

REVISIÓN

LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN MÉXICO. PERSPECTIVAS PARA UN MANEJO ADECUADO

Ania MENDOZA CANTÚ¹ e Irina Ana Rosa IZE LEMA^{2*}

¹ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Periférico Sur 5000, Insurgentes Cuicuilco, Ciudad de México, México, C. P. 04530

² Consultora Independiente. Calle 56 num. 442 entre 49 y 51, Centro, Mérida, Yucatán, México, C. P. 97000

*Autor para correspondencia: irinaizelema@gmail.com

(Recibido enero 2017; aceptado agosto 2017)

Palabras clave: productos químicos, gestión, ciclo de vida

RESUMEN

En la actualidad existe en México, así como en otros países, una percepción errónea de inocuidad de las sustancias químicas debida en parte a la presencia generalizada de éstas en la vida diaria. Sin embargo, los problemas de salud y los daños al ambiente derivados de su mal manejo son reales, graves y están afectando a las poblaciones en el presente y podrían afectar a las generaciones futuras. Asimismo, están contribuyendo de manera significativa a la degradación del ambiente con los consecuentes impactos sobre la biodiversidad, los ecosistemas, la calidad del agua, el aire, el suelo y las fuentes de alimentación. El propósito de esta revisión es presentar el estado actual de la información y de los instrumentos de regulación existentes para las sustancias químicas en México. En primer término se aborda la relevancia de aplicar el concepto de ciclo de vida y se proporciona un panorama actual de las fuentes de información e instrumentos regulatorios para cada etapa de este ciclo. En segundo término se mencionan enfoques, perspectivas y recomendaciones que pudieran resultar en un manejo más adecuado de las sustancias químicas en México.

Key words: chemical substances, sound management, life-cycle

ABSTRACT

In Mexico, like in other countries, a wrong perception of harmlessness currently exists for chemical substances, due in part to their generalized presence in everyday life. However, health problems and environmental harm due to their unsound management are real, serious and are affecting the present population and could affect as well future generations. Chemical substances contribute significantly to environmental degradation with the consequent impacts on biodiversity, ecosystems, water quality, air, land and food supply. The purpose of this review is to present the current state of information and legal tools for chemical substances management in Mexico. In first place the relevance to apply the life-cycle concept is addressed and information sources and regulatory instruments for each step of the cycle are cited. As a second step, perspectives, approaches and recommendations that could help in a more rational management of chemical substances in Mexico are provided.

INTRODUCCIÓN

Las sustancias químicas forman parte integral de la vida y de todo lo que la rodea. Es indudable que su uso conlleva beneficios y que se emplean en prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana, incluyendo los procesos industriales. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de exposición y de manejo inadecuado, estas sustancias pueden representar riesgos importantes para el ambiente y para la salud humana. Además, su presencia ubicua en la vida diaria puede llevar a una percepción errónea de inocuidad (PNUMA 2012).

La industria química influye de manera significativa en diferentes sectores económicos. Por ejemplo, la industria derivada del petróleo y del gas natural produce gran cantidad de sustancias que se utilizan en la elaboración de plásticos, detergentes, fibras sintéticas y medicamentos. Estos productos de la vida cotidiana mejoran sin duda el confort y la situación higiénica y médica de las poblaciones en el mundo entero. La química inorgánica es la base de grandes sectores técnicos de creciente importancia como la metalurgia y la industria de los semiconductores utilizados en equipos electrónicos. Otro ejemplo es el segmento agroquímico, cuya actividad se ha incrementado en las últimas décadas debido a una población mundial en crecimiento y al requerimiento cada vez mayor de fertilizantes y plaguicidas para la producción intensiva de alimentos (PNUMA 2012).

Como respuesta a esta creciente demanda de sustancias, la industria química mundial ha prosperado de manera espectacular, pasando de una producción global calculada en 171 000 millones de dólares en 1970 a un estimado de 4.2 billones de dólares en el año 2010 (PNUMA 2012). El Servicio de Resúmenes Químicos (CAS, por sus siglas en inglés), la autoridad mundial en identificación de sustancias químicas, ha recopilado, organizado y publicado los datos de más de 101 millones de sustancias y cada minuto agrega nuevos registros (CAS 2015). Muchas de estas sustancias son productos de investigación que nunca llegan a ser utilizados o sintetizados de manera industrial y únicamente una fracción de unas 312 000 sustancias, es decir menos del 0.35 %, están sujetas a algún tipo de regulación internacional, nacional o local.

Las sustancias químicas pueden encontrarse en los compartimentos ambientales aire, agua y suelo de manera natural (por ejemplo, arsénico en el agua) o porque son emitidas por actividades industriales de extracción y explotación (como es el caso del mercurio en actividades mineras). En general, cada sector industrial se asocia a un grupo específico de contami-

nantes químicos y de residuos tóxicos. Por ejemplo, los metales se vinculan con la producción de cemento, la minería y la combustión de carbón, las dioxinas y los retardantes de flama con procesos de producción y reciclaje de productos electrónicos y los colorantes mutagénicos con la industria textil (PNUMA 2012). La liberación de sustancias químicas tóxicas puede ocurrir por fugas y derrames accidentales o descargas directas a ríos, lagos o mares. La disposición inadecuada de residuos, cuyos lixiviados contaminan suelos y acuíferos, es una fuente importante de contaminantes. La presencia de sustancias tóxicas en los compartimentos ambientales también puede ser causada por una actividad intencional como es la aplicación de plaguicidas y fertilizantes que posteriormente se dispersan en agua, suelo y aire (PNUMA 2012).

El riesgo tóxico se define como la probabilidad de que se presenten efectos nocivos en el ambiente o en la salud de los humanos al entrar en contacto (exposición) con sustancias químicas que tienen propiedades tóxicas (peligro) (Ize et al. 2010). El ser humano se expone a las sustancias químicas presentes en el ambiente a través del aire y el polvo que respira, del agua de consumo y de la ingesta de alimentos contaminados con agroquímicos u otras sustancias que se han depositado desde la atmósfera o están presentes en el agua de riego. La exposición también puede ocurrir con el uso de productos que contienen sustancias químicas como cosméticos, productos de aseo o de higiene personal y aditivos en alimentos, entre otros. Dependiendo de su magnitud, frecuencia y duración, la exposición a sustancias químicas puede producir efectos negativos muy diversos como trastornos respiratorios y daños en cerebro, pulmones e hígado. También pueden ocurrir daños en los sistemas cardiovascular, inmunológico y hormonal, así como efectos reproductivos y teratogénicos, mutaciones y cáncer. La exposición a sustancias tóxicas es especialmente preocupante en los niños debido a que se encuentran en pleno desarrollo y son, por lo tanto, particularmente vulnerables. En mujeres embarazadas la exposición a sustancias químicas puede causar afectaciones al feto. La exposición laboral de trabajadores que se dedican a actividades en las que están en contacto con grandes cantidades de sustancias tóxicas por largos periodos de tiempo también es preocupante (Ize et al. 2010).

En 2004, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que el 8.3 % (4.9 millones) de todas las muertes a nivel global fueron causadas por exposición al humo de la quema de combustibles sólidos en interiores, a contaminantes del aire, al humo de cigarro y a exposiciones ocupacionales

e intoxicaciones agudas por sustancias específicas como los plaguicidas (WHO 2008).

La falta de conocimiento sobre la mayor parte de las sustancias químicas que se encuentran hoy en día en el mercado pone en duda el grado de protección que realmente se ha alcanzado para la población humana y para el ambiente. Existe información muy limitada sobre los volúmenes liberados al ambiente, exposiciones preocupantes y propiedades tóxicas de un número realmente pequeño de los millones de sustancias químicas utilizadas y vendidas en la actualidad. Esto permite concluir que muchas sustancias potencialmente peligrosas no están siendo evaluadas ni manejadas adecuadamente debido a que la información necesaria para determinar si representan un potencial riesgo tóxico aún no existe o no está disponible (OECD 2001).

Desde hace varias décadas se han desarrollado una serie de iniciativas internacionales que comenzaron en 1992 con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro, Brasil, donde se adoptó el capítulo 19 de la Agenda 21 sobre el manejo ambientalmente adecuado de los productos químicos. De esta iniciativa global derivó la creación del Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química (IFCS, por sus siglas en inglés) que permitió integrar y consolidar esfuerzos nacionales e internacionales para el manejo seguro de las sustancias químicas (Gärtner et al. 2003). Organismos intergubernamentales como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la OMS, formaron el Programa Inter organizacional para el Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas (IOMC, por sus siglas en inglés) (Tickner et al. 2006). A partir de este programa se creó el llamado Enfoque Estratégico para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM, por sus siglas en inglés), un marco de políticas para promover el manejo adecuado y la seguridad química. Su objetivo es lograr que para el año 2020 las sustancias sean producidas y utilizadas de forma tal que se minimicen sus impactos nocivos (UNEP 2007).

De estas iniciativas también se han derivado otros esfuerzos internacionales significativos que incluyen:

- el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes
- el Convenio de Rotterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional

- el Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono
- el Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

El Convenio de Estocolmo es un tratado internacional que entró en vigor en mayo de 2004 y que tiene por objeto proteger la salud humana y el ambiente de sustancias químicas tóxicas, persistentes y bioacumulables. Se busca la restricción o la eliminación de la producción, el uso, el comercio y la liberación de las siguientes sustancias: aldrina, clordano, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, bifenilos policlorados (BPC), dicloro difenil tricloroetano (DDT), dioxinas y furanos. A estas 12 sustancias iniciales se han agregado nueve más (alfa-hexaclorociclohexano, beta-hexaclorociclohexano, clordecona, octabromodifenilo, pentabromodifenilo, hexabromodifenilo, lindano, pentaclorobenceno, sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y sus sales) por enmienda del convenio en agosto de 2009 (PNUMA 2009). Así como el endosulfán, hexabromociclododecano (HBCD), naftalenos policlorados y pentaclorofenol fueron agregados por enmienda en 2011 (UNEP 2011). Todas estas sustancias son altamente tóxicas, no se degradan o se degradan muy difícilmente en el ambiente y se desplazan grandes distancias por medio del agua o del aire y se acumulan en los tejidos grasos de los seres vivos.

En 2004 entró en vigor el Convenio de Rotterdam, un tratado internacional que promueve la responsabilidad compartida entre países exportadores e importadores de sustancias químicas a través de un procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (CFP). La lista de productos químicos sujetos al CFP incluye plaguicidas y formulaciones de plaguicidas extremadamente peligrosas, así como productos químicos industriales (PNUMA/FAO 2015).

El Protocolo de Montreal fue creado para reducir la producción y el uso de sustancias químicas agotadoras de la capa de ozono que recubre al planeta y que lo protege de la radiación solar. Este protocolo ha sido enmendado en numerosas ocasiones desde su creación en 1989 para facilitar el control de nuevas sustancias químicas y la búsqueda de mecanismos financieros para su aplicación (PNUMA 2000).

El objetivo del Convenio de Minamata es proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antrópicas de mercurio y sus compuestos. El texto fue adoptado en Minamata, Japón en octubre de 2013. El mercurio es considerado por la OMS como una de las diez sustancias químicas de mayor preocupación para la salud pública en el mundo (WHO 2013).

Por el momento, el esfuerzo legislativo más significativo y ambicioso del mundo para recopilar información y reglamentar el manejo de las sustancias químicas es el Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas (REACH, por sus siglas en inglés), establecido por la Agencia Europea de Productos Químicos (ECHA, por sus siglas en inglés). Esta iniciativa ha logrado que la industria química sea la responsable de poner a disposición de los gobiernos europeos una gran cantidad de información previamente desconocida sobre sustancias químicas utilizadas en esa región. El REACH busca que sustancias de “muy alta preocupación” como las cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción, las de difícil degradación (persistentes) y que se bioacumulan en los organismos, así como los llamados disruptores endócrinos, sean reemplazadas por sustancias menos peligrosas. El REACH busca elevar el manejo de las sustancias químicas a un nivel que asegure la mejor protección posible para la salud humana y el ambiente bajo el principio de que “sin registro no hay comercio” (ECHA 2009).

Estos instrumentos y esfuerzos internacionales, si bien no son despreciables, ponen en evidencia la dificultad para controlar grupos de sustancias de comprobada peligrosidad que han sido utilizadas por muchos años antes de ser objeto de intervención. El resultado ha sido con frecuencia que la gran mayoría de las sustancias químicas se comercializan y están ampliamente presentes en el mercado mucho antes de que esté disponible la información sobre posibles riesgos a la salud humana y al ambiente. Un ejemplo actual es el de los nanomateriales que se están incorporando de manera muy activa en diferentes sectores industriales e incluso en medicina (Kessler 2011) y para los que se empiezan a acumular evidencias científicas sobre posibles riesgos no aceptables (Schug et al. 2013, Wick et al. 2010). Estos materiales poseen características que los hacen novedosos: una reactividad química elevada, propiedades químicas, físicas y probablemente toxicológicas, diferentes a los mismos materiales a escala convencional y la posibilidad de trabajar a escalas diminutas, útiles para el desarrollo de las tecnologías de la información actuales (Foladori et al. 2013).

