

***En balance:* Emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte**

Volumen 16



Con un análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final

Marzo de 2023

Citar como:

CCA (2023), *En balance: emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte*, vol. 16, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 150 pp.

Esta publicación fue preparada por la Secretaría de la Comisión de Cooperación Ambiental, en colaboración con el equipo de consultoría Ambiens-Kuradzo. La información que contiene no necesariamente refleja los puntos de vista de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción de este material sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso no tenga fines comerciales y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este documento como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo “Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada”, de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2023

ISBN: 978-2-89700-313-5

Available in English – ISBN: 978-2-89700-311-1

Disponible en français – ISBN: 978-2-89700-312-8

Depósito legal – *Bibliothèque et Archives nationales du Québec*, 2023

Depósito legal – *Library and Archives Canada*, 2023

Particularidades de la publicación

Categoría del documento: En balance

Fecha de publicación: marzo de 2023

Idioma original: inglés

Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad:

Revisión final de las Partes: agosto-octubre de 2022

QA 353

Proyecto: Iniciativa RETC de América del Norte, 2023

En balance: emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte. vol. 16

Foto de portada: Centrales térmicas Kyger Creek y Cheshire, con sus estanques de cenizas de carbón, Cheshire, Ohio (abril de 2012) – iStock

Si desea más información sobre esta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental
700, rue de la Gauchetière Ouest, bureau 1620
Montreal (Quebec)
H3B 5M2, Canadá
t 514.350.4300 f 514.350.4314
info@cec.org / www.cec.org

Índice

Siglas, acrónimos y abreviaturas	5
Prefacio	7
Agradecimientos.....	9
Resumen ejecutivo.....	10
Introducción.....	12
Principales hallazgos	15
1 Panorama general de las emisiones y transferencias en América del Norte, 2014-2018.....	18
1.1 Establecimientos que declaran a los RETC de América del Norte	19
1.2 Tipos de emisiones y transferencias registradas en América del Norte	21
1.3 Principales sectores industriales y contaminantes.....	22
1.4 Comparación de los datos RETC de Canadá, Estados Unidos y México.....	25
1.5 Factores a considerar al utilizar datos RETC en la evaluación de riesgos	27
1.6 Transferencias transfronterizas de contaminantes	29
1.7 Instalaciones con los mayores volúmenes de emisiones al aire y al agua registradas, 2014-2018	31
2 Análisis especial: transferencias fuera de sitio para disposición final en América del Norte, 2014-2018	35
2.1 Introducción	35
2.2 Alcance y metodología.....	36
2.2.1 Fuentes de datos e información.....	36
2.2.2 Terminología y comparabilidad de los RETC de América del Norte.....	37
2.3 Prácticas de disposición final de residuos y sus posibles impactos.....	42
2.3.1 Prácticas de disposición final empleadas por la industria en América del Norte	42
2.3.2 Preocupaciones ambientales y de salud humana en relación con la eliminación de residuos industriales.....	49
2.3.3 Leyes, reglamentos y directrices para el manejo de residuos industriales y peligrosos.....	63
2.4 Análisis de transferencias fuera de sitio para disposición final, 2014-2018	77
2.4.1 Panorama regional	77
2.4.2 Transferencias para disposición final en América del Norte: principales contaminantes y sectores, 2014-2018	79
2.4.3 Transferencias para disposición final en Canadá.....	84
2.4.4 Transferencias para disposición final en México	93
2.4.5 Transferencias para disposición final en Estados Unidos	102
2.4.6 Transferencias transfronterizas para disposición final en América del Norte, 2014-2018.....	113

2.4.7 Seguimiento de las transferencias para disposición final, desde el origen hasta el destinatario.....	121
2.5 Producción sostenible y alternativas a la generación y eliminación de residuos industriales	124
2.5.1 Producción sostenible y el concepto de economía circular.....	125
2.5.2 El papel de la industria en la economía circular.....	129
2.5.3 El papel de los programas RETC en la economía circular.....	131
2.5.4 Ejemplos de prácticas sostenibles en la industria en América del Norte .	135
2.6 Conclusiones	141
Referencias bibliográficas	143

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ATSDR	Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>), Estados Unidos
CAA	Ley de Aire Limpio (<i>Clean Air Act</i>), Estados Unidos
CAC	contaminante atmosférico de criterio
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CCME	Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (<i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>)
CEPA	Ley Canadiense para la Protección del Medio Ambiente (<i>Canadian Environmental Protection Act</i>)
CFR	Código de Reglamentos Federales (<i>Code of Federal Regulations</i>), Estados Unidos
COA	Cédula de Operación Anual, México
Conagua	Comisión Nacional del Agua, México
COP	contaminantes orgánicos persistentes
CWA	Ley de Agua Limpia (<i>Clean Water Act</i>), Estados Unidos
DGCARETC	Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, México
DGGIMAR	Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, México
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación</i> , México
ECCC	Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (<i>Environment and Climate Change Canada</i>)
EPA	Agencia de Protección Ambiental (<i>Environmental Protection Agency</i>), Estados Unidos
EPCRA	Ley sobre Planificación de Contingencias Ambientales y Derecho a la Información (<i>Emergency Planning and Community Right-to-Know Act</i>), Estados Unidos
EU	Estados Unidos
GEI	gas de efecto invernadero
ISO	Organización Internacional de Normalización (por sus siglas en inglés)
kg	kilogramo
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, México
LPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, México
NOM	Norma Oficial Mexicana

NPDES	Programa del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (<i>National Pollutant Discharge Elimination System</i>), Estados Unidos
NPRI	Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes (<i>National Pollutant Release Inventory</i>): RETC de Canadá
ONG	organización no gubernamental
P2	prevención de la contaminación (derivado de las siglas en inglés de: <i>pollution prevention</i>)
PET	potencial de equivalencia tóxica
PTPP	plantas de tratamiento (de aguas residuales) de propiedad pública —municipal o estatal— (en Estados Unidos denominadas: <i>publicly owned treatment works</i> , POTW)
RCRA	Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos (<i>Resource Conservation and Recovery Act</i>), Estados Unidos
RETC	registro(s) de emisiones y transferencias de contaminantes (sistemas nacionales)
RETCAN	Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de América del Norte (iniciativa de la CCA)
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes: RETC de México
ROE	Informe sobre el Medio Ambiente (<i>Report on the Environment</i>), Estados Unidos
SDWA	Ley de Agua Potable Segura (<i>Safe Drinking Water Act</i>), Estados Unidos
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México
STPB	sustancia tóxica persistente y bioacumulable
TRI	Inventario de Emisiones Tóxicas (<i>Toxics Release Inventory</i>): RETC de Estados Unidos
UIC	Control de Inyección Subterránea (<i>Underground Injection Control</i>), Estados Unidos

Prefacio

Me complace presentar el decimosexto volumen del informe *En balance*, serie emblemática de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) dedicada a visibilizar datos e información sobre los contaminantes que establecimientos industriales de Canadá, Estados Unidos y México declaran a su respectivo programa nacional de registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC). Con apego al espíritu del derecho a la información, *En balance* y la iniciativa Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de América del Norte (RETCAN) de la CCA promueven un mayor acceso a los datos, así como una mejor comprensión de las cantidades, fuentes y clases de contaminantes industriales generados en la región, con el triple objetivo de sustentar la toma de decisiones informadas en materia de prevención de la contaminación; reducir los riesgos de contaminación para las comunidades vulnerables, y apoyar la justicia ambiental.

