relacionadas con exposición ambiental a sustancias químicas.

Finalmente, un mejor conocimiento permitirá la participación activa de la sociedad en su conjunto, requiriéndose para ello de programas que incrementen actividades formativas y fomentar la sensibilización de la población acerca la relación del binomio salud y medioambiente.

## Bibliografía

- Observatorio de Salud y Cambio Climático, Estrategia Europea de Salud Ambiental: Iniciativa "SCALE". Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Consultado el 1 de febrero de 2016. Disponible en: [[http://www.oscc.gob.es/es/general/salud\\_cambio\\_climatico/iniciativa\\_scale\\_es.htm](http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/iniciativa_scale_es.htm)].
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Ministerio de la Presidencia. BOE núm. 133, de 5 de junio de 1995, p.16544-7.
- 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. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. BOE» núm. 302, de 19 de diciembre de 2006, p.44487-546.
- Oberdörster G, Elder A, Rinderknecht A. Nanoparticles and the brain: cause for concern? *J Nanosci Nanotechnol*. 2009 Aug;9(8):4996-5007.
- Vicente-Herrero MT, Ramirez Iñiguez de la Torre MV, Capdevila García L, Terradillos García MJ, López González AA. Grupo de Investigación en Medicina del Trabajo. Neurotoxicidad y Trabajo. Revisión Jurisprudencial. Disponible en: [<https://www.facebook.com/GIMT-568117683277334/>]. Consultado el 10 de febrero de 2016.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Disponible en: [<http://www.insht.es>]. Consultado el 1 de febrero de 2016.
- Agencia europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. El Estado de la Seguridad y la Salud en el Trabajo en la Unión Europea. Estudio piloto. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2000. Consultado el 14 de junio de 2014. [Disponible en: <https://osha.europa.eu>].
- Agency methods for identification of hazards to developing organisms, Part II: The developmental toxicity testing guideline. *Am J Ind Med*. 1999;35:554-63
- Claudio L, Kwa WC, Russell AL, Wallinga D. Testing methods for developmental neurotoxicity of environmental chemicals. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2000;164:1-14.
- National Research Council. Scientific frontiers in developmental toxicology and risk assessment. Washington DC: National Academies Press; 2000.
- Newschaffer CJ, Falb MD, Gurney JG. National autism prevalence trends from United States special education. *Pediatrics*. 2005; 115(3):e277-82.

12. Adams J, Barone S Jr, LaMantia A, Philen R, Rice DC, Spear L, Susser E. Workshop to identify critical windows of exposure for children's health: Neurobehavioral work group summary. *Environ Health Perspect.* 2000;108(Suppl 3): 535-44.
13. Cory-Slechta DA, Thiruchelvam MT, Richfield EK, Barlow BK, Brooks AI (2005) Developmental pesticide exposures and the Parkinson's disease phenotype. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol.* 2005; 73:136-9.
14. Davidson PW, Myers GJ, Weiss B. Mercury exposure and child development outcomes. *Paediatrics.* 2004;113(Suppl 4): 1023-9.
15. Harata M. Minamata disease: Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Crit Rev Toxicol.* 1995; 25 : 1-24.
16. Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to Methylmercury. *Neurotoxicol Teratol.* 1997;19(6):417-28.
17. Needleman HL, Bellinger D. The health effects of low level exposure to Lead. *Annu Rev Public Health.* 1991;12:111-40.
18. Bellinger DC, Stiles KM, Needleman HL. Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: A longterm follow-up study. *Pediatrics.* 1992;90:855-61.
19. Lanphear BP. Cognitive deficits associated with blood Lead concentrations <10 microg/dLin US children and adolescents. *Public Health Rep.* nov 2000; 115(6): 521-9.
20. Guo YL, Lambert GH, Chen-Chin H, Hsu M. Yucheng: Health effects of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls and dibenzofurans. *Int Arch Occup Environ Health.* Apr 2004;77(3): 153-8.
21. Jacobson JL, Jacobson SW. Association of Prenatal Exposure to an Environmental Contaminant with Intellectual Function in Childhood. *J Toxicol Clin Toxicol.* Aug 2002;40(4):467-75.
22. Vreugdenhil HJ, Mulder PG, Emmen HH, Weisglas-Kuperus N. Effects of perinatal exposure to PCBs on neuropsychological functions in the Rotterdam cohort at 9 years of age. *Neuropsychology.* Jan 2004;18(1):185-93.
23. Mukherjee RA, Hollins S, Abou-Saleh MT, Turk J. Low level alcohol consumption and the fetus. *BMJ.* 2005;330 :375 -6.
24. Claudio L, Bearer CF, Wallinga D. Assessment of the U.S. Environmental Protection Agency methods for identification of hazards to developing organisms, Part II: The developmental toxicity testing guideline. *Am J Ind Med.* 1999;35(6):554-63.
25. Jacobson SW, Chiodo LM, Sokol RJ, Jacobson JL. Validity of maternal report of prenatal alcohol, cocaine, and smoking in relation to neurobehavioral outcome. *Pediatrics.* 2002;109:815-25.
26. Guillette EA, Meza MM, Aquilar MG, Soto AD, Garcia IE. An Anthropological Approach to the Evaluation of Preschool Children Exposed to Pesticides in Mexico. *Environ Health Perspect.* Jun 1998; 106(6):347-53.
27. Rohlman DS, Arcury TA, Quandt SA, Lasarev M, Rothlein J, Rachelle T. Neurobehavioral performance in preschool children from agricultural and non-agricultural communities in Oregon and North Carolina. *NeuroToxicology.* 2005; 26(4): 589-98.
28. Roberts EM, English PB, Grether JK, Windham GC, Somberg L, Wolff C. Maternal residence near agricultural pesticide applications and autism spectrum disorders among children in the California Central Valley. *Environ Health Perspect.* 2007;115(10): 1482-9.
29. Wasserman GA, Liu X, Parvez F, Ahsan H, Factor-Litvak P, Kline J et al. Water Arsenic exposure and intellectual function in 6-year-old children in Arahazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect.* 2007 Feb;115(2):285-9