DIMENSIÓN DEL PROBLEMA EN MÉXICO

El manejo adecuado de las sustancias químicas es un tema de por sí complejo a escala global. Además, cada país se enfrenta a desafíos particulares relacionados con su nivel de desarrollo, la dificultad de diseñar y aplicar normas en un tema complicado así como la falta de información y de capacitación de la población

sobre la peligrosidad de estas sustancias. Otros factores que también entran en juego son las condiciones ambientales y climatológicas particulares de cada país y la presencia de ecosistemas y poblaciones especialmente vulnerables. En el caso de México, estos ecosistemas son, por ejemplo, los arrecifes coralinos, los manglares costeros y las ciénegas de ambientes desérticos. Entre las poblaciones especialmente vulnerables se encuentran las comunidades indígenas, los recicladores de basura electrónica, los pepenadores y las comunidades de producción artesanal de ladrillo, entre otras.

En los últimos treinta años se ha consolidado en México una agenda ambiental bastante significativa en el gobierno federal y en varios gobiernos estatales y municipales. Durante este periodo se consiguieron avances en la protección de la biodiversidad, el cambio climático y la transición a una economía más verde (OECD 2013). Sin embargo, el tema del manejo adecuado de las sustancias químicas ha avanzado de manera mucho menos contundente. Esta situación podría explicarse por varias razones, entre ellas: la complejidad del ciclo de vida de las sustancias químicas, la participación de múltiples dependencias de los tres órdenes de gobierno en su regulación, la cotidianidad de su uso y la dificultad de asociar la exposición con enfermedades o daños a largo plazo. El resultado es una percepción distorsionada que subestima los riesgos y un creciente número de poblaciones humanas y ecosistemas con exposiciones no admisibles.

A pesar de que México es signatario de todos los convenios y protocolos sobre sustancias químicas anteriormente mencionados y de que se desarrollan numerosas actividades para su cumplimiento y aplicación, existe un rezago en la agenda política nacional y una falta de concientización de la sociedad sobre la problemática en salud pública (SEMARNAT 2013).

El propósito de este artículo de revisión es presentar el estado actual de la información y de los instrumentos de regulación existentes para las sustancias químicas en México. Se plantea la necesidad de aplicar el concepto de ciclo de vida y se proporciona un panorama actual de las fuentes de información e instrumentos regulatorios para cada etapa de este ciclo, mencionando fortalezas, lagunas y carencias identificadas. Se proponen después enfoques, perspectivas y recomendaciones que, de adoptarse, pueden resultar en un manejo más adecuado de las sustancias químicas en el país.

Importancia del concepto de ciclo de vida para el manejo adecuado de las sustancias químicas

En países en desarrollo como México, los problemas ambientales causados por las sustancias químicas

tienden a abordarse de manera reactiva; es decir, cuando ya existe un problema de contaminación o una emergencia ambiental, enfocando los esfuerzos al tratamiento de los efectos tóxicos o a la remediación de los sitios contaminados. A pesar de que este enfoque no debe abandonarse, es de suma importancia reorientarlo hacia una perspectiva basada en el concepto de ciclo de vida de las sustancias: desde su manufactura o importación al país, almacenamiento, transporte y uso hasta su disposición final (Ometto et al. 2006).

En la **figura 1** se muestran las diferentes etapas del ciclo de vida para las que se analizarán las fuentes de información disponibles en México y los instrumentos regulatorios existentes y necesarios. Es importante mencionar que en el país son limitadas las fuentes de información oficiales que reportan datos sobre sustancias químicas con base en su identidad química exacta (identificadas de manera inequívoca con el número CAS, otorgado a cada sustancia por el Chemical Abstracts Service, de la American Chemical Society de los Estados Unidos). Esta es una

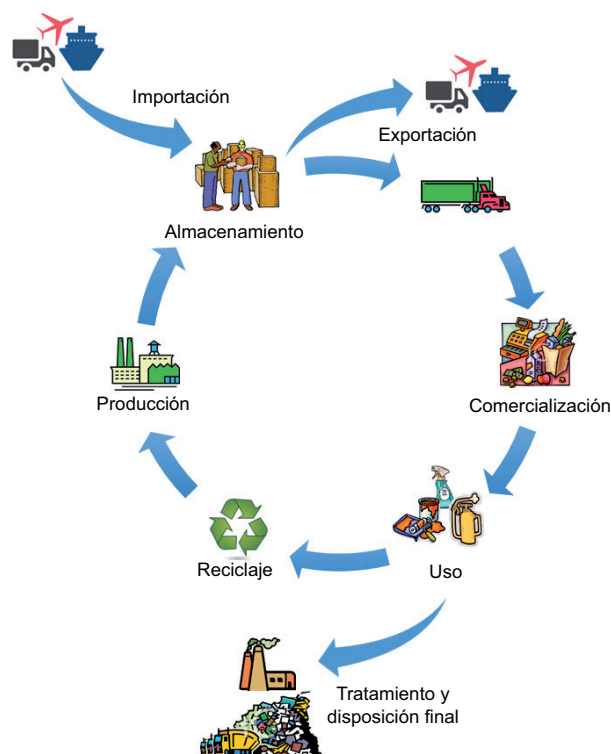


Fig. 1. Ciclo de vida de las sustancias químicas

condición necesaria para evitar confusiones u omisiones en su gestión. Las únicas excepciones son los registros de plaguicidas y de medicamentos para los que las autoridades de salud solicitan se demuestre la identidad inequívoca de la sustancia.

En la siguiente sección se presenta una descripción, lo más completa posible, de la situación actual (año 2015) del manejo de las sustancias químicas en México. Se destaca la dimensión del problema tomando como punto de partida a las sustancias prohibidas, cuya existencia no está permitida legalmente en ninguna de las etapas del ciclo de vida, para posteriormente examinar la información para el resto de las sustancias.

Panorama general del manejo de las sustancias químicas en México

En el mercado mexicano se comercializa una gran diversidad de sustancias, ya sea en forma aislada o contenida en productos. Una búsqueda rápida de la oferta nacional de productos químicos arroja tanto sustancias conocidas y peligrosas, como los explosivos y los precursores de armas químicas regulados por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), así como sustancias prácticamente desconocidas como los nanomateriales antes mencionados.

Debido a las complicaciones económicas y técnicas para evaluar estas sustancias nuevas y poco conocidas, los países más avanzados han establecido el principio precautorio como eje de su regulación. Esto significa que la falta de información completa y la incertidumbre en las evidencias científicas sobre peligrosidad y efectos no ha sido un impedimento para adoptar decisiones enfocadas a mitigar o eliminar los riesgos asociados (ECHA 2009). No obstante en el marco legal mexicano este principio aún no ha sido adoptado de forma cabal.

En México, el número de sustancias reguladas con respecto al universo total en el comercio no es muy diferente al descrito anteriormente para el resto del mundo. Según el Inventario Nacional de Sustancias Químicas (INSQ), en 2009 fue posible identificar un total de 5852 sustancias químicas en comercio, de acuerdo con las fuentes de información existentes como la Cédula de Operación Anual (COA)¹, las bases de datos de aduanas y las auditorías ambientales de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

¹ Tal como lo define el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, la Cédula de Operación Anual (COA) es el instrumento de reporte y recopilación de información de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos peligrosos, empleado para la actualización de la base de datos nacional del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

(PROFEPA) (INE 2012). El número de sustancias reguladas a nivel nacional es solamente de 2 199 de acuerdo a un análisis realizado en 2007 a partir de las listas de sustancias de 16 ordenamientos jurídicos (INE 2012). En la actualización de 2013 de este inventario, se contabilizaron 9 849 sustancias químicas comercializadas en México (INECC 2014a).

Prohibición de ciertas sustancias

Entre las sustancias químicas que han sido prohibidas en México, sólo hay 21 plaguicidas que dejaron formalmente de importarse o producirse a partir de 1991 (SARH-CICOPLAFEST 1991), y los estupefacientes y las “sustancias psicotrópicas de valor terapéutico escaso o nulo” mencionados en los artículos 237 y 248 de la Ley General de Salud (DOF 2017). Los tratados internacionales firmados y ratificados por México tienen el carácter de leyes, por lo tanto, a esta lista hay que agregar las sustancias incluidas en los convenios internacionales de los que México es miembro. En el **cuadro I** se proporciona una lista de las sustancias que deben prohibirse. Entre estas sustancias se encuentran algunas que han estado sujetas a políticas públicas y medidas de eliminación efectivas para reducir gradualmente el uso y aplicación en el país. Un ejemplo es el bromuro de metilo, una sustancia agotadora de la capa de ozono, que dejó de aplicarse en México a partir del 1 de enero de 2014 (SEMARNAT 2015a). Pero también existen ejemplos de sustancias para las cuales aún no se inicia el proceso de eliminación porque no se ha realizado un diagnóstico de la situación en el país que permita definir las medidas adecuadas para la desaparición gradual del mercado. Tal es el caso, por ejemplo, de algunos contaminantes orgánicos persistentes (COP) como el pentaclorobenceno o varios de los retardantes de flama bromados.

El rezago que existe en México en la prohibición de sustancias altamente tóxicas resulta importante, en particular en el caso de los plaguicidas, ya que se siguen usando muchos ingredientes activos que desde hace tiempo, incluso varias décadas, dejaron de aplicarse en países desarrollados. En el **cuadro II** se mencionan los plaguicidas que han sido prohibidos en EUA y en la Unión Europea pero que se usan en México. Para las sustancias de uso industrial el rezago también es relevante si se comparan las sustancias usadas sin ningún control especial en México con las que se encuentran en las listas de sustancias restringidas o prioritarias en Europa o Canadá. Así por ejemplo, de las 57 sustancias prioritarias en Canadá y de las 172 sustancias de alta preocupación en el REACH, 44 y 108, respectivamente,

se encuentran en comercio irrestricto en México (INECC 2014a).

Regulación de la importación y producción

En México, la regulación de la importación y la producción de las sustancias químicas se limita a ciertos grupos a través de permisos o registros. Para las sustancias sujetas a control sanitario se debe obtener una autorización de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Éstas son medicamentos, estupefacientes, psicotrópicos, agentes de diagnóstico, insumos odontológicos y productos higiénicos, es decir, sustancias de contacto primario o exposición directa, así como plaguicidas y nutrientes vegetales.

Para el registro de medicamentos (incluidos vacunas, sueros, antibióticos, hormonas, remedios herbolarios y suplementos alimenticios) se debe entregar información que demuestre la calidad de las materias primas y de las prácticas de fabricación, identidad química, pureza, esterilidad, inocuidad, eficacia, potencia, seguridad y estabilidad. Para los medicamentos convencionales una parte importante de esta información corresponde a la evaluación preclínica y clínica, la eficacia terapéutica con pruebas de laboratorio en modelos animales y en poblaciones humanas, posibles efectos secundarios y estudios de farmacovigilancia (COFEPRIS 2014).

Para plaguicidas y nutrientes vegetales se deben entregar estudios que demuestren la composición e identidad del producto, sus propiedades físicas y químicas, los métodos analíticos para cuantificarlo, su destino ambiental y sus efectos toxicológicos y ecotoxicológicos. Con esta información, COFEPRIS determina si otorga o no el registro. Sin embargo, aun cuando la autoridad reciba todo este bagaje de información, la decisión de otorgar o no un registro se basa únicamente en verificar que el expediente esté completo y no considera, como en otros países, una evaluación de riesgos con las condiciones ambientales y de uso prevalecientes en México (COFEPRIS 2014).