El trabajo de la CCA para fomentar el desarrollo y la comparabilidad de los registros de emisiones y transferencias de contaminantes en la región se deriva de una de las primeras resoluciones del Consejo de la CCA, con el propósito de ampliar nuestro conocimiento sobre el manejo de los contaminantes y sus posibles impactos en nuestro medio ambiente compartido y la salud de nuestras comunidades mediante el impulso de un sólido proceso participativo y asegurando un mayor acceso público a la información. Fue con ese espíritu que en 1995 se lanzó la iniciativa RETCAN. Casi tres décadas después, esta iniciativa trilateral única proporciona un foro colaborativo que apoya la compilación, armonización, intercambio e interpretación de datos sobre contaminantes industriales a escala regional, y además sirve como un modelo para otros países y regiones interesados en desarrollar sus propios sistemas RETC. Las herramientas en línea, informes y actividades de divulgación en el marco de la iniciativa ayudan a informar a las comunidades sobre los contaminantes en su entorno y respaldan los esfuerzos de gobiernos e industria a fin de mejorar el desempeño ambiental, dar seguimiento a los avances logrados y priorizar las acciones para reducir la contaminación y proteger la salud de las comunidades.

El informe de este año analiza más de cerca los contaminantes que los establecimientos industriales de América del Norte transfieren fuera de sitio para su disposición final, tanto en territorio nacional como a través de las fronteras. El análisis brinda información sobre las prácticas comunes de eliminación de residuos industriales y los riesgos que éstas conllevan, y arroja luz sobre importantes lagunas en la información persistentes en toda la región: vacíos y omisiones en la información que pueden impedir la capacidad de evaluar y responder ante eventos extremos —como inundaciones— que, además, entrañan el riesgo de movilizar nuevamente contaminantes de los sitios de disposición final y suelos contaminados. El informe también presenta alternativas a la eliminación de residuos industriales —en práctica y emergentes— que favorecen la producción sostenible y la adopción de prácticas de *economía circular*. A través de tal análisis, *En balance* muestra que los datos y la información de los RETC pueden utilizarse con el propósito de identificar oportunidades para aumentar la productividad al tiempo de reducir los residuos generados, las emisiones de contaminantes nocivos y el consumo de recursos naturales ya de por sí escasos.

La evolución en curso de los sistemas RETC en todo el mundo, con un mayor énfasis en sustancias contaminantes nuevas y prioritarias, es esencial para comprender la contaminación local y transfronteriza y sus efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana; su relevancia para el cambio climático, y sus impactos desiguales (no equitativos) en las comunidades desfavorecidas. El concepto de justicia ambiental —elemento medular de los RETC— es fundamental para nuestro trabajo en el marco de la iniciativa RETCAN. Solamente con la participación de actores clave en el intercambio de información e ideas sobre nuestro entorno común, podemos establecer y abordar de manera idónea nuestras prioridades, con miras a crear una sociedad más saludable y sostenible.

Deseo agradecer a todas las personas que han contribuido a la evolución de esta importante iniciativa a lo largo de los años, incluidos Orlando Cabrera, Danielle Vallée y los demás integrantes de la unidad *Calidad ambiental* de la CCA, así como todos los representantes de organizaciones no gubernamentales, gobiernos, la industria y la sociedad civil que, mediante sus esfuerzos para rastrear y monitorear los contaminantes y mejorar el desempeño ambiental de la industria, han contribuido a la consecución de nuestro objetivo colectivo de comprender y abordar la problemática de la contaminación en toda la región, en apoyo a un medio ambiente sano. Confío en que nuestra colaboración continuará y agradezco cualquier sugerencia sobre cómo podemos seguir mejorando la iniciativa Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de América del Norte en beneficio de nuestro medio ambiente compartido.



Jorge Daniel Taillant
Director ejecutivo

Agradecimientos

Este informe fue posible gracias a los esfuerzos de la Unidad de Calidad Ambiental de la CCA, en particular Orlando Cabrera, Danielle Vallée, Dominique Croteau, Elizabeth Campos Sánchez, y Natalia Restrepo Velez. Los análisis de datos y antecedentes se desarrollaron en colaboración con el equipo consultor de Ambiens-Kuradzo integrado por Erick Felipe Jiménez, Ramón Carlos Torres, Luis Sánchez Cataño, Ruth Carmina Monje Sotelo, Víctor Gutiérrez Avedoy y Nora López.

La CCA también reconoce con gratitud el trabajo de los traductores de los idiomas francés y español, con un agradecimiento especial a Jacqueline Fortson, editora general en español de la CCA, por su diligencia y el tiempo adicional que dedicó a garantizar la precisión y la integridad de la publicación.

La CCA también desea agradecer a los representantes de los programas de registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) de América del Norte por brindar asesoramiento y retroalimentación sobre el informe. Incluyen, del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes (NPRI) de Canadá: Pascal Roberge, Joliane Lavigne, Tristan Lecompte, Déric Poirier y Jody Rosenberger; del Inventario de Emisiones Tóxicas (TRI) de los Estados Unidos: Sandra Gaona y Steve DeVito; y del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de México: Ernesto Navarro, Isabel Jiménez y Fidel Núñez.

Finalmente, por su invaluable apoyo al sitio web y la base de datos *En balance en línea*, sin los cuales los análisis para este informe serían imposibles, la CCA desea reconocer a Pangaea Information Technologies, Ltd, y Cezar Anghel, gerente de TI de la CCA. La CCA también agradece la creatividad y la atención al detalle de Mireille Pasos, consultora del sitio web de la CCA, quien produjo la versión en línea del informe.

Resumen ejecutivo

El presente volumen del informe *En balance* reúne datos e información sobre los contaminantes declarados entre 2014 y 2018 por las instalaciones industriales de América del Norte a los programas nacionales de registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) de la región: el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes (*National Pollutant Release Inventory*, NPRI) de Canadá, el Inventario de Emisiones Tóxicas (*Toxics Release Inventory*, TRI) de Estados Unidos y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de México. Los objetivos de esta publicación son sensibilizar y mejorar el conocimiento de las fuentes, tipos y manejo de contaminantes industriales en América del Norte, en apoyo a la toma de decisiones informadas para prevenir la contaminación e impulsar la sostenibilidad.

Los datos de los RETC de América del Norte muestran que las emisiones y transferencias totales registradas por los establecimientos de toda la región aumentaron de más de 5,100 millones de kilogramos (kg) en 2014 a casi 5,300 millones de kg en 2018. Las emisiones o disposición final al suelo en sitio, junto con las transferencias fuera de sitio para reciclaje, representaron aproximadamente dos tercios de los totales anuales, mientras que las emisiones al aire y al agua representaron aproximadamente el 7% y el 4%, respectivamente.

El informe presenta un análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final, subconjunto de datos RETC que hasta la fecha ha recibido poca atención, pero acerca del cual los grupos de interés de toda la región han expresado inquietudes. Las preocupaciones planteadas —más recientemente, durante una reunión pública de la iniciativa Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de América del Norte (RETCAN) de la CCA— se relacionan con los impactos potenciales de ciertas prácticas de disposición final o eliminación de residuos industriales y la falta de información al respecto, sobre todo cuando en el proceso intervienen terceras partes, con la consecuente transferencia de responsabilidad.

Este análisis busca abordar las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué tipos y cantidades de contaminantes envían las instalaciones industriales para su disposición fuera de sitio, incluso a través de las fronteras nacionales?
- 2) ¿Cuáles son los posibles impactos ambientales y para la salud humana asociados con las diferentes prácticas de eliminación o disposición final?
- 3) ¿Qué problemas se asocian con la transferencia a contratistas externos de la responsabilidad de la eliminación de residuos fuera de sitio?
- 4) ¿Son suficientes las leyes y reglamentos existentes para limitar los posibles impactos negativos de la eliminación de residuos?
- 5) ¿Cuáles son las alternativas existentes y emergentes a las prácticas actuales de generación y eliminación de residuos?

Los datos muestran que, entre 2014 y 2018, aproximadamente 11,000 establecimientos de América del Norte informaron transferencias anuales para disposición final que oscilan entre 310 millones de kg y 344 millones de kg, representando alrededor del 6% de las emisiones y transferencias totales. De las seis categorías de transferencias para disposición final examinadas en este informe, las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales ocuparon el primer lugar (disminuyendo un 15% durante cinco años), seguidas por la inyección

subterránea. Las transferencias para aplicación en suelos, que ocuparon el quinto lugar, experimentaron un aumento del 40% durante este período.

Diez sectores industriales y el mismo número de contaminantes (o grupos de contaminantes) representaron al menos dos tercios de las transferencias totales para disposición final cada año. Muchos de estos sectores con mayores volúmenes registrados (por ejemplo, minería de minerales metálicos, industria básica del hierro y del acero, fabricación de productos químicos básicos, extracción de petróleo y gas, y manejo residuos y servicios de remediación) son comunes a los tres países; sin embargo, debido en gran parte a las diferencias en los requisitos de registro de los RETC nacionales, se observan vacíos importantes en el panorama regional para tales sectores y algunos de los contaminantes asociados, con potencial de afectar negativamente la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

El análisis especial proporciona información sobre las leyes y reglamentos que rigen la eliminación de residuos industriales y peligrosos en cada país, y aporta ejemplos de los riesgos asociados con las prácticas de eliminación declaradas por los establecimientos de América del Norte. Se destaca también la dificultad de rastrear los contaminantes desde su punto de origen hasta su eliminación o disposición final, debido a las diferencias fundamentales entre los tres programas RETC nacionales en cuanto a terminología, definiciones y umbrales, lo cual se suma al reto que supone la responsabilidad compartida que implica la implementación de la reglamentación aplicable y el monitoreo de los residuos en toda la región. Los datos sobre transferencias transfronterizas para disposición final subrayan la necesidad de una mayor coordinación entre las dependencias pertinentes, así como la importancia del acceso a información más completa y confiable sobre las fuentes y los destinatarios (instalaciones receptoras) de estas transferencias. Tales cuestiones son medulares en el esfuerzo cooperativo en curso entre la CCA y los RETC de Canadá, Estados Unidos y México, cuyo objetivo es mejorar la comparabilidad, calidad y exhaustividad de los datos para la región.

Además de destacar la importancia de los RETC para dar seguimiento a los contaminantes, la discusión en torno a las alternativas a la generación y eliminación de residuos aporta información sobre prácticas que favorecen una economía circular y ejemplos de su utilización en la industria de los tres países. Así, el presente informe muestra que los RETC pueden servir también como herramientas para fomentar la sostenibilidad, y destaca el papel de los gobiernos en apoyo del cambio de un modelo de producción lineal a otro que enfatice la reutilización, el reciclaje y la valoración de los materiales en los procesos industriales. De esta manera, *En balance* respalda un objetivo clave de la iniciativa RETCAN: fomentar reducciones en la contaminación industrial y apoyar la integración de los datos RETC de los tres países en un marco general para el manejo de contaminantes en toda la región.

Introducción

La serie de informes *En balance*, de la iniciativa Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de América del Norte (RETCAN) de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), tiene como principal objetivo difundir y promover el acceso a datos e información sobre las sustancias contaminantes emitidas y transferidas por los establecimientos industriales en América del Norte, y con ello mejorar el conocimiento de las fuentes y la gestión de contaminantes de preocupación común en la región, al tiempo de sustentar decisiones relacionadas con la prevención de la contaminación y con la sostenibilidad.

En balance se basa principalmente en los datos disponibles públicamente a través de los tres sistemas nacionales de registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) de América del Norte:

- Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes (*National Pollutant Release Inventory, NPRI*) de Canadá;
- Inventario de Emisiones Tóxicas (*Toxics Release Inventory, TRI*) de Estados Unidos, y
- Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (*RETC*) de México.

Una función importante del informe *En balance* es explorar aspectos de los datos RETC de América del Norte que son de interés o preocupación para actores e interesados directos y que merecen un examen más detallado. A través de análisis que se complementan con fuentes adicionales de información, *En balance* agrega valor a los datos RETC y brinda un contexto importante para mejorar nuestro entendimiento acerca del alcance y la naturaleza de las emisiones y transferencias de las instalaciones industriales en los tres países; los riesgos asociados con los contaminantes registrados, y los avances y desafíos relacionados con la sostenibilidad industrial en el subcontinente.