Para los permisos de importación existe el Acuerdo sobre Sustancias de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) (SEMARNAT-SE-SAGARPA-SSA 2016). Dicho acuerdo tiene como objetivo establecer las regulaciones no arancelarias a las que se sujetará la introducción al territorio nacional, o la salida de éste, de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (materiales peligrosos). Actualmente este acuerdo comprende 489 fracciones arancelarias específicas o genéricas, cada una de las cuales corresponde a uno

CUADRO I. ESTATUS DE LAS SUSTANCIAS SUJETAS A PROHIBICIÓN EN MÉXICO COMO RESULTADO DE LA APLICACIÓN DE CONVENIOS INTERNACIONALES EN MATERIA DE MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Sustancia	Número CAS*	Estatus en 2015	Convenio al que pertenece
Aldrín	309-00-2	Prohibida	
Alfa-hexaclorociclohexano	319-84-6	Desaparición esperada como resultado de la eliminación del uso del lindano	
Beta- hexaclorociclohexano	319-85-7	Desaparición esperada como resultado de la eliminación del uso del lindano	
Bifenilos policlorados	1336-36-3	En proceso de eliminación	
Clordano	57-74-9	Eliminada voluntariamente por las empresas que lo registraron	
Clordecona	143-50-0	Prohibida	
Derivados del ácido perfluorooctano sulfónico	---	Sin diagnóstico	
Dicloro difenil tricloroetano (DDT)	50-29-3	Eliminada	
Dieldrín	60-57-1	Prohibida	
Endosulfán	115-29-7	En proceso de eliminación	
Endrín	72-20-8	Prohibida	
Heptabromobifenil éter	68928-80-3	Diagnóstico inicial	Convenio de Estocolmo
Heptacloro	76-44-8	Nunca se registró	
Hexabromobifenil éter	---	Diagnóstico inicial	
Hexabromobifenilo	36355-01-8	Sin diagnóstico	
Hexabromociclododecano	25637-99-4	Sin diagnóstico	
Hexaclorobenceno	118-74-1	Uso eliminado, emisiones no intencionales en proceso de control	
Lindano	58-89-9	Eliminada	
Mirex	2385-85-5	Prohibida	
Pentabromobifenil éter	32534-81-9	Diagnóstico inicial	
Pentaclorobenceno	608-93-5	Sin diagnóstico	
Pentaclorofenol	87-86-5	Sin diagnóstico	
Naftalenos policlorados	70776-03-3	Sin diagnóstico	
Tetrabromobifenil éter	40088-47-9	Diagnóstico inicial	
Toxafeno	8001-35-2	Nunca se registró	
Bromuro de metilo	74-83-9	Eliminado	
Clorofluorocarbonos	---	En proceso de eliminación	
Hidroclofluorocarbonos	---	En proceso de eliminación	Protocolo de Montreal
Hidrobromofluorocarbonos	---	En proceso de eliminación	
Metilcloroformo	71-55-6	En proceso de eliminación	
Tetracloruro de carbono	630-08-0	En proceso de eliminación	
Mercurio y sus compuestos**	---	En proceso de eliminación	Convenio de Minamata

*Las celdas marcadas con guiones corresponden a grupos de sustancias que no tienen un número del Servicio de Resúmenes Químicos (CAS, por sus siglas en inglés) genérico (como grupo)

**Bajo el Convenio de Minamata lo establecido es la prohibición de la minería primaria de mercurio (con fecha límite de 15 años después de la entrada en vigor del convenio; artículo 3, párrafos 3 y 4), de la producción, la importación y la exportación de varios productos con mercurio añadido para el 2020 (anexo A, parte I) y el uso de catalizadores con mercurio para 2025 y 2015 en la producción de clorálcali y acetaldehído, respectivamente (anexo B, parte I)

CUADRO II. PLAGUICIDAS PROHIBIDOS EN LA UNIÓN EUROPEA (UE) Y EN ESTADOS UNIDOS (EUA) QUE CUENTAN CON AL MENOS UN REGISTRO[†] EN MÉXICO

Ingrediente Activo	Número CAS	Prohibido en la UE	Prohibido en EUA	Número de registros en MÉXICO*
Acefate	30560-19-1	✓		27
Alaclor	15972-60-8	✓		9
Amitraz	33089-61-1	✓		29
Bromoxinil	1689-84-5	✓	✓	3
Cadusafos	95465-99-9	✓		4
Captafol	2425-06-1	✓	✓	5
Carbarilo	63-25-2	✓		10
Carbofuran	1563-66-2	✓	✓	47
Carbosulfan	55285-14-8	✓		5
Clorfenapir	122453-73-0	✓		3
Dicofol	115-32-2	✓		14
Dimetenamida	87674-68-8	✓		2
Fention	55-38-9	✓		5
Fenvalerato	51630-58-1	✓		28
Ferbam	14484-64-1	✓		2
Fosfamidón	13171-21-6	✓	✓	2
Metamidofos	10265-92-6	✓	✓	82
Mevinfos	7786-34-7		✓	6
Monocrotofos	6923-22-4	✓	✓	36
Nonilfenol etoxilado**	---	✓		7
Oxidemeton metil	301-12-2	✓		2
Paratión metílico	298-00-0	✓	✓	166
Pentaclorofenol	87-86-5	✓	✓	12
Permetrina	52645-53-1	✓		133
Pirazofos	13457-18-6	✓		4
Quintozeno	82-68-8	✓		27
Simazina	122-34-9	✓		10
Thiodicarb	59669-26-0	✓		6
Triazofos	24017-47-8	✓		3
Triclorfon	52-68-6	✓		15
Zineb	12122-67-7	✓		9

*Información obtenida de la base de datos de autorizaciones sanitarias de plaguicidas de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)

**El nonilfenol etoxilado no es un plaguicida, sino un aditivo utilizado para la formulación de plaguicidas. Corresponde al nombre genérico de un grupo de sustancias, por ello no se indica su número del Servicio de Resúmenes Químicos (CAS, por sus siglas en inglés)

†El registro es otorgado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) a las empresas que buscan importar o formular el plaguicida para su venta en el mercado nacional. Un número elevado de registros indica que diferentes formulaciones son comercializadas por una misma empresa (se requiere un registro por formulación) o varias empresas comercializan un mismo ingrediente activo

o más números CAS. Si se desea importar o exportar alguna de estas sustancias es necesario tramitar una autorización ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la COFEPRIS, bajo las disposiciones del Reglamento PLAFEST² (DOF 2014a). Sin embargo, esta autorización no implica que exista algún límite o cuota para la importación o exportación, excepto para aquellas sustancias incluidas en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y el Protocolo de Montreal.

La COFEPRIS también vigila que las fábricas de medicamentos y productos biológicos, las materias primas, los laboratorios de control químico, biológico, farmacéutico y toxicológico de medicamentos para humanos y los establecimientos involucrados en el proceso³ de medicamentos veterinarios cuenten con una licencia sanitaria obligatoria.

Otro grupo importante de sustancias sujetas a control desde las etapas iniciales del ciclo de vida son los explosivos y los precursores de armas químicas. Como ya se mencionó, la SEDENA es la responsable del control de este grupo, como lo establece la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (LFAFE) (DOF 2015a) y su reglamento (DOF 1972). Para la fabricación de estas sustancias, el interesado debe solicitar a la SEDENA un permiso con la identidad química de las materias primas y las especificaciones de los productos y las cantidades. Para comprobar que la mercancía importada corresponde a la anotada en los permisos, cada embarque de estos materiales debe ser revisado por personal de la SEDENA antes de que entre al país.

Regulación del transporte, distribución y almacenamiento

Para las etapas de transporte, distribución y almacenamiento durante ciclo de vida de las sustancias, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha establecido una regulación en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (DOF 2012). Existen además unas veinte normas oficiales mexicanas (NOM) que especifican

lineamientos para el transporte (terrestre, aéreo y marítimo) de sustancias, materiales y residuos peligrosos. Toda persona o empresa que realice servicios de transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos debe obtener un permiso de la SCT. El tránsito de estupefacientes y sustancias psicotrópicas está prohibido por la Ley General de Salud (DOF 2017).

A pesar de estos instrumentos normativos, no se tiene en México un sistema de información que registre la distribución y presencia de sustancias químicas por región. Sin embargo es posible tener una idea de cuáles son las sustancias más transportadas consultando las estadísticas de emergencias ambientales registradas por la PROFEPA (CENAPRED 2014). De 2010 a 2014 se presentaron un total de 2835 emergencias químicas, con un aumento considerable entre 2013 y 2014, pasando de 604 a 846 (**Fig. 2**). Entre las diez sustancias involucradas en estas emergencias destacan los hidrocarburos líquidos (petróleo crudo, gasolina, diésel y combustóleo) y gaseosos (gas LP y natural) con un porcentaje acumulado de 61.29; seguidas por el amoníaco, la pólvora y el ácido sulfúrico, con porcentajes de 3.42, 1.92 y 1.66, respectivamente. Más de 440 sustancias suman el restante 31.71 % (**Cuadro III**).

Regulación del uso

En la etapa del uso existen disposiciones regulatorias y normativas, sin embargo ninguna de éstas evita o limita de manera decisiva el uso de la mayoría de las sustancias químicas. Como ejemplo están las llamadas sustancias restringidas de acuerdo al Catálogo de Plaguicidas publicado en 1991 (CICOP-PLAFEST 1991). Son actualmente once plaguicidas, que solo pueden ser utilizados por las dependencias del ejecutivo en campañas sanitarias (como el DDT y el hexaclorobenceno) o bajo la supervisión de personal autorizado y capacitado. Sin embargo, como no existe un mecanismo oficialmente reconocido para capacitar, autorizar y supervisar a los aplicadores de plaguicidas, esta restricción no funciona en la práctica (Albert 2002).

² De acuerdo con el Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos (conocido como reglamento PLAFEST), tanto la COFEPRIS como la SEMARNAT reciben, de manera independiente, la solicitud de permiso de importación, revisan la información presentada por el interesado y emiten una resolución. Para que el interesado presente la solicitud a SEMARNAT, debe haber obtenido previamente la autorización de la COFEPRIS. En el caso de las sustancias sujetas al Convenio de Viena y al Protocolo de Montreal, corresponde a la SEMARNAT asignar las cuotas de importación.

³ De acuerdo con la Ley General de Salud, el término "proceso" abarca los pasos de obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro de los productos de artículo 194, que incluyen cosméticos, productos de aseo e higiénicos, aditivos, plaguicidas, nutrientes vegetales, medicamentos, estupefacientes, psicotrópicos y sustancias tóxicas o peligrosas.

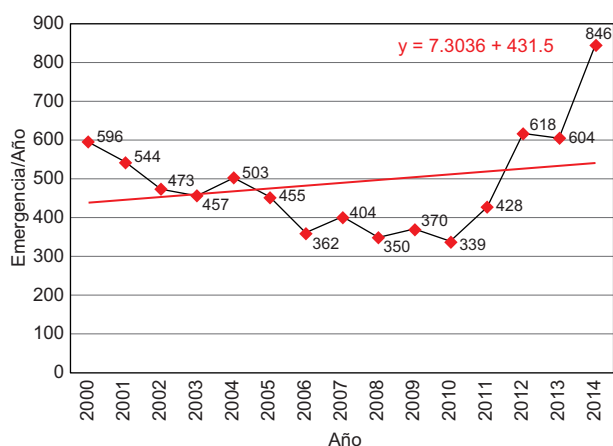


Fig. 2. Emergencias químicas reportadas a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) entre 2000 y 2014 (octubre). Fuente: CENAPRED (2014)

CUADRO III. SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EMERGENCIAS QUÍMICAS REGISTRADAS POR LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA) ENTRE 2000 Y 2014 (OCTUBRE)

Sustancia	Porcentaje (%)	Acumulado (%)
Petróleo crudo	24.42	24.42
Gasolina	11.71	36.13
Diésel	10.21	46.34
Combustóleo	5.91	52.25
Gas L.P.	4.11	56.36
Gas natural	3.57	59.93
Amoniaco	3.42	63.35
Pólvora	1.92	65.27
Ácido sulfúrico	1.66	66.93
Turbosina	1.36	68.29
Otras sustancias (446)	31.71	100.00

Fuente: CENAPRED (2014)

Los productos de perfumería, belleza y aseo no están sujetos a un registro, sin embargo, los fabricantes deben demostrar que no causan daños a la salud, a través de pruebas de sensibilización e irritación dérmica y ocular. Las evidencias científicas para efectos tóxicos sistémicos, como los que desafortunadamente se han observado con algunas cremas aclaradoras de la piel que contienen hidroquinona, mercurio y corticosteroides (Altraide 2008), no se solicitan. Los

aditivos de alimentos no están sujetos a un registro, pero deben cumplir con las disposiciones del Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios (SSA 2016), que establece las condiciones específicas y en algunos casos las dosis máximas de uso. Algunos medicamentos, además del registro, están sujetos a una regulación adicional de uso a través de la venta condicionada a la entrega de la receta médica en farmacias y puntos de venta especializados.

El uso de las sustancias químicas industriales no se encuentra controlado, pero se monitorea a través de los reportes a la COA. La COA incluye una sección para materias primas e insumos y otras secciones que alimentan la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Estos reportes permiten tener cierta idea de las sustancias que se emplean y se liberan de los establecimientos industriales y de servicios de competencia federal⁴. El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) (DOF 2014b) y la NOM-165-SEMARNAT-2013 establecen la lista de sustancias sujetas a reporte (SEMARNAT 2014). Las cantidades se reportan en unidades de masa por año y cada una de las sustancias se identifica por su número CAS, sin embargo como estos números no se verifican de manera formal, no es posible conocer las sustancias que están realmente en uso.