En la reunión pública de la iniciativa RETCAN celebrada en Montreal en febrero de 2020, varios participantes expresaron su preocupación por la falta de claridad en relación con las transferencias fuera de sitio para disposición final registradas. Los principales asuntos identificados se refirieron a la incertidumbre en torno a la naturaleza exacta y posibles impactos de algunas prácticas de eliminación o disposición final de residuos industriales, así como a la falta de información sobre el destino final de los contaminantes transferidos a terceras partes para su disposición final fuera de sitio, procedimiento que suele implicar una transferencia de responsabilidad en cuanto al manejo de los contaminantes en cuestión. Los comentarios recibidos durante la reunión, así como las discusiones adicionales con representantes de los tres programas nacionales RETC y una revisión inicial de los datos, llevaron a la decisión de incluir en el presente volumen del informe *En balance* un análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final.

Este análisis busca abordar las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué tipos y cantidades de contaminantes envían las instalaciones industriales para su eliminación o disposición final fuera de sitio, incluso a través de las fronteras nacionales?
- 2) ¿Cuáles son los posibles impactos ambientales y para la salud humana asociados con las diferentes prácticas de eliminación o disposición final?

- 3) ¿Qué problemas se asocian con la transferencia de responsabilidad a contratistas externos que tiene lugar con la eliminación o disposición de residuos fuera de sitio?
- 4) ¿Son suficientes las leyes y reglamentos existentes para limitar los posibles impactos negativos de la eliminación de residuos?
- 5) ¿Cuáles son las alternativas existentes y emergentes a las prácticas actuales de generación y eliminación de residuos?

Organización y alcance de este informe

El presente volumen de la serie *En balance* consta de dos capítulos:

- El **capítulo 1** presenta un panorama general de las emisiones y transferencias declaradas por los establecimientos de América del Norte a los tres programas RETC de la región desde 2014 hasta 2018, por tipo de emisión o transferencia, sector industrial y contaminante.
- El **capítulo 2** presenta un análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final registradas entre 2014 y 2018. También detalla las diversas prácticas de eliminación o disposición empleadas por las instalaciones en la región; los riesgos asociados con tales prácticas, y las leyes y reglamentos pertinentes en vigor en cada uno de los tres países. El último apartado brinda información sobre alternativas a la generación y la disposición de residuos industriales con las cuales atender el desafío de una gestión responsable de los residuos, inextricablemente ligado a los actuales modelos sociales de producción y consumo.

El informe se basa en datos disponibles públicamente sobre emisiones y transferencias de más de 500 contaminantes registrados por aproximadamente 23,500 instalaciones industriales de Canadá, Estados Unidos y México en los respectivos RETC nacionales entre 2014 y 2018. Estos datos han sido compilados, armonizados (para efectos de comparabilidad) y publicados por la CCA a través del sitio web [En balance en línea](#) y su base de datos de libre consulta. Los lectores pueden encontrar más información sobre la comparabilidad de los datos de América del Norte, junto con los factores que deben tenerse en cuenta al evaluar el riesgo de los contaminantes, en los apartados 1.4 y 1.5 de este informe y también en la sección “[Comprensión de En balance](#)” del portal.

Es común que, tras la realización de revisiones de control y aseguramiento de la calidad y de correcciones por parte de los establecimientos industriales mismos, los programas nacionales publiquen actualizaciones de los datos anuales sobre emisiones y transferencias de contaminantes. Por ello, los datos de *En balance en línea* también se actualizan periódicamente a fin de incorporar tales ajustes y correcciones. En los casos en que ciertos datos comprendidos en el análisis del presente informe se reconocen como errores de registro que aún es necesario revisar, se incluye la correspondiente advertencia para el lector. Los datos empleados para los análisis de este volumen de *En balance* se obtuvieron a partir de los conjuntos de datos del NPRI, el TRI y el RETC de marzo de 2021, septiembre de 2020 y febrero de 2020, respectivamente.

¿Qué es un registro de emisiones y transferencias de contaminantes?

Los registros de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) contienen datos recabados anualmente, a escala nacional, sobre los volúmenes de contaminantes liberados en sitio al aire, el agua y el suelo; inyectados al subsuelo o dispuestos (eliminados) en el suelo, y transferidos fuera de sitio para su eliminación o disposición final, reciclaje, tratamiento u otra forma de manejo de residuos. Los RETC constituyen una herramienta innovadora que tiene diversos propósitos: al permitir el rastreo de sustancias químicas específicas, ayudan a industria, gobiernos y ciudadanos a determinar la mejor manera de disminuir las emisiones y transferencias de esas sustancias, con lo que contribuyen a un uso más responsable de las mismas, al tiempo de prevenir la contaminación y reducir la generación de residuos; las empresas usan los datos a efecto de dar a conocer su desempeño ambiental e identificar oportunidades para reducir y prevenir la contaminación; los gobiernos los utilizan con el propósito de orientar sus prioridades o planes nacionales y evaluar los resultados, y las comunidades, organizaciones no gubernamentales y ciudadanía en general pueden consultarlos para mejorar su comprensión de las fuentes y el manejo de los contaminantes, al igual que emplearlos como apoyo para entablar un diálogo con instalaciones industriales y autoridades públicas.

Los RETC recopilan datos sobre contaminantes individuales, y no sobre el volumen global de residuos conformados por mezclas de sustancias, por lo que permiten dar seguimiento a las emisiones y transferencias de las sustancias químicas de manera individual. Los informes por planta o establecimiento industrial son esenciales para ubicar la fuente de las emisiones y quién o qué las genera. Buena parte de la fortaleza de los RETC radica en la divulgación o difusión pública de los datos —ya sea desglosados o forma sintética— entre una amplia gama de usuarios. La disponibilidad pública de los datos organizados específicamente por contaminante y por establecimiento permite a personas y grupos interesados identificar las fuentes de emisiones industriales en su localidad, además de facilitar análisis regionales y de otra índole con base en criterios geográficos.

Figura 1. Categorías de emisiones y transferencias utilizadas en *En balance*



*** La categoría “Transferencias para disposición final” incluye las siguientes seis subcategorías:**

1. a relleno sanitario o embalse superficial
2. para inyección subterránea
3. para aplicación en suelos
4. para estabilización o tratamiento previo a la disposición final
5. a almacenamiento previo a la disposición final
6. para otro tipo de disposición final

**** La categoría “Transferencias para otro modo de gestión” incluye las siguientes tres subcategorías:**

1. para tratamiento
2. para alcantarillado/tratamiento
3. para recuperación de energía

Principales hallazgos

Los establecimientos industriales de América del Norte registraron emisiones y transferencias de contaminantes por un total de 5,294,180,684 kilogramos (kg) en 2018, lo que significa un aumento de alrededor de 3% con respecto al volumen registrado en 2014. Las instalaciones de Estados Unidos, que superaron ampliamente en número a las de los otros dos países, representaron alrededor del 63% del monto total registrado cada año, en tanto que las instalaciones canadienses dieron cuenta de casi 36% del total. Si bien menos del 1% del total de América del Norte corresponde a México, las cantidades registradas por los establecimientos en este país aumentaron casi 74% entre 2014 y 2018, en gran medida debido a un cambio en los requisitos de registro del *RETC* en 2014 que supuso una expansión a 200 contaminantes en la lista de sustancias sujetas a la presentación de informes. Como resultado, el número de plantas industriales que declararon en México aumentó en 25%, con 26 nuevas sustancias registradas durante este periodo.

Casi dos tercios del total de las emisiones y transferencias registradas para América del Norte entre 2014 y 2018 corresponden a dos categorías en conjunto: emisiones o disposición al suelo en sitio y transferencias fuera de sitio para reciclaje, en tanto que las emisiones en sitio al aire y al agua aportaron entre 7 y 4 por ciento, respectivamente. En conjunto, quince sectores industriales sumaron aproximadamente 80% del total regional, y el sector de minería de minerales metálicos por sí solo dio cuenta de alrededor de un tercio. Otras industrias con mayores volúmenes registrados incluyeron la industria básica del hierro y del acero, la fabricación de productos químicos básicos, la extracción de petróleo y gas, y el manejo de residuos.

En lo concerniente a los contaminantes (o grupos de contaminantes) notificados por las instalaciones de América del Norte durante el periodo de estudio, cabe observar que aproximadamente 88% de las emisiones y transferencias totales cada año corresponden a tan sólo veinte sustancias de entre un total de 538 registradas. Cinco de estos contaminantes (compuestos de zinc, manganeso, plomo y cobre, junto con ácido nítrico y compuestos nitrados) representaron, en conjunto, alrededor de 45% de los totales anuales. Algunos se transfirieron a través de las fronteras nacionales durante el periodo en cuestión. De los casi 200 millones de kg objeto de transferencia transfronteriza cada año, al menos 75% correspondió a transferencias de ácido sulfúrico desde instalaciones canadienses de fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón hacia Estados Unidos, para su reciclaje.

El análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final muestra que, de 2014 a 2018, los establecimientos de América del Norte transfirieron aproximadamente 335 millones de kg de contaminantes para eliminación o disposición final cada año, lo que representa alrededor del 6% de las emisiones y transferencias anuales totales. En México, sin embargo, las transferencias para disposición final representaron una mayor proporción del total, sumando el 12% en 2014 y aumentando a 34% en 2018. El número de establecimientos que dieron cuenta de dichas transferencias se mantuvo bastante constante durante este periodo, con alrededor de 11,000 en total.

La categoría “transferencias fuera de sitio para disposición final” de *En balance* abarca una amplia variedad de prácticas empleadas por las plantas industriales de América del Norte y representa el mejor intento de armonizar los campos de registro, la terminología y las definiciones de tres sistemas *RETC* diferentes entre sí, a fin de obtener el panorama con mayor

grado de comparabilidad de las transferencias para disposición final en la región. Ahora bien, se recuerda al lector que la terminología utilizada en este informe es exclusiva de *En balance* y que las disimilitudes entre los RETC de los tres países tienen un impacto en nuestra comprensión de los datos.

De las seis categorías de transferencias fuera de sitio para disposición final, las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales dieron cuenta de alrededor de 155 millones de kg, o 46% del total en 2018 (una disminución de alrededor de 15% con respecto a 2014). Las transferencias para inyección subterránea representaron del 17 a 20 por ciento de los totales anuales, seguidas de las transferencias para estabilización o tratamiento previo a la disposición final (que aumentó 30% durante este periodo). Las transferencias para “otro tipo de disposición final (desconocida)” ocuparon el cuarto lugar, con entre 24 millones y casi 35 millones de kg cada año. Las transferencias para aplicación en suelos (que aumentaron en más de 40% durante este periodo) quedaron en quinto lugar, seguidas solamente por las transferencias para almacenamiento previo a la disposición final, en último lugar.

Aproximadamente diez sectores industriales, incluidos la minería de minerales metálicos, la industria básica del hierro y del acero, la fabricación de productos químicos básicos, la extracción de petróleo y gas, y el manejo residuos, contribuyeron con al menos dos tercios de las transferencias para disposición final cada año. De manera similar, diez contaminantes (o grupos de contaminantes), incluidos zinc, manganeso, plomo y cobre (y sus compuestos), al igual que ácido nítrico y compuestos nitrados, representaron alrededor de dos tercios de los totales anuales.

Este análisis proporciona ejemplos recientes de los riesgos asociados con las prácticas de gestión de contaminantes de las instalaciones industriales de América del Norte y destaca tanto la importancia como la dificultad de su rastreo desde el punto de origen hasta su eliminación o disposición final. Los desafíos se relacionan con las principales diferencias en la terminología y las respectivas definiciones de los tres programas, así como las lagunas en los detalles proporcionados por los establecimientos, particularmente en los registros correspondientes a la categoría “otro tipo de disposición final” y a transferencias transfronterizas de contaminantes. En algunos casos, la responsabilidad compartida en cuanto a la implementación de la normativa aplicable y el monitoreo de ciertos tipos de residuos indica la necesidad de una mayor coordinación entre las dependencias y la importancia del acceso a información más completa sobre el manejo de los contaminantes, con especificación de las instalaciones receptoras.

Además de brindar ejemplos de iniciativas emprendidas por empresas en América del Norte y en todo el mundo, el examen de alternativas a la generación y eliminación de contaminantes industriales muestra que los programas RETC pueden servir como herramientas importantes para apoyar la producción sostenible y minimizar la generación de residuos: por ejemplo, exigiendo un mayor nivel de detalle respecto a los esfuerzos de prevención de la contaminación por parte de las plantas industriales sujetas a registro, información que a su vez podría ser utilizada por la industria y los gobiernos para comprender mejor las necesidades y los desafíos que enfrentan los establecimientos en toda la región.