Otro instrumento regulatorio son las NOM en las que se establecen límites máximos permisibles para la aplicación de ciertos tipos de sustancias y controlar su liberación al ambiente. Por ejemplo, la NOM-004-SSA1-2013 Salud ambiental: limitaciones y especificaciones sanitarias para el uso de los compuestos de plomo (SSA 2014) determina los productos en los cuales no puede emplearse el plomo. Estos son plaguicidas, tuberías, pinturas, cerámica vidriada, artículos escolares y cosméticos. La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (SEMARNAT 2003). Para cumplir con estas normas se deben tomar medidas que reduzcan el uso de ciertas sustancias o aplicar alguna tecnología o tratamiento que disminuya su liberación al ambiente. En el **cuadro IV** se mencionan algunas de

⁴ De acuerdo con el artículo 111bis de la LGEEPA se consideran fuentes fijas de jurisdicción federal, las industrias química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos.

CUADRO IV. EJEMPLOS DE ALGUNAS SUSTANCIAS PARA LAS CUALES SE HAN ESTABLECIDO LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Medio	Sustancias	Proceso/producto	Norma
Aire	Partículas	Fuentes fijas	NOM-043-SEMARNAT-1993
	Compuestos de azufre	Refinación de petróleo	NOM-148-SEMARNAT-2006
		Plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos	NOM-137-SEMARNAT-2003
	Partículas, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono, metales pesados, dioxinas y furanos, hidrocarburos totales y ácido clorhídrico	Fabricación de cemento hidráulico	NOM-040-SEMARNAT-2002
	Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas	Escape de motores nuevos que usan diésel como combustible en vehículos de 3.8 ton o más	NOM-044-SEMARNAT-2006
	Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas	Escape de vehículos automotores nuevos de menos de 3.8 ton, que usan gasolina, gas LP, gas natural y diésel como combustible	NOM-042-SEMARNAT-2003
Agua	Compuestos inorgánicos, hidrocarburos, metales, plaguicidas y otros compuestos orgánicos	Potabilización de agua para uso y consumo humano	NOM-127-SSA1-1994
	Cianuros, grasas y aceites, fósforo, nitrógeno y metales	Descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales	NOM-001-SEMARNAT-1996
	Cianuros, grasas y aceites y metales	Descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal	NOM-002-SEMARNAT-1996
Suelo	Hidrocarburos	Remediación	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
	Metales y metaloides	Remediación	NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004
Alimentos	Arsénico, mercurio, plomo, aditivos y colorantes	Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado	NOM-184-SSA1-2002
	Hormonas, antibióticos, fármacos veterinarios, plaguicidas, metales y bifenilos policlorados	Grasa, hígado, músculo y riñón de aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos y porcinos	NOM-004-ZOO-1994
	Nitrógeno amoniacal, metales, plaguicidas y aditivos	Productos de la pesca. Pescados frescos, refrigerados y congelados	NOM-027-SSA1-1993
Productos	Plomo	Plaguicidas, plomería de agua potable, pinturas, recubrimientos, esmaltes, tintas, alfarería vidriada y cosméticos	NOM-004-SSA1-2013
	Compuestos orgánicos volátiles	Pinturas de secado al aire, base disolvente, de uso doméstico	NOM-123-SEMARNAT-1998
	Metales y metaloides	Juguetes y artículos escolares	NOM-252-SSA1-2011
	Azufre, fósforo, aromáticos, olefinas, benceno, BTX ^a	Combustibles líquidos y gaseosos	NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005

^aBTX = benceno, tolueno y xileno

las sustancias para las cuales se han establecido límites máximos permisibles en diferentes medios.

Las normas hasta aquí mencionadas se han establecido con fines de protección al ambiente y a la salud de la población en general, pero también existen normas que establecen límites máximos en el ambiente laboral para proteger a los trabajadores. La NOM-047-SSA1-2011 Salud Ambiental: índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas (SSA 2012), especifica los valores de referencia y las medidas de higiene industrial y de protección del personal en ambientes laborales. Además la NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral: reconocimiento, evaluación y control (STPS 2014) establece las medidas para prevenir riesgos a la salud del personal ocupacionalmente expuesto a agentes químicos tóxicos.

Existen también normas de etiquetado de diversos grupos de sustancias, como los plaguicidas, nutrientes vegetales y medicamentos. Estas normas tienen como finalidad el orientar a los consumidores sobre la manera apropiada de emplear los productos que contienen sustancias químicas. En 2011 se publicó la norma NMX-R-019-SCFI-2011 sobre el Sistema Armonizado de Clasificación y Comunicación de Peligros de los Productos Químicos (GHS, por sus siglas en inglés) (SE 2011). Este es un esfuerzo global de armonización del sistema de etiquetado de sustancias químicas, que incluye a los plaguicidas, al que México se suscribió reconociendo la importancia de contar con un sistema claro de clasificación y comunicación del peligro durante su uso y manejo.

Regulación de la disposición final

Para la última etapa del ciclo de vida, la disposición final, tampoco existen datos específicos sobre las sustancias químicas en México. Esto se debe a que los sistemas estadísticos registran la disposición final como residuos y no como sustancias, aun cuando son éstas las que le dan el carácter de peligrosidad a muchos de los residuos clasificados como tales.

Existe gran cantidad de información en el país tanto para los residuos peligrosos, como los de manejo especial y los sólidos urbanos. Un buen compendio se puede encontrar en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (INECC 2012) resultado del avance a nivel federal, estatal y municipal en materia de residuos. Para los residuos se cuenta con

la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF 2015b) pero un instrumento de este tipo no existe para la gestión de las sustancias. Las leyes, normas y políticas públicas sobre residuos contemplan un enfoque de manejo integral que considera la reducción de la generación, la separación desde la fuente, la optimización de los procesos de acopio y reciclaje y la reducción de la disposición final de los residuos. Este enfoque integral apenas ha comenzado a gestarse para las sustancias químicas.

El retraso en el avance del tema de sustancias, comparando con el de residuos, puede explicarse por las siguientes razones:

- en términos de clasificación y manejo, es más difícil establecer la identidad de las sustancias químicas que la de los residuos
- la regulación de las sustancias químicas debe abarcar todas las etapas del ciclo de vida, mientras que en el caso de los residuos el énfasis principal se centra en las últimas etapas
- las implicaciones económicas, políticas y sociales de cambiar el enfoque actual de “fin de tubo”⁵ por una visión preventiva a lo largo del ciclo de vida son mayores en la gestión de las sustancias químicas que en la de los residuos.

Es conveniente mencionar aquí los avances para la eliminación de los aceites de transformador contaminados con bifenilos policlorados (BPC) como ejemplo exitoso de gestión de residuos que coincide con la gestión de sustancias químicas en México. Estos aceites son clasificados como residuos peligrosos debido a que contienen BPC y deben ser destruidos o confinados adecuadamente. El gobierno mexicano a través de la SEMARNAT y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) han logrado la destrucción de más de 950 toneladas de transformadores, aceites y residuos peligrosos contaminados con BPC (PNUD 2015).

Regulación de la exportación

Al igual que la importación, la exportación se encuentra regulada en el Reglamento PLAFEST (DOF 2014a) y el Acuerdo de sustancias de la CICOPLAFEST (SEMARNAT-SE-SAGARPA-SSA 2016). Para las sustancias del Convenio de Rotterdam,

⁵ Enfoque de “fin de tubo” se refiere a atender los problemas de contaminación al final de un proceso en vez de implementar cambios o controles a lo largo de ese proceso para disminuir la cantidad final de contaminantes formados.

se debe cumplir con los requisitos de etiquetado de dicho convenio y corresponde a la SEMARNAT enviar la notificación de exportación para obtener el CFP del país de destino. Las autorizaciones de exportación son otorgadas únicamente para las sustancias mencionadas en el Acuerdo de sustancias de la CICOPLAFEST y tienen una vigencia de un año. El mismo Reglamento PLAFEST establece que la COFEPRIS es quien emite un certificado exclusivo para exportación que no permite la comercialización ni el uso en México. Para obtener estos certificados deben cubrirse los mismos requisitos que para las autorizaciones de exportación (DOF 2014a). Para explosivos y sustancias relacionadas, además de los permisos de fabricación e importación, también se deben solicitar permisos nacionales para exportación que deben ir acompañados de un permiso de importación del país destinatario.

El rechazo en las aduanas de otros países de mercancías agrícolas mexicanas porque contienen niveles elevados de residuos de plaguicidas ha provocado que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaría de Salud (SSA) desarrollen el PROY-NOM-000-SAG-FITO/SSA1-2013. Este proyecto de NOM regula los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas químicos de uso agrícola con fines de registro y uso. De acuerdo con esta norma, la autoridad podrá considerar los límites establecidos en estudios realizados en territorio nacional o los publicados por la FAO y la OMS en el Codex Alimentarius. Otras fuentes aceptadas son la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés), la Agencia Reguladora del Manejo de Plagas de Canadá (PMRA, por sus siglas en inglés), la OCDE, la ECHA o los límites fijados por Brasil y Argentina. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) de la SAGARPA participa en una estrategia a cinco años (2016 a 2021) en el Grupo de Trabajo Técnico sobre Plaguicidas del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA TWG, por sus siglas en inglés). De esta manera México busca mantener un flujo trilateral de información en estos temas con Canadá y Estados Unidos (SENASICA 2016).

PERSPECTIVAS Y PROPUESTAS PARA MEJORAR EL MANEJO ADECUADO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN MÉXICO

En esta sección se enumeran propuestas de acción específicas que, de ser implementadas en México,

ayudarían a lograr avances significativos en el manejo de las sustancias químicas en el país.

Registro nacional de sustancias químicas

Las grandes emergencias químicas industriales que han ocurrido en el mundo han tenido consecuencias catastróficas para la población humana y los ecosistemas, pero también han impulsado instrumentos y esfuerzos para mejorar la gestión de las sustancias químicas en todas las regiones del planeta. Un ejemplo es la emergencia ambiental ocurrida en Japón en 1968 tras la contaminación masiva de aceite de arroz con BPC que afectó por varias décadas a más de mil personas y que derivó en un control significativamente más estricto de las sustancias químicas en ese país. Los convenios internacionales mencionados buscan también una acción global decisiva para lograr el control de grupos de sustancias de peligrosidad conocida. No obstante, existe todo un universo de sustancias que aún no se ha regulado y cuyo control depende de su situación e implicaciones locales (PNUMA 2012).

Muchos países, en especial los de mayor desarrollo, han reconocido la utilidad y han creado sistemas de gestión de los riesgos derivados de la producción y del uso de las sustancias químicas basados en el registro o notificación obligatorios. Este registro ha sido la base para la construcción de inventarios nacionales de sustancias químicas y la creación de listas específicas de sustancias prioritarias o de alta preocupación sujetas a prohibición o a alguna restricción (INECC 2014a).

En el año 2007, el Instituto Nacional de Ecología (INE), hoy INECC, inició una serie de acciones para generar el primer Inventario Nacional de Sustancias Químicas (INSQ) base 2009 publicado en 2012. Si bien esta publicación fue un logro importante para enlistar las sustancias que se encuentran en el comercio en México, también se identificó la necesidad de contar con un Registro Nacional de Sustancias Químicas (RNSQ) que sirva de base para alimentar de manera permanente el INSQ (INECC 2014a).

El INECC concretó adicionalmente las siguientes acciones:

- la firma de un convenio entre el INECC y el CAS para garantizar la calidad técnica de la información contenida en el INSQ actual y en las versiones futuras, evitar controversias sobre derechos de autor de los datos en el INSQ y difundir el inventario en las publicaciones y página electrónica del CAS (INECC 2015a)

- el estudio Elementos para la creación del Registro Nacional de Sustancias Químicas en 2015, colaboración del INECC con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (INECC 2015b)
- la firma de un convenio de colaboración entre el INECC y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) para realizar un ejercicio piloto en el que participen sus empresas afiliadas para instrumentar el RNSQ (INECC 2014b).

El RNSQ es un instrumento crucial para avanzar hacia un manejo más adecuado de las sustancias químicas en México; sin embargo, su puesta en operación aún requiere las siguientes acciones (INECC 2014b):

- modificar el marco legal para crear facultades de operación del INSQ dentro de la LGEEPA y asignárselas a alguna dependencia del sector ambiental así como generar el reglamento y las NOM correspondientes
- desarrollar una plataforma electrónica que permita concentrar la información de la identidad química y el comercio de sustancias en el país, y armonizar su contenido con otras plataformas ya existentes (por ejemplo plaguicidas, medicamentos, aditivos alimenticios, cosméticos, etc.).

Sistema globalmente armonizado

Una comunicación simple y clara sobre los peligros y la forma adecuada en que deben ser manipulados los productos químicos es un requisito para prevenir la exposición y sus posibles consecuencias nocivas. Además, en la legislación actual de muchos países se ha establecido el derecho a la información como uno de los derechos humanos fundamentales, incluida la información sobre las sustancias químicas como posibles agentes causales de daños en la salud y el ambiente.

En este contexto se enmarca el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de los Productos Químicos, conocido como SGA (o GHS, por sus siglas en inglés). El antecedente de esta iniciativa fue el capítulo 19 de la Agenda 21, donde se incluyó el mandato: “Para el año 2000 debería disponerse, de un sistema de clasificación y comunicación de peligros armonizado mundialmente, que contenga hojas de datos sobre la seguridad de distintos productos químicos y símbolos de fácil comprensión” (UN 2011, UNECE 2015).

En octubre de 1999, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas decide la creación de un Subcomité de Expertos en el Sistema Globalmente

Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. Este subcomité recibe la encomienda de impulsar el SGA, de promover su implementación y de brindar asesoría técnica. Bajo su asistencia, el SGA ha sido revisado varias veces para reflejar las experiencias nacionales, regionales e internacionales, introducirlo en la legislación de los países e instrumentar los nuevos requisitos de clasificación y etiquetado (UNECE 2015). El documento conocido como Libro Púrpura, que contiene las bases iniciales para la implementación global del SGA, fue adoptado en su primera edición en diciembre de 2002 y publicado en 2003. Desde entonces ha sido revisado y actualizado cada dos años. La sexta edición fue dada a conocer en 2015 (UNECE 2015).

En México los primeros pasos para adoptar el SGA comenzaron en 2007, cuando la SEMARNAT inició un proyecto de NOM de clasificación y etiquetado de materiales peligrosos. Bajo la coordinación de la Secretaría de Economía, este proyecto se transformó en la norma mexicana NMX-R-019-SCFI-2011 Sistema Armonizado de Clasificación y Comunicación de Peligros de los Productos Químicos (SE 2011) quedando excluidos los medicamentos, aditivos de alimentos, cosméticos, plaguicidas y residuos. La idea de expedir esta norma como voluntaria fue dar a cada dependencia una base uniforme para emitir o actualizar todas las NOM y normas mexicanas relacionadas con los productos químicos (SE 2010).

La STPS autorizó a la ANIQ el uso de la NMX-R-019-SCFI-2011 como método alternativo al cumplimiento de las disposiciones establecidas en la NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo (ChemicalWatch 2011). Tres años después, fue publicada la actualización de la NOM-018-STPS-2015 (STPS 2015), que es parcialmente equivalente a la Norma Mexicana NMX-R-019-SCFI-2011 y a la quinta edición del SGA. En el primer transitorio de esta norma se indica que entrará en vigor tres años después de su publicación, plazo que se cumplirá en octubre de 2018. Durante esos tres años las empresas deberán tomar todas las medidas necesarias para lograr el cumplimiento cabal de esta norma. La adopción del SGA es ya una necesidad ineludible para las empresas mexicanas si quieren mantener su posición en los mercados internacionales, debido a que los principales socios comerciales de México en el sector químico, como la Unión Europea y los EUA, han establecido el cumplimiento de este sistema como una obligación (SEMARNAT 2015b).

Por ahora han quedado fuera de la implementación nacional del SGA los residuos, tal como se establece en la NMX-R-019-SCFI-2011. Sin embargo, para el futuro convendrá analizar si es apropiado incluirlos, tomando en cuenta que el SGA sí permite su clasificación y que puede resultar favorable contar con un solo sistema para establecer la peligrosidad tanto de las sustancias químicas como de los residuos. Para ello, habrá que sustituir el sistema CRETIB⁶ actual y hacer todos los cambios a la legislación que sean pertinentes.

Compromisos internacionales

La comunidad mundial se ha involucrado en la cooperación política, técnica y científica sobre sustancias peligrosas desde la segunda mitad del siglo XX, a través de compromisos multilaterales en la forma de acuerdos, convenios y estrategias de colaboración y asistencia internacional. Dar seguimiento y cumplir estos compromisos internacionales hace avanzar las agendas nacionales, de ahí el interés de que los países firmen y ratifiquen este tipo de instrumentos. Los compromisos establecidos para cumplir con los convenios de Estocolmo, de Rotterdam, de Montreal, de Minamata y del SAICM permiten el intercambio de información, la cooperación técnica y el desarrollo de planes de implementación. Estos planes prevén acciones específicas para el manejo, la investigación, el monitoreo, la capacitación y la instrumentación de un marco legal para la gestión adecuada de las sustancias químicas (SEMARNAT 2007).

México es parte de los principales convenios internacionales sobre sustancias químicas, lo que significa que el Congreso Mexicano ha ratificado la decisión de ser parte de estos instrumentos jurídicos internacionales. Si un foro o convenio internacional es jurídicamente vinculante, implica que los compromisos establecidos en el instrumento se vuelven ley nacional y deben ser cumplidos por el país signatario. En el **cuadro V** se muestran los convenios internacionales que son jurídicamente vinculantes para México y, por otro lado, los instrumentos en los que el país es partícipe pero que no tienen un carácter vinculante.

México ha realizado acciones de manejo adecuado de sustancias químicas en seguimiento a los

compromisos adquiridos en los convenios internacionales. Por ejemplo, están el diagnóstico y el plan para destrucción de los BPC (SEMARNAT 2007) y la publicación del inventario de liberaciones de mercurio (INE 2008). También se puede resaltar la experiencia adquirida en la nominación del lindano y de los isómeros alfa y beta del hexaclorociclohexano propuesta por México al Comité de Revisión de Compuestos Orgánicos Persistentes y su posterior inclusión en el anexo A del Convenio de Estocolmo (Ramos et al. 2011).

La cooperación internacional permite la capacitación técnica con la consiguiente transferencia de conocimiento entre países signatarios disminuyendo así la brecha entre países desarrollados y países en desarrollo y con economías en transición (UNEP 2007, Selin 2009). La principal desventaja de estos instrumentos es que en ocasiones las iniciativas internacionales no corresponden a las necesidades o prioridades nacionales y éstas terminan por dejarse de lado para poder cumplir con los compromisos internacionales jurídicamente vinculantes. Esto ocurre, por ejemplo, con algunos plaguicidas que no han sido incluidos en convenios internacionales debido a que ya han sido prohibidos en la mayoría de los países signatarios, pero continúan siendo muy utilizados en países como México (ver los plaguicidas mencionados en el **cuadro II**). La FAO y la OMS han reconocido este problema común en los países en desarrollo y han propuesto iniciativas y publicado la lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos (HHP, por sus siglas en inglés) con criterios muy claros sobre sus características (WHO/FAO 2014). También, ambas organizaciones han establecido mecanismos para desarrollar actividades que, aunque no sean jurídicamente vinculantes, busquen reducir los riesgos de estos plaguicidas en países en desarrollo.

Es importante que México siga firmando, ratificando y cumpliendo con los compromisos internacionales, ya que esto mantiene el tema de las sustancias químicas en la agenda nacional e internacional y permite acceder a fondos y proyectos de capacitación. También es importante que México logre una mayor continuidad, mayor agilidad y mejor coordinación entre las dependencias gubernamentales encargadas de dar cumplimiento a estos compromisos.

⁶ De acuerdo con las definiciones de la NOM-052-SEMARNAT-2005 (inciso 5.2) el acrónimo CRETIB hace referencia a la clasificación de las características a identificar en los residuos peligrosos y que significa: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico ambiental, inflamable y biológico-infeccioso.

CUADRO V. CONVENIOS INTERNACIONALES JURÍDICAMENTE VINCULANTES Y NO VINCULANTES PARA MÉXICO

Nombre	Obligación	Objetivo
Convenio de Basilea	Convenio jurídicamente vinculante para México	Controlar el movimiento transfronterizo de residuos y materiales peligrosos potencialmente reciclables y promover su manejo ambientalmente adecuado.
Convenio de Rotterdam	Convenio jurídicamente vinculante para México	Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en el comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las partes.
Convenio de Estocolmo	Convenio jurídicamente vinculante para México	Proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes.
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Convenio jurídicamente vinculante para México	Estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.
Protocolo de Montreal	Convenio jurídicamente vinculante para México	Proteger la salud humana y el ambiente de los efectos adversos que resultan del agotamiento de la capa de ozono y por ende controlar la producción, consumo y comercio internacional de las sustancias que la agotan.
Enfoque global para la regulación de plaguicidas agrícolas de la OCDE	Foro jurídicamente vinculante para México en lo que respecta a sustancias químicas	Fortalecer el nivel de protección de la salud humana y del medio ambiente minimizando los riesgos por el uso de plaguicidas agrícolas y armonizando las evaluaciones para su registro. Desde 1992 la OCDE ha trabajado para armonizar y agilizar los procesos de evaluación y registro de plaguicidas en sus países miembro a través de un trabajo conjunto.
Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte (Resolución #95-5)	Acuerdo jurídicamente vinculante para México	Alentar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en los territorios de las partes (México, Estados Unidos y Canadá) para el bienestar de las presentes y futuras generaciones. La resolución se enfoca en la cooperación y adopción de medidas para alcanzar el manejo sustentable de sustancias químicas de interés común, a través de acciones como la prevención de la contaminación, la reducción de las fuentes generadoras y el control de contaminantes, mismas que se han venido desarrollando mediante planes de acción regionales.
Foro Intergubernamental de Seguridad Química (FISQ)	Foro no vinculante para México en lo que respecta a sustancias químicas	Constituir un mecanismo para la cooperación internacional en el fomento de la evaluación de los riesgos y la gestión de los productos químicos desde el punto de vista ecológico y de los riesgos a la salud humana.
Enfoque Estratégico Internacional para el Manejo de las Sustancias Químicas (SAICM)	Acuerdo no vinculante para México en lo que respecta a sustancias químicas	Lograr que para el 2020 las sustancias químicas sean producidas y empleadas de manera que sus efectos adversos a la salud humana y al ambiente sean minimizados.
Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos de las Naciones Unidas (GHS)	Acuerdo no vinculante para México en lo que respecta a sustancias químicas	Establecer un sistema comprensible de comunicación de riesgos y un marco jurídico internacional de las sustancias químicas, así como reducir la necesidad de análisis y evaluación de éstas y facilitar su comercio internacional. La implementación del GHS es uno de los compromisos derivados del SAICM.

Fuente: Modificado del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI) México (SEMARNAT 2007)

Evaluaciones de riesgo ambiental, evaluaciones de exposición y evaluaciones costo-beneficio

El manejo adecuado de las sustancias químicas debe incluir instrumentos de evaluación de la exposición, de los riesgos, de los impactos ecológicos y de los costos. La evaluación de la exposición debe realizarse en casos de accidentes, de derrames, en situaciones de riesgo industrial y ocupacional, así como en condiciones vulnerables de exposición en comunidades con actividades altamente riesgosas. Las evaluaciones de riesgo buscan estimar de manera confiable los riesgos reales y esperados por exposición a una determinada sustancia. Con el objetivo de buscar la protección y recuperación de los ecosistemas, es necesario contar también con evaluaciones de riesgo ecológico, que consideren el uso de indicadores biológicos. Finalmente, es útil también realizar evaluaciones costo beneficio como apoyo para la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas. El objetivo es evaluar e incluir los costos de la “inacción”, de la remediación, del manejo de los residuos peligrosos y de los impactos en la salud pública y compararlos con los costos de un “manejo adecuado” (Ize et al. 2010).

La evaluación de un riesgo consiste en la obtención de análisis científicos, que pueden ser cuantitativos o cualitativos, sobre la probabilidad del daño asociado con la exposición a una sustancia química. También se busca identificar, compilar e integrar la información generada por fuentes confiables sobre los posibles daños y la relación exposición/dosis/efectos adversos. Algunas organizaciones internacionales han preparado compilaciones de información relevante y confiable que permiten un acceso rápido a información sobre peligros químicos, exposiciones y riesgos (WHO 2010).

Idealmente, una evaluación de riesgo debiera realizarse tomando en cuenta las condiciones específicas de uso de las sustancias químicas en cada país, en particular para los plaguicidas, y determinar así si se reúnen las condiciones suficientes de protección. Como se mencionó anteriormente, en México el registro de los plaguicidas consiste únicamente en la entrega de un expediente completo y no se efectúa ninguna evaluación adicional, a diferencia de lo que ocurre en países con un manejo mucho más adecuado de las sustancias químicas. La iniciativa sobre plaguicidas altamente peligrosos contempla la prohibición de plaguicidas altamente peligrosos si, en función de la evaluación de los riesgos no se puede garantizar el manejo del producto sin riesgos inaceptables para el ser humano y el ambiente (SAICM 2016a). Resulta

entonces imperativo realizar evaluaciones de riesgo adaptadas a las condiciones de uso en cada país.

En los países en desarrollo, la capacidad de las autoridades encargadas del registro de los plaguicidas suele ser muy reducida para realizar evaluaciones de riesgo como parte del proceso de registro. Un estudio de la FAO reveló que de 109 países en desarrollo, el 97 % contaba con menos de seis personas a nivel nacional dedicadas al registro y la regulación de plaguicidas, y en el 77 % de ellos no había más de dos técnicos ocupados en las labores de registro. Además, casi ningún país en desarrollo y sólo unos pocos países con economías en transición, cuentan con laboratorios capaces de analizar formulaciones de plaguicidas e impurezas de fabricación para determinar la calidad de los plaguicidas en uso (SAICM 2016b). A la falta de recursos económicos y humanos hay que agregar la deficiencia en metodologías estandarizadas de análisis de calidad y de equipos de trabajo multidisciplinarios que realicen este tipo de evaluaciones (UNEP 2013).