El presente informe también destaca la necesidad de abordar lagunas en la información que afectan nuestra capacidad para rastrear los contaminantes industriales en toda la región. Entre las causas de tales vacíos y omisiones en los datos se incluyen las diferencias en los requisitos

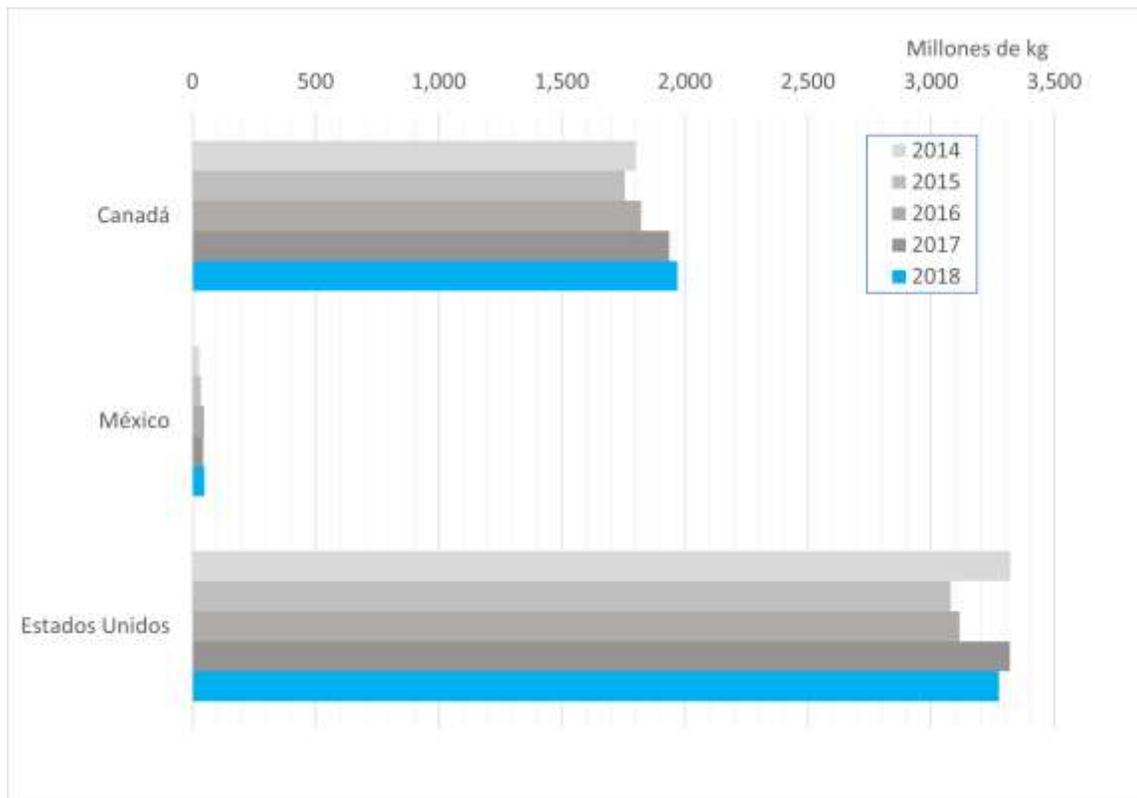
de registro de los tres RETC nacionales para ciertas prácticas de disposición final y para algunos de los principales¹ sectores y contaminantes asociados (por ejemplo, extracción de petróleo y gas, y plantas de tratamiento de aguas residuales; compuestos de zinc, bario y manganeso), así como también las deficiencias en la calidad de los datos (por ejemplo, el registro de códigos sectoriales de clasificación industrial erróneos). A través de la colaboración continua con los tres programas RETC, la CCA está trabajando para abordar estos problemas y, con ello, mejorar el acceso y la comprensión de los datos y la información de los registros de emisiones y transferencias de contaminantes en toda la región.

¹ El uso del término “principal” en este informe se refiere a aquellas instalaciones, sectores o contaminantes con los volúmenes o cantidades más altas de emisiones y transferencias, según lo registrado en los respectivos RETC nacionales. Se recuerda a los lectores que los datos RETC de América del Norte no cubren todas las instalaciones, sectores y contaminantes de la región.

1 Panorama general de las emisiones y transferencias en América del Norte, 2014-2018

Los establecimientos industriales de América del Norte registraron emisiones y transferencias de contaminantes por un total de 5,294,180,684 kilogramos (kg) en 2018, lo que representa un aumento de alrededor de 3% respecto de los 5,149,514,183 kg registrados en 2014. La **figura 2** presenta datos globales para las categorías de emisiones y transferencias de que consta la base de datos *En balance en línea* (descritas en la figura 1): emisiones en sitio al aire, al agua y al suelo (incluidas operaciones de eliminación); inyección subterránea en sitio, y transferencias fuera de sitio para reciclaje, alcantarillado, tratamiento, recuperación de energía y disposición final.

Figura 2. Emisiones y transferencias registradas en los países de América del Norte, 2014-2018



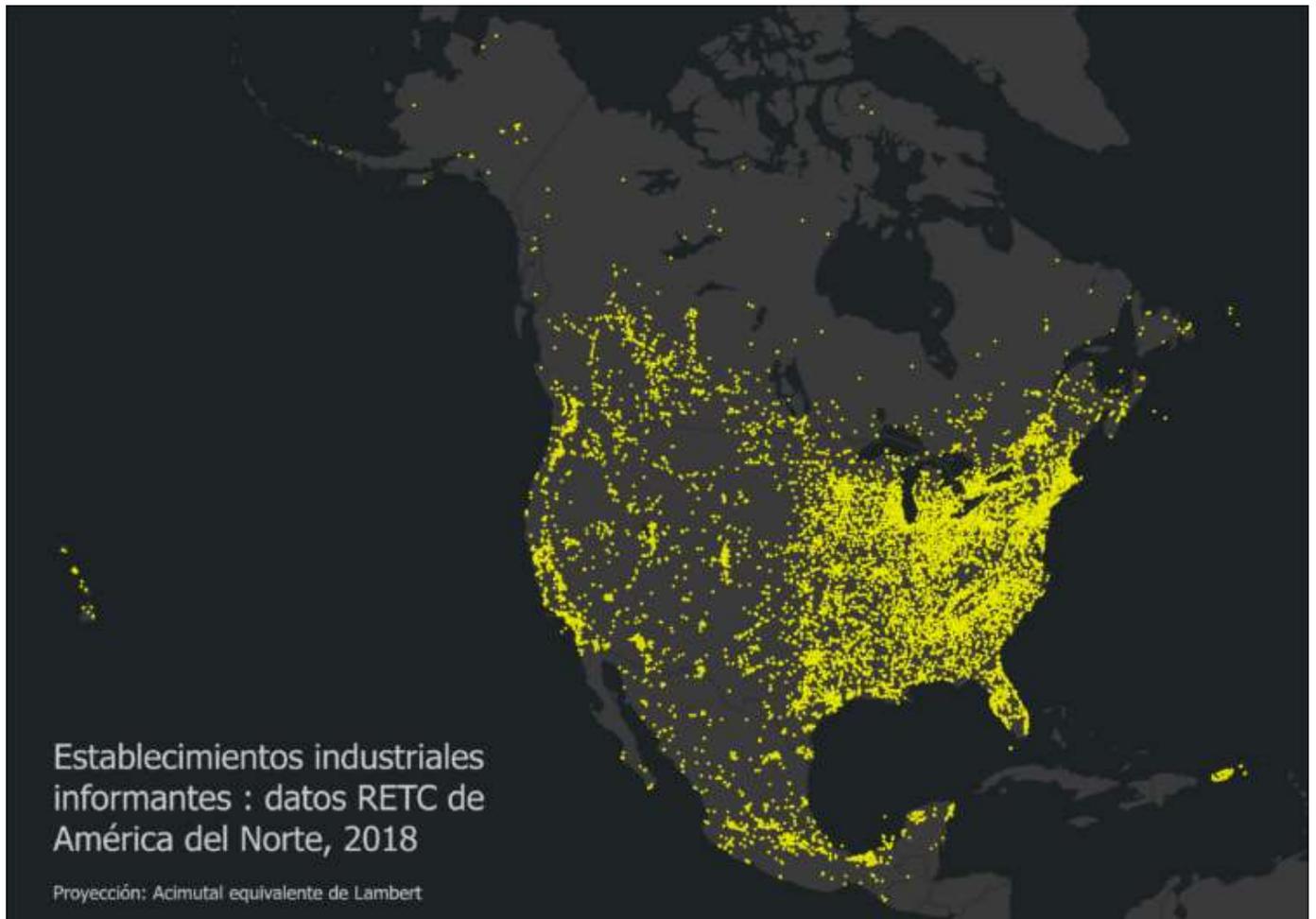
Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