Se han utilizado diferentes metodologías para estimar los costos del mal manejo de las sustancias químicas en el ambiente, la salud y el desarrollo de un país. Por ejemplo, los efectos se monetizan en gastos médicos, días de trabajo perdidos o costos de una remediación. Sin embargo los resultados de estas metodologías son difíciles de comparar entre países desarrollados y países en vías de desarrollo. Además la contaminación por sustancias químicas puede afectar elementos muy difíciles de cuantificar en términos monetarios, como por ejemplo los servicios ecosistémicos que provee el ambiente (Ize et al. 2010).

México debería implementar algunas acciones enfocadas a la evaluación de riesgos y de exposición como:

- programas de monitoreo y biomonitoreo ágiles, bien articulados y con control de calidad analítica aprovechando la conexión con compromisos internacionales como el Programa Global de Monitoreo del Convenio de Estocolmo (Stockholm Convention 2016)
- capacitación a tomadores de decisiones para que puedan tomar decisiones con base en resultados oportunos y la mejor información científica disponible
- evaluaciones por etapas (“tiered approach” en inglés) para una mejor integración de los estudios de exposición y los recursos disponibles.

Estudios de línea base y de estado base

Estudios de línea base

En el contexto internacional y nacional, una de las prácticas rutinarias para evaluar proyectos como la perforación de un pozo petrolero o la construcción de una planta industrial, es realizar estudios de línea base (ELB). Estos estudios son investigaciones aplicadas que se desarrollan con la finalidad de (Mújica et al. 2008, Medianero 2011):

- describir la situación inicial de todos los elementos que integran el ambiente, incluyendo a la población, que pueden ser afectados por las actividades realizadas durante todas las etapas de un proyecto
- comparar la información inicial obtenida con mediciones posteriores para evaluar objetivamente la magnitud de los cambios producidos con la puesta en marcha del proyecto.

Los ELB sirven para obtener los referentes básicos con los que se puedan evaluar las consecuencias de los proyectos y mejorar la toma de decisiones y de gestión ambiental y social (Medianero, 2011). Para realizar los ELB es indispensable la participación de un grupo multidisciplinario de especialistas en diversas ramas de la ciencia como la geología, la biología, la hidrología, la sociología, la economía, entre otras (Mújica et al. 2008).

Una línea base se construye considerando variables e indicadores directamente relacionados con los elementos del ambiente y su funcionamiento, que pueden ser alterados durante el desarrollo de un proyecto. Estos representan la primera evaluación o el punto de partida. Para cierto tipo de proyectos, la contraparte de la línea base es la línea de salida que muestra los valores de los mismos indicadores una vez que concluye el proyecto. La comparación de la línea base con la línea de salida es el soporte para cuantificar el impacto real del proyecto (SEMARNAT 2010a, Medianero 2011). La utilidad de los ELB depende de la correcta definición de su objetivo y alcance (Mújica et al. 2008). Además, en muchas ocasiones es necesario considerar el impacto previo causado por actividades anteriores e independientes al propio proyecto. En estos casos se debe realizar una descripción de daño ambiental acumulado (ASEA 2015).

En México, la regulación actual no incluye requerimientos específicos para los ELB, sin embargo, éstos son considerados parte esencial e integral de la evaluación del impacto ambiental (EIA) y de sus manifestaciones de impacto ambiental (MIA). Conceptualmente se considera que el impacto am-

biental lo origina una obra o una actividad humana en tres etapas consecutivas (SEMARNAT 2010a):

- la primera es la alteración de alguno de los componentes del sistema ambiental
- la segunda es el cambio de ese valor
- y la tercera es el significado ambiental resultado de esa alteración.

En México los ELB dentro de las MIA se han aplicado en diferentes giros de actividad incluyendo proyectos mineros y petroleros que son generadores potenciales de un amplio rango de impactos al medio físico y biótico pero también al sociocultural y económico. Tras la reciente reforma energética promulgada en el país, se establece que la industria petrolera tiene la obligación de realizar ELB. Para ello, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), creada a partir de la reforma energética, ha elaborado la Guía para definir la línea base ambiental previo al inicio de las actividades petroleras (ASEA 2015). Esta guía enumera una serie de componentes y factores ambientales que pueden considerarse en los ELB que se muestran en el **cuadro VI**.

Estudios de estado base

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) (DOF 2013) establece la obligación de realizar estudios para determinar las condiciones ambientales asociadas a actividades antrópicas que generen daños al ambiente. La LFRA es un ordenamiento jurídico de orden público e interés social que tiene por objeto proteger, preservar y restaurar el ambiente y el equilibrio ecológico para garantizar los derechos humanos a un ambiente sano y determinar la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. A diferencia de los ELB, los estudios de estado base (EEB) implican la evaluación de las condiciones previas a un daño pero no anteriores a la puesta en marcha de un proyecto. Por lo tanto, los ELB y EEB no implican la misma temporalidad. Si para un proyecto se lleva a cabo un ELB, éste no sería útil como evidencia para la aplicación de la LFRA, salvo que el daño ambiental se produjera inmediatamente después de la puesta en marcha del proyecto.

En el contexto del manejo de las sustancias químicas, la finalidad de contar con ELB y EEB es conocer las concentraciones basales de aquellas sustancias peligrosas que pudieran ser liberadas por las actividades antrópicas ocasionando algún daño. Esta información es clave para establecer la eficacia de las medidas de reducción y control de emisiones, descargas y disposiciones que los responsables de

CUADRO VI. COMPONENTES, FACTORES Y DAÑOS AMBIENTALES QUE PUEDEN CONSIDERARSE COMO PARTE DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE

Componente	Factor	Daño ambiental
Edafología	Cantidad de suelo	Grado de erosión
	Calidad del suelo	Contaminación por residuos o sustancias peligrosos
Geomorfología	Geoformas	Alteración de las geoformas
	Estabilidad del terreno	Pérdida de la estabilidad
Hidrología superficial	Calidad del agua	Contaminación de cuerpos de agua
	Escorrentías	Alteración del patrón o flujo hidrológico
Hidrología subterránea	Calidad del agua	Contaminación de acuíferos
	Disponibilidad de agua	Acuíferos sobreexplotados
Vegetación	Cobertura	Pérdida de cobertura
	Abundancia	Pérdida de individuos
	Especies en riesgo	Pérdida de individuos de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
	Biodiversidad	Perdida de especies
Fauna	Abundancia	Pérdida de individuos
	Especies en riesgo	Pérdida de individuos de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010
	Hábitats	Reducción de hábitats
	Biodiversidad	Perdida de especies
	Corredores biológicos	Dstrucción de corredores

los proyectos señalen dentro de las MIA. También es esencial para establecer la responsabilidad del daño y la magnitud de los costos de reparación o compensación.

Prevención y control eficaz de las emergencias químicas

Una de las lecciones que han dejado las grandes emergencias químicas es que la prevención de los riesgos es definitivamente la mejor opción en el manejo de las sustancias químicas para evitar pérdidas y enfermedades humanas, daños al ambiente y elevados costos económicos. Para lograr esa prevención es indispensable conocer la naturaleza de las sustancias para clasificarlas en diferentes categorías de peligrosidad y definir las medidas de prevención a aplicar. México, como otros países, ha desarrollado un marco legal de prevención y control de las emergencias químicas.

La prevención de emergencias químicas se enmarca, entre otros, en las atribuciones de la SEMARNAT

a través de la LGEEPA (DOF 2015c). La SEMARNAT establece la clasificación de las actividades altamente riesgosas en virtud de las características peligrosas de los materiales que se manejen en los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, considerando los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento. Para establecer esta clasificación la SEMARNAT publicó el Primer y Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas (SEGOB 1990, SEGOB 1992).

De acuerdo con la misma LGEEPA, quienes realicen actividades altamente riesgosas están obligados a formular y presentar a la SEMARNAT un estudio de riesgo ambiental (ERA) así como los programas para la prevención de accidentes (PPA). El objetivo de los ERA es identificar los posibles accidentes, así como estimar la probabilidad de que estos ocurran y sus consecuencias. Se consideran accidentes de alto riesgo ambiental a toda explosión, incendio, fuga o derrame súbito en los que intervengan una o más sustancias peligrosas y que representen un peligro

grave de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible para la población, los bienes y el ambiente (SEMARNAT 2016).

En el PPA se describen, con base en los escenarios modelados en el ERA, las medidas preventivas y las acciones a desarrollar para atender estos accidentes (SEMARNAT 2010b). En el periodo comprendido entre 1989 y 2010, se registraron 6165 PPA en los estados de México (558), Jalisco (425), Veracruz (387), Sonora (340), Sinaloa (373), Nuevo León (333) y Tamaulipas (311) (**cuadro VII**) (SEMARNAT 2011).

Los llamados comités locales de ayuda mutua (CLAM) formados por empresas y autoridades que conjuntan sus recursos, experiencia y esfuerzos para

CUADRO VII. PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (PPA) REGISTRADOS POR ESTADO

Número de programas para la prevención de accidentes	Estados
Menos de 100	Aguascalientes Baja California Sur Campeche Chiapas Colima Guerrero Morelos Nayarit Quintana Roo Tabasco Tlaxcala Zacatecas
De 101 a 200	Ciudad de México Durango Hidalgo Oaxaca San Luis Potosí Yucatán
De 201 a 300	Baja California Chihuahua Coahuila Guanajuato Michoacán Pueblas Querétaro
Más de 300	Estado de México Jalisco Nuevo León Sinaloa Sonora Tamaulipas Veracruz

Fuente: SEMARNAT (2011)

mejorar la prevención, el control y la atención de emergencias químicas, han resultado un esquema adecuado de organización. Sin embargo, debido a que son de carácter voluntario, las empresas involucradas deben estar convencidas sobre las ventajas de la colaboración mutua (SEMARNAT 2010c).

Desde 2012 la PROFEPA celebra cada año el Día Nacional de la Preparación y Respuesta a Emergencias Químicas (DINAPREQ) evento en el que participan activamente los sectores público, privado y social del país, así como la USEPA en la frontera norte. Se han realizado cerca de 1500 simulacros y 285 eventos de capacitación, con una participación aproximada de 150 000 personas, además de 20 simulacros y 19 seminarios binacionales EUA-México (PROFEPA 2016).

Aún existen áreas importantes que atender en México como:

- además de los criterios CRETIB de peligrosidad de las sustancias químicas hasta ahora considerados en la regulación de las emergencias, adicionar la persistencia y la bioacumulación, ya que en estos accidentes pueden liberarse sustancias con estas propiedades
- no sólo considerar las consecuencias inmediatas y agudas de las sustancias involucradas en un accidente, sino también los efectos a largo plazo, en particular el daño reproductivo o con repercusiones genéticas en poblaciones
- mejorar los esquemas de información, concientización y participación de la ciudadanía para que esta tenga conocimiento de las medidas personales y colectivas que deben tomarse ante una emergencia
- lograr establecer el SGA como una obligación en México, para que todos los productos químicos cuenten con una identificación clara de peligrosidad y esta pueda usarse como base para la clasificación de las actividades altamente riesgosas.

Alternativas químicas menos tóxicas y alternativas no químicas

El uso extendido de las sustancias químicas en la vida diaria actual, así como la preocupación constante por su toxicidad, han llevado a la misma industria química y a la sociedad en general a buscar alternativas químicas menos tóxicas. En el caso de algunos grupos de sustancias, como los plaguicidas, esta búsqueda se extiende también a alternativas no químicas de probada efectividad. El objetivo es impulsar la investigación de punta y el intercambio

de información entre actores de la sociedad para eliminar paulatinamente el uso de sustancias de alta peligrosidad y toxicidad (UNEP 2007).

La industria química que participa en la producción segura y el manejo adecuado de las sustancias a lo largo de su ciclo de vida ha demostrado que esto no perjudica su marca ni sus ganancias. De hecho es al contrario, las compañías que han avanzado hacia compartir información, reforzar la regulación y eliminar el uso de sustancias de alta peligrosidad están a la vanguardia, son más competitivas y están tomando acciones para un mundo químicamente más seguro (SAICM 2015).

Las sustancias químicas altamente peligrosas pueden ocasionar efectos graves en el ser humano como cáncer, defectos de nacimiento, daño genético, abortos, daños neurológicos y muerte. Son estas sustancias las que se busca eliminar o reducir en los procesos industriales a través de programas de química verde. Esta consiste en el diseño de sustancias y procesos químicos que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas (Yarto et al. 2004). Entre más peligroso sea un residuo, es más caro tratarlo y disponer de él de manera adecuada, por ello la química verde busca evitar en la medida de lo posible la generación de residuos peligrosos para eliminar los gastos derivados de su disposición. También se busca reducir el consumo de energía, así como anular el uso de disolventes. Cuando esto último no es posible, se deben utilizar los productos lo más inocuos posible. Finalmente, se busca reducir el uso de sustancias que pueden causar accidentes químicos, como las inflamables y explosivas (Sierra et al. 2014).