Esta figura también muestra, para cada año analizado, la contribución relativa de cada país al total de América del Norte. Los datos revelan que los establecimientos de Estados Unidos —cuyo número supera con mucho al de los otros dos países (véase la **figura 4**)— dieron cuenta de entre 62 y 64 por ciento del volumen total registrado cada año, en tanto que entre 35 y 37 por ciento del total correspondió a las instalaciones canadienses. Si bien las emisiones y transferencias registradas en México representan menos del 1% del total de América del Norte, las cantidades declaradas por las instalaciones de este país aumentaron casi 74% en el periodo (de poco más de 28 millones de kg en 2014 a casi 49 millones en 2018).

1.1 Establecimientos que declaran a los RETC de América del Norte

La **figura 3** muestra la distribución de las instalaciones industriales que registraron emisiones y transferencias de contaminantes en los tres programas RETC durante 2018.²

Figura 3. Establecimientos industriales incluidos en los RETC de América del Norte, 2018



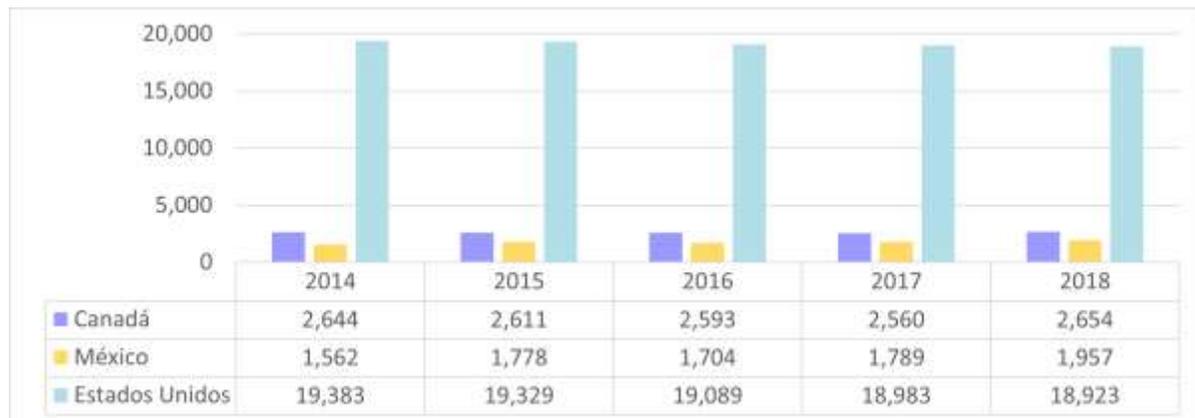
Nota: El mapa muestra casi 30,000 establecimientos que declaran a los sistemas RETC en América del Norte. Sin embargo, es importante observar que una gran cantidad de establecimientos de Canadá y México no están incluidos en la base de datos *En balance en línea* debido a las divergencias en los requisitos de registro nacionales para gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos de criterio. Se recuerda a los lectores que al hacer interpretaciones de los datos RETC de América del Norte es preciso tomar en consideración las diferencias entre los requisitos de registro de los tres países.

² El año del registro 2018 se seleccionó para ilustrar las ubicaciones de los establecimientos que informaron recientemente. Cada año, cierto número de plantas industriales en cada país registran cero emisiones o transferencias (por ejemplo, si no alcanzan los umbrales de notificación de determinado contaminante). En ese sentido, es importante tener en consideración que las instalaciones incluidas en los análisis de datos del presente informe son aquellas que registraron al menos 0.0001 kg en emisiones y transferencias totales.

Si bien todos los establecimientos que declararon a los tres programas RETC nacionales en 2018 se ilustran en este mapa, más de la mitad de las plantas industriales que lo hicieron en Canadá (NPRI) y casi un tercio de las que lo hicieron en México (RETC) no están incluidas en este informe ni en la base de datos *En balance en línea* puesto que únicamente registraron emisiones de contaminantes atmosféricos de criterio (CAC) o de gases de efecto invernadero (GEI), dos grupos de contaminantes para los cuales los requisitos de registro de los tres países difieren. Como se explica en la sección [Comprensión de En balance](#), del portal *En balance en línea*, cada programa de registro de emisiones y transferencias de contaminantes tiene una lista única de sustancias sujetas a registro: el NPRI de Canadá incluye más de 320; el TRI de Estados Unidos, más de 700, y el *RETC* de México, 200. Aproximadamente 70 contaminantes (o grupos de contaminantes) son comunes a los tres países.

La **figura 4** muestra el cambio en el número de instalaciones en América del Norte que presentaron registros entre 2014 y 2018. Revela que el número de instalaciones en Canadá y Estados Unidos no cambió significativamente durante este periodo.

Figura 4. Número de establecimientos incluidos en los RETC de América del Norte, 2014-2018



Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

En México, sin embargo, el número de instalaciones que presentaron informes al *RETC* aumentó casi 25%, al pasar de 1,562 en 2014 a 1,957 en 2018. Una de las razones de este aumento parece ser el cambio en los requisitos de registro del *RETC* en vigor a partir de 2014, cuando la lista de sustancias sujetas a notificación se amplió a 200 contaminantes (de los 104 originales). Como se muestra en el **cuadro 1**, las emisiones y transferencias totales registradas por plantas industriales mexicanas para 26 de estas nuevas sustancias entre 2014 y 2018 sumaron entre 2 millones y más de 12 millones de kg cada año. Más de 90% de los totales anuales correspondió al tolueno y los xilenos, sustancias registradas por establecimientos en un amplio número de sectores (por ejemplo, fabricación de productos de hule, fabricación de piezas de vehículos motorizados, fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos, fabricación de productos químicos básicos).