En agricultura, el manejo integrado de plagas (MIP) permite el control eficaz de plagas con base en prácticas culturales y la resistencia natural de algunas plantas, disminuyendo así la dependencia y el uso indiscriminado de insecticidas. En una estrategia de MIP se toma en cuenta que una plaga forma parte y ocurre dentro de un sistema ecológico; por lo tanto la solución de control debe tener ciertas características de efectividad, factibilidad e impacto ambiental reducido. El control biológico de plagas con organismos patógenos, parasitoides y enemigos naturales de las plagas permite la disminución en el uso de sustancias químicas tóxicas (SAGARPA 2015).

La agricultura orgánica es una alternativa para la producción de alimentos en la que se buscan aplicar prácticas de gestión agrícola eliminando totalmente la utilización de fertilizantes y plaguicidas sintéticos. A través del Programa de Agricultura Orgánica, la FAO busca potenciar la producción, la elaboración, la certificación y la comercialización de productos

orgánicos para proteger la integridad del medio ambiente (FAO 2015). Los productos orgánicos han ido en aumento en el mercado mundial, lo que ha estimulado la reconversión de la agricultura convencional a la agricultura orgánica. México es, en el contexto mundial, un país productor y exportador de productos orgánicos siendo el primer productor de café orgánico (Gómez y Gómez 2004). La expansión de la agricultura orgánica y la demanda de productos orgánicos estimulan la eliminación del uso de agroquímicos tóxicos y la búsqueda de alternativas no químicas efectivas.

En México se han desarrollado diagnósticos de algunos plaguicidas de especial interés a nivel internacional, como son el lindano y el endosulfán (INE 2004, INE 2011). En estos diagnósticos se incluyó información sobre alternativas costo efectivas menos tóxicas o alternativas no químicas. Sería muy importante concluir con la prohibición total del uso de los plaguicidas altamente peligrosos y reemplazarlos por las alternativas menos tóxicas o no químicas ya identificadas. La identificación de alternativas menos tóxicas y no químicas viables puede lograrse usando el conocimiento internacional y de grupos de trabajo que incluyan a todos los interesados: industria química, gobierno, usuarios, academia y organizaciones de la sociedad civil (INE 2004, INE 2011).

Un ejemplo de soluciones integrales de control, pero también de las dificultades, se ilustra con el caso del insecticida DDT. Se desarrolló en México una estrategia de manejo integrado y participativo exitosa para disminuir la dependencia hacia este plaguicida de probada peligrosidad (Chanon et al. 2003). Sin embargo, México siguió dependiendo por un tiempo del DDT para campañas de salud y combate a enfermedades transmitidas por vectores (malaria, dengue, chikungunya, zika) y solicitó exenciones ante el Secretariado del Convenio de Estocolmo para uso exclusivo del gobierno (Van Den Berg 2009). Estas exenciones se basaban en la falta de alternativas costo efectivas para campañas de control en zonas endémicas, explicando que el uso del DDT seguía siendo necesario hasta que alternativas de bajo costo y probada efectividad estuvieran disponibles. De acuerdo con declaraciones recientes de la COFEPRIS, actualmente el DDT ya no se usa para campañas de fumigación en México.

Otra situación que ejemplifica el nivel de complejidad en este tema es que grandes programas de manejo como la Ley para el Control de Sustancias Tóxicas (TSCA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos ha producido un mercado que favorece las sustancias químicas en uso. Al requerir menor cantidad de información

CUADRO VIII. INSTRUMENTOS RECOMENDADOS PARA LA GESTIÓN ADECUADA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN MÉXICO Y LAS RAZONES DE SU IMPLEMENTACIÓN

-
1. Establecer el Registro Nacional de Sustancias Químicas para:
 - Contar con información suficiente y fidedigna (identificación con número CAS) de la naturaleza química de las sustancias, sus usos, características fisicoquímicas y de peligrosidad al ambiente y a la salud humana.
 - Contar con información para evaluar y, en su caso, autorizar el uso de las sustancias químicas, para asegurar que los riesgos que representan son bien conocidos y que los usuarios finales e intermedios cuentan con la información necesaria para emplearlas en condiciones que garanticen riesgos mínimos.
 - Conocer los volúmenes comercializados y las tendencias de producción e importación de las sustancias químicas en el país como un insumo prioritario para apoyar el desarrollo de políticas públicas.
 - Controlar efectivamente las sustancias químicas prohibidas en acuerdos internacionales firmados por México así como las sustancias que representan un riesgo inaceptable para la salud humana y para el ambiente.

 2. Instaurar el Sistema Globalmente Armonizado para:
 - Establecer una clasificación uniforme de los peligros que se aplique a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de los productos químicos y que permita contar con las medidas y la infraestructura necesarias para reducir la exposición y los riesgos asociados al manejo de estos productos.
 - Implantar un sistema armonizado de comunicación con hojas de datos de seguridad, dibujos o pictogramas, palabras de advertencia y etiquetado de los productos químicos, que evite las barreras técnicas para su comercialización internacional.
 - Impulsar cambios en el marco jurídico para garantizar que se alcance un nivel de seguridad adecuado en el manejo de los productos químicos.

 3. Cumplir con los compromisos internacionales para:
 - Avanzar en las agendas nacionales, favorecer el intercambio de información, la cooperación técnica y el desarrollo de planes de implementación que prevean acciones específicas para el manejo, la investigación, el monitoreo, la capacitación y la instrumentación de un marco legal para la gestión adecuada de las sustancias químicas en México.
 - Avanzar en materia jurídica, ya que un foro o convenio internacional jurídicamente vinculante implica que los compromisos establecidos en el instrumento se vuelven ley nacional y deben ser cumplidos por el país signatario.

 4. Realizar evaluaciones de riesgo ambiental, evaluaciones de exposición, evaluaciones costo-beneficio para:
 - Proporcionar evidencias científicas objetivas que permitan a los tomadores de decisiones contar con la mejor información para establecer medidas eficaces de eliminación y reducción de riesgos, sin esperar contar con la certeza absoluta de los daños
 - Lograr una evaluación objetiva de la eficacia de las políticas y medidas de control de las sustancias químicas con estas evaluaciones y establecer programas de monitoreo y biomonitoreo ágiles, bien articulados y con control de calidad analítica, realizables a pesar de las limitaciones de recursos económicos y humanos en el país

 5. Realizar estudios de línea base y de estado base para:
 - Describir la situación inicial de los elementos que integran el medio ambiente (o de la población objetivo), así como la interacción entre los mismos, antes de iniciar cualquier proyecto que pueda tener implicaciones para el medio ambiente.
 - Comparar la información inicial obtenida con mediciones posteriores para evaluar objetivamente la magnitud de los cambios producidos por la puesta en marcha del proyecto o medida ambiental, y establecer si hay alguna responsabilidad ambiental de los operadores de dicho proyecto o medida.

 6. Establecer programas de prevención y control eficaz de las emergencias químicas para:
 - Establecer criterios adicionales de prevención de emergencias químicas que consideren consecuencias negativas en la salud humana y el medio ambiente además de los criterios CRETIB.
 - Lograr una mejor coordinación entre todos los sectores de la sociedad para prevenir y atender las emergencias químicas.

 7. Buscar alternativas químicas menos tóxicas y alternativas no químicas para:
 - Impulsar la investigación de punta y el intercambio de información entre los diferentes actores de la sociedad para eliminar paulatinamente el uso de sustancias de alta peligrosidad y toxicidad.
 - En los procesos industriales, eliminar o reducir sustancias químicas altamente peligrosas a través de programas de implementación de química verde.
 - En agricultura, impulsar el manejo integrado de plagas (MIP) y el manejo agroecológico que permiten el control eficaz de plagas con base en prácticas culturales y favorecen el vigor y los mecanismos de defensa naturales de los cultivos, disminuyendo así la dependencia y el uso indiscriminado de plaguicidas.
 - Impulsar la agricultura orgánica que busca aplicar prácticas de gestión agrícola eliminando totalmente la utilización de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y empleando en su lugar métodos culturales, biológicos y mecánicos de control de plagas.
-

para las sustancias existentes que para las nuevas, esta ley ha ocasionado poca motivación para que la industria invierta recursos en la química verde o en la síntesis de productos más novedosos y potencialmente menos peligrosos que los que se encuentran en el mercado (Wilson y Schwarzman 2009). Sin embargo, es indudable que la tendencia debe ser a encontrar alternativas más seguras con la internalización de los costos ambientales, sociales y de salud (PNUMA 2012).

CONCLUSIONES

Como se expone en este documento, el manejo adecuado de las sustancias químicas es un tema muy complejo. México, con el nivel de desarrollo económico que ha alcanzado, debe establecer de manera prioritaria los instrumentos básicos de gestión de las sustancias químicas aquí mencionados, en beneficio de la salud de su población, de la integridad de sus ecosistemas, de la protección de sus trabajadores en ambientes laborales y, en suma, en beneficio de la industria misma y de un desarrollo económico sustentable del país a largo plazo. Los tomadores de decisiones deben impulsar las medidas y adecuaciones regulatorias requeridas para fortalecer así las bases de un manejo adecuado de las sustancias químicas. A manera de recapitulación, se resumen en el **Cuadro VIII** dichos instrumentos, así como las razones fundamentales para su implementación.

El tema del manejo adecuado de las sustancias químicas debe alcanzar un lugar preponderante en la agenda pública en México, con la concurrencia de competencias, la sensibilización y la capacitación de las autoridades ambientales, de salud, trabajo, transporte, industria y economía. La sociedad en general y el gobierno deben reconocer que los costos ambientales, en salud y económicos de la “no acción” o del manejo inadecuado son sumamente elevados para un país en desarrollo que busca estar a la vanguardia en la agenda ambiental global.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la M. en C. Frinéé Kathia Cano Robles, del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y a la Dra. Cristina Cortinas de Nava, de la Red Queretana de Manejo de Residuos, por la cuidadosa revisión y valiosos comentarios al presente documento.

REFERENCIAS

- Albert L.A. (2002). Niños jornaleros y aplicación de plaguicidas. Foro invisibilidad y conciencia: migración interna de niños y niñas jornaleros agrícolas en México. México D.F., México. 26 y 27 de septiembre, 2002.
- Altraide D.D. (2008). Health issues on beauty treatment. *The Nigerian Health Journal*. 8 (3-4), 58-59.
- ASEA (2015). Guía para definir la línea base ambiental previo al inicio de las actividades petroleras. Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Guía. México D.F., *México*, 20 pp.
- CAS (2015). Regulated chemicals – Chemlist. Chemical Abstracts Service [en línea]. <https://www.cas.org/content/regulated-chemicals/11/03/2017>.
- CENAPRED (2014). Seminario internacional sobre la gestión integral de los riesgos químicos-tecnológicos. Las emergencias ambientales en México: consecuencias e impactos. Centro Nacional de Prevención de Desastres [en línea]. <http://www.cenapred.gob.mx:8080/SeminarioInternacional2014/ponencias/11/08/2017>.
- Chanon K.E., Mendez-Galvan J.F., Galindo-Jaramillo J.M., Olguin-Bernal B.H. y Borja-Aburto V.H. (2003). Cooperative actions to achieve malaria control without the use of DDT. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 206 (4-5), 387-394. DOI: 10.1078/1438-4639-00235
- ChemicalWatch (2011). Mexico adopts voluntary GHS standard. ChemicalWatch [en línea]. <https://chemicalwatch.com/8035/mexico-adopts-voluntary-ghs-standard/5/05/2017>.
- CICOPLAFEST (1991). Catálogo oficial de plaguicidas 1991. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Diario Oficial de la Federación. 19 de agosto de 1991.
- COFEPRIS (2014). Farmacovigilancia. Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. [en línea]. <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Farmacovigilancia/Farmacovigilancia.aspx> 9/05/2017.
- DOF (1972). Reglamento de la ley federal de armas de fuego y explosivos. Diario Oficial de la Federación. 6 de mayo de 1972.
- DOF (2012). Reglamento para el transporte de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación. 20 de noviembre de 2012.
- DOF (2013). Decreto por el que se expide la ley federal de responsabilidad ambiental y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de la ley general de vida silvestre, de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, de la ley

- general de desarrollo forestal sustentable, de la ley de aguas nacionales, del código penal federal, de la ley de navegación y comercio marítimos y de la ley general de bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación. 7 de junio de 2013.
- DOF (2014a). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del reglamento en materia de registros, autorizaciones de importación y exportación y certificados de exportación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias y materiales tóxicos o peligrosos. Diario Oficial de la Federación. 13 de febrero de 2014.
- DOF (2014b). Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. 31 de octubre de 2014.
- DOF (2015a). Ley federal de armas de fuego y explosivos. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. 12 de noviembre de 2015.
- DOF (2015b). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. 22 de mayo de 2015.
- DOF (2015c). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. 9 de enero de 2015.
- DOF (2017). Ley general de salud. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. 27 de enero de 2017.
- ECHA (2009). Registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals (REACH). European Chemicals Agency [en línea]. <https://echa.europa.eu/regulations/reach> 18/05/2017.
- FAO (2015). Programa de agricultura orgánica de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [en línea]. <http://www.fao.org/organicag/oa-home/es/> 21/04/2017.
- Foladori G., Bejarano F. e Invernizzi N. (2013). Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y el medio ambiente en América Latina y el Caribe. *Trab. Educ. Saúde*. 11 (1), 145-167.
- Gärtner S., Küllmer J. y Schlottmann U. (2003). Chemical safety in a vulnerable world. *Chem. Int.* 42 (37), 4456-4469. DOI: 10.1002/anie.200300584
- Gómez Tovar L. y Gómez Cruz M.A. (2004). La agricultura orgánica en México y en el mundo. *Biodiversitas* 55, 13-15.
- INE (2004). El lindano en México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 67 pp.
- INE (2008). Inventario nacional de liberaciones de mercurio. México 2004. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 214 pp.
- INE (2011). Diagnóstico de la situación del endosulfán en México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 53 pp.
- INE (2012). Inventario nacional de sustancias químicas. Base 2009. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 128 pp.
- INECC (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 201 pp.
- INECC (2014a). Actualización del inventario nacional de sustancias químicas 2010-2013. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 115 pp.
- INECC (2014b). Elementos para la creación del registro nacional de sustancias químicas. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 84 pp.
- INECC (2015a). Elementos para la creación del registro nacional de sustancias químicas. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, 65 pp.
- INECC (2015b). Contribución del registro nacional de sustancias químicas en el control de sustancias en productos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Presentación. México D.F., México, 32 pp.
- Ize I., Zuk M. y Bracho Rojas L. (2010). Introducción al análisis de riesgos ambientales. 2a edición. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México, 219 pp.
- Kessler R. (2011). Engineered nanoparticles in consumer products. Understanding a new ingredient. *Environ. Health Perspect.* 119 (3), A120-A125. DOI: 10.1289/ehp.119-a120
- Medianero Burga D. (2011). Metodología de estudios de línea base. *Pensamiento Crítico* 15, 61-82.
- Mújica-Sánchez H., Pablo-Dorantes J.E. y Pantoja-Irys J. (2008). Estudios ambientales de línea base – Fundamentos y aplicaciones en proyectos mineros en México. Resúmenes. Primer Congreso sobre la Evolución Geológica y Ecológica del Noroeste de México. Hermosillo, Sonora, México, 21 a 23 de abril de 2008.
- OECD (2001). Environmental outlook for the chemicals industry. Organization for Economic Cooperation and Development. Informe. París, Francia, 168 pp.

- OECD (2013). EPR highlights. Environmental performance reviews. Mexico 2013. Organization for Economic Cooperation and Development. Informe. París, Francia, 8 pp.
- Ometto A.R., Guelere Filho A. y Souza M.P. (2006). Implementation of life cycle thinking in Brazil's environmental policy. *Environ. Sci. Policy*. 9 (6), 587-592. DOI: 10.1016/j.envsci.2006.05.004
- PNUD (2015). Manejo y destrucción ambientalmente adecuados de los bifenilos policlorados (BPCs). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [en línea]. http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/environment_energy/desarrollo-sustentable-/manejo-y-destruccion-ambientalmente-adecuados-de-los-bifenilos-p.html 19/05/2017.
- PNUMA (2000). Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente [en línea]. <http://ozone.unep.org/es/manual-del-protocolo-de-montreal-relativo-las-sustancias-que-agotan-la-capade-ozono/5> 9/05/2017.
- PNUMA (2009). Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Enmendado en 2009. Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente. Texto y anexos. Ginebra, Suiza, 60 pp.
- PNUMA (2012). Global chemicals outlook. Hacia una gestión racional de las sustancias químicas. Informe de síntesis para los responsables de la toma de decisiones. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe. Ginebra, Suiza, 44 pp.
- PNUMA/FAO (2015) Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Texto y anexos. Ginebra, Suiza y Roma, Italia, 55 pp.
- PROFEPA (2016). Boletín de prensa BP/598-16. PROFEPA impulsa la preparación y respuesta a emergencia químicas en el país. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [en línea]. <http://www.gob.mx/profepa/prensa/profepa-impulsa-la-preparacion-y-respuesta-a-emergencia-quimicas-en-el-pais> 19/05/2017.
- Ramos J., Gavilán A., Romero T. e Ize I. (2011). Mexican experience in local, regional and global actions for lindane elimination. *Environ. Sci. Policy*. 14 (5), 503-509. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.03.014
- SAGARPA (2015). Manejo integrado de plagas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [en línea]. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf> 13/05/2017.
- SAICM (2015). A world without chemicals? No. A chemical-safe future? Yes. Stepping up the approach to make our future chemical-safe, clean, and healthy. Strategic Approach to International Chemicals Management [en línea]. http://old.saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=551&Itemid=714 19/05/2017.
- SAICM (2016a). Highly hazardous pesticides. Strategic Approach to the International Chemicals Management [en línea]. <http://www.saicm.org/Emerging-PolicyIssues/HighlyHazardousPesticides/tabid/5479/language/en-US/Default.aspx> 19/05/2017.
- SAICM (2016b). Estrategia para tratar la cuestión de los plaguicidas altamente peligrosos en el contexto del enfoque estratégico para la gestión de los productos químicos a nivel internacional. Strategic Approach to the International Chemicals Management [en línea]. <http://www.saicm.org/Portals/12/Documents/EPI/HHP%20strategy%20Spanish.pdf> 17/05/2017.
- SARH – CICOPLAFEST (1991). Relación de plaguicidas prohibidos para su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Diario Oficial de la Federación. 3 de enero de 1991.
- Schug T.T., Johnson A.F., Balshaw D.M., Grantziotis S., Malker N.J., Weis C., Nadadur S.S. y Birnbaum L.S. (2013). ONE Nano: NIEH's strategic initiative on the health and safety effects of engineered nanomaterials. *Environ. Health Perspect.* 121 (4), 410-414. DOI: 10.1289/ehp.1206091
- SE (2010). Estrategia para la implantación del SGA en México. XVII Convención de logística y transporte para la industria química. Asociación Nacional de la Industria Química y Secretaría de Economía. México, D.F., México. 13 de agosto de 2010.
- SE (2011). Norma Mexicana NMX-R-019-SCFI-2011. Sistema globalmente armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos. Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. 3 de junio de 2011.
- SEGOB (1990). Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o. fracción X y 146 de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la ley orgánica de la administración pública federal, expide el primer listado de actividades altamente riesgosas. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. 28 de marzo de 1990.
- SEGOB (1992). Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con

- fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o. fracción X y 146 de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la ley orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. 4 de mayo de 1992.
- Selin H. (2009). Managing hazardous chemicals: longer-range challenges. *The Pardee Papers/ No.5. The Frederick S. Pardee Center for the Study of the Longer Range Future.* Boston University, Boston, MA, EUA, 42pp.
- SEMARNAT – SE – SAGARPA – SSA (2016). Acuerdo que modifica al diverso que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de las dependencias que integran la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Secretaría de Economía - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 3 de febrero de 2016.
- SEMARNAT (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. 23 de abril de 2003.
- SEMARNAT (2007). Plan nacional de implementación del convenio de Estocolmo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F., México, 67 pp.
- SEMARNAT (2010a). Guía: manifestación de impacto ambiental regional. MIA-regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. <http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGIRA/Guia/MIARegional/MIARegional.pdf> 18/05/2017.
- SEMARNAT (2010b). Guías para la elaboración del programa para la prevención de accidentes. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. <http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGGIMAR/Guia/07-013/Gu%EDa%20del%20programa%20para%20la%20prevenci%F3n%20de%20accidentes.pdf> 18/05/2017.
- SEMARNAT (2010c). Comités locales de ayuda mutua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/26640/comites-locales-de-ayuda-mutua_2010.pdf 18/05/2017.
- SEMARNAT (2011). Informe de la subsecretaría de gestión para la protección ambiental en México 2007–2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F, México, 112 pp.
- SEMARNAT (2013). Sustancias químicas y residuos. Cooperación multilateral. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/agenda-internacional/cooperacion-multilateral> 19/05/2017.
- SEMARNAT (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013. Lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 24 de enero de 2014.
- SEMARNAT (2015a). Plan nacional de eliminación del consumo de bromuro de metilo en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. <http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/index.html> 19/05/2017.
- SEMARNAT (2015b). Estrategia nacional para la implementación del sistema globalmente armonizado. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. http://www.inecc.gob.mx/descargas/eventos/Foro_SQ/9/5_Carlos_Ayala-SGA.pdf 16/06/2017.
- SEMARNAT (2016). Guía para la presentación del estudio de riesgo. Modalidad de análisis de riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGIRA/Guia/MIAParticularRiesgo/GuiasEstudioRiesgo/g_vias_generales.pdf 21/04/2017.
- SENASICA (2016). Grupo de trabajo técnico sobre plaguicidas del TLCAN - Estrategia a 5 años TWG NAFTA 2016-2021. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [en línea]. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131178/ESTRATEGIA_5_A_OS-TWG__2016..pdf 19/05/2017.
- Sierra A., Meléndez L., Ramírez-Monroy A. y Arroyo M. (2014). La química verde y el desarrollo sustentable. *RIDE* 5 (9), 15 .
- SSA (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA1-2011. Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 6 de junio de 2012.
- SSA (2014). Norma Oficial Mexicana. NOM-004-SSA1-2013. Salud ambiental. Limitaciones y especificaciones sanitarias para el uso de los compuestos de plomo. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 2 de mayo de 2014.
- SSA (2016). Acuerdo por el que se modifica el diverso por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. 16 de mayo de 2016.

- Stockholm Convention (2016). Global monitoring plan [en línea]. [<http://chm.pops.int/Implementation/GlobalMonitoringPlan/Overview/tabid/83/Default.aspx> 11/03/2017].
- STPS (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014. Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Diario Oficial de la Federación. 28 de abril de 2014.
- STPS (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Diario Oficial de la Federación. 9 de octubre de 2015.
- Tickner J., Stober J.A. y Chesler E. (2006). Environmentally sound chemicals management. Applying precaution in the context of chemical safety. Foro. Fifth Session of the Intergovernmental Forum on Chemical Safety (FORUM V IFCS). Ginebra, Suiza. 25 a 29 de septiembre, 2006.
- UN (2011). ST/SG/AC.10/30/Rev.4. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA). United Nations. Ginebra, Suiza, 607 pp.
- UNECE (2015). About the GHS. Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS). United Nations Economic Commission for Europe [en línea]. http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html 19/05/2017.
- UNEP (2007). Strategic approach to international chemicals management. SAICM texts and resolutions of the international conference management. United Nations Environmental Program, Ginebra, Suiza, 125 pp.
- UNEP (2011). Decisión SC-5.3. Una enmienda al anexo A, aprobada por la conferencia de las partes en el convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes en su quinta reunión. C.N.703.2011. TREATIES-8. United Nations Environmental Program, Ginebra, Suiza, 1 pp.
- UNEP (2013). Cost of inaction on the sound management of chemicals. United Nations Environmental Program [en línea]. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8412> 22/05/2017.
- Van den Berg H. (2009). Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. *Environ. Health Perspect.* 117 (11), 1656-1663. DOI: 10.1289/ehp.0900785
- WHO (2008). The global burden of disease. 2004 Update. World Health Organization, Ginebra, Suiza, 160 pp.
- WHO (2010). Human health risk assessment toolkit chemical hazards. World Health Organization [en línea]. http://www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/ra_toolkit/en/ 22/05/2017.
- WHO (2013). Mercury and health fact sheet N° 361. World Health Organization [en línea]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/en/> 22/05/2017.
- WHO/FAO (2014). Report on the 8TH FAO/WHO joint meeting on pesticide management and 10TH Session of the FAO panel of experts on pesticide management. World Health Organization and Food and Agriculture Organization [en línea]. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/> 22/05/2017.
- Wick P., Malek A., Manser P., Meili D., Maeder-Althaus X., Diener L., Diener P.A., Zisch A., Krug H.F. y von Mandach U. (2010). Barrier capacity of human placenta for nanosized materials. *Environ. Health Perspect.* 118 (3), 432-436. DOI: 10.1289/ehp.0901200
- Wilson M.P. y Schwarzman M.R. (2009). Toward a new U.S. chemicals policy: rebuilding the foundation to advance new science, green chemistry, and environmental health. *Environ. Health Perspect.* 117 (8), 1202-1209. DOI: 10.1289/EHP.0800404
- Yarto M., Gavilán A. y Martínez M.A. (2004). La química verde en México. *Gaceta Ecológica* 72, 35-44.