Cuadro 1. Emisiones y transferencias de nuevos contaminantes sujetos a registro en el RETC de México, 2014-2018

Nombre del contaminante	Común a los tres RETC	Emisiones y transferencias totales (kg)				
		2014	2015	2016	2017	2018
Tolueno	X	1,198,036	5,113,348	5,262,789	5,892,912	2,535,547
Xileno (mezcla de isómeros)	X	782,842	862,914	1,170,970	1,889,103	2,307,110
Cobre (y compuestos)	X	19,278	119,258	17,314	4,561,257	144,246
Diisocianatos	X	58,846	40,111	42,864	38,949	85,047
Azida de sodio		0	0	0	1,477	56,057
Acetato de vinilo	X	31,702	11,378	16,661	17,466	19,671
Cumeno	X	3,480	1,201	58,248	18,529	16,823
Cloroacetato de etilo		0	0	0	0	12,000
Fosfato de tris(metilfenilo)		8,855	3,523	3,157	2,314	9,965
Benzo(b)fluoranteno		5,299	0	5,124	10	6,425
Clorpirifos		577	1,248	505	2,642	4,704
Óxido de etileno	X	900	900	900	900	4,034
Acenafteno		0	0	0	0	1,650
4,4'metileno-bis (2-cloroanilina) (MBOCA)	X	0	0	0	1,100	1,550
Ácido sulfónico de perfluorooctano y sus sales		0	0	0	0	500
Ácido cianhídrico	X	9,380	9,100	483	0	214
Clorotalonil		400	636	171	375	181
Clorhexidina		0	0	0	0	100
Benzo(a)pireno		0	16	15	25	14
Benzo(a)antraceno		0	11	10	20	9
Indeno (1,2,3-c,d)pireno		0	0	0	5	0
Benzo(k)fluoranteno		0	0	0	10	0
Fosfato de tris(2,3-dibromopropilo)		0	3,523	0	0	0
Antimonio (y compuestos)	X	0	1,187	504	3,191	0
Monocrotofos		0	0	0	1,761	0
Plata (y compuestos)	X	24,620	21,582	24,100	31,230	0
Total, 26 contaminantes		2,144,214	6,189,936	6,603,815	12,463,275	5,205,848

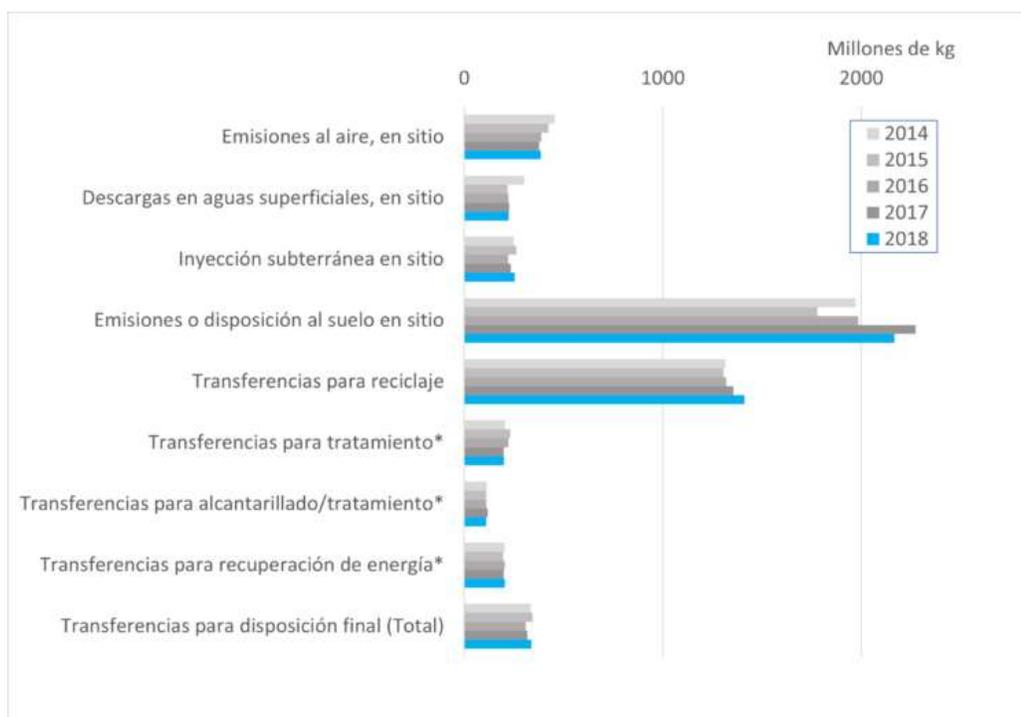
1.2 Tipos de emisiones y transferencias registradas en América del Norte

La **figura 5** presenta las diferentes emisiones y transferencias registradas durante el periodo 2014-2018.³ Se muestra que las proporciones más grandes correspondieron a las emisiones o disposición al suelo en sitio, que en general aumentaron durante este periodo. Tales emisiones representaron entre 38 y 43 por ciento de las emisiones y transferencias totales cada año, en tanto que las emisiones al aire representaron aproximadamente 7% del total de 2018 (en comparación con alrededor de 9% en 2014) y las emisiones al agua alrededor de 4% del total cada año (excepto en 2014).

En cuanto a las transferencias fuera de sitio, el reciclaje representó la mayor proporción (aproximadamente 26%) de las emisiones y transferencias totales cada año, en tanto que las transferencias para disposición final —que se examinan con mayor detalle en el análisis especial de este informe (capítulo 2)— representaron aproximadamente 6% del total cada año.

³ Es importante tener en mente que los datos RETC de América del Norte *no* cubren todas las instalaciones, sectores y contaminantes de la región.

Figura 5. Emisiones y transferencias por tipo en América del Norte, 2014-2018



* Nota sobre la metodología de *En balance*: Los datos correspondientes a metales transferidos fuera de sitio y registrados por las instalaciones industriales en las categorías de transferencias para tratamiento, al alcantarillado y para recuperación de energía se colocan en la categoría general ‘transferencias fuera de sitio para disposición final’ (véase [Comprensión de En balance](#)).

1.3 Principales sectores industriales y contaminantes

La **figura 6** muestra los quince sectores industriales que registraron las mayores proporciones de emisiones y transferencias entre 2014 y 2018: en conjunto, dieron cuenta de aproximadamente 80% del total cada año.⁴ Se observa que el sector de la minería metálica destaca entre todos los demás, con entre 35 y 50 por ciento del total de América del Norte para el periodo analizado. Las emisiones y transferencias registradas por la mayoría de estos quince sectores principales fueron relativamente uniformes durante el periodo en cuestión, con la excepción de dos sectores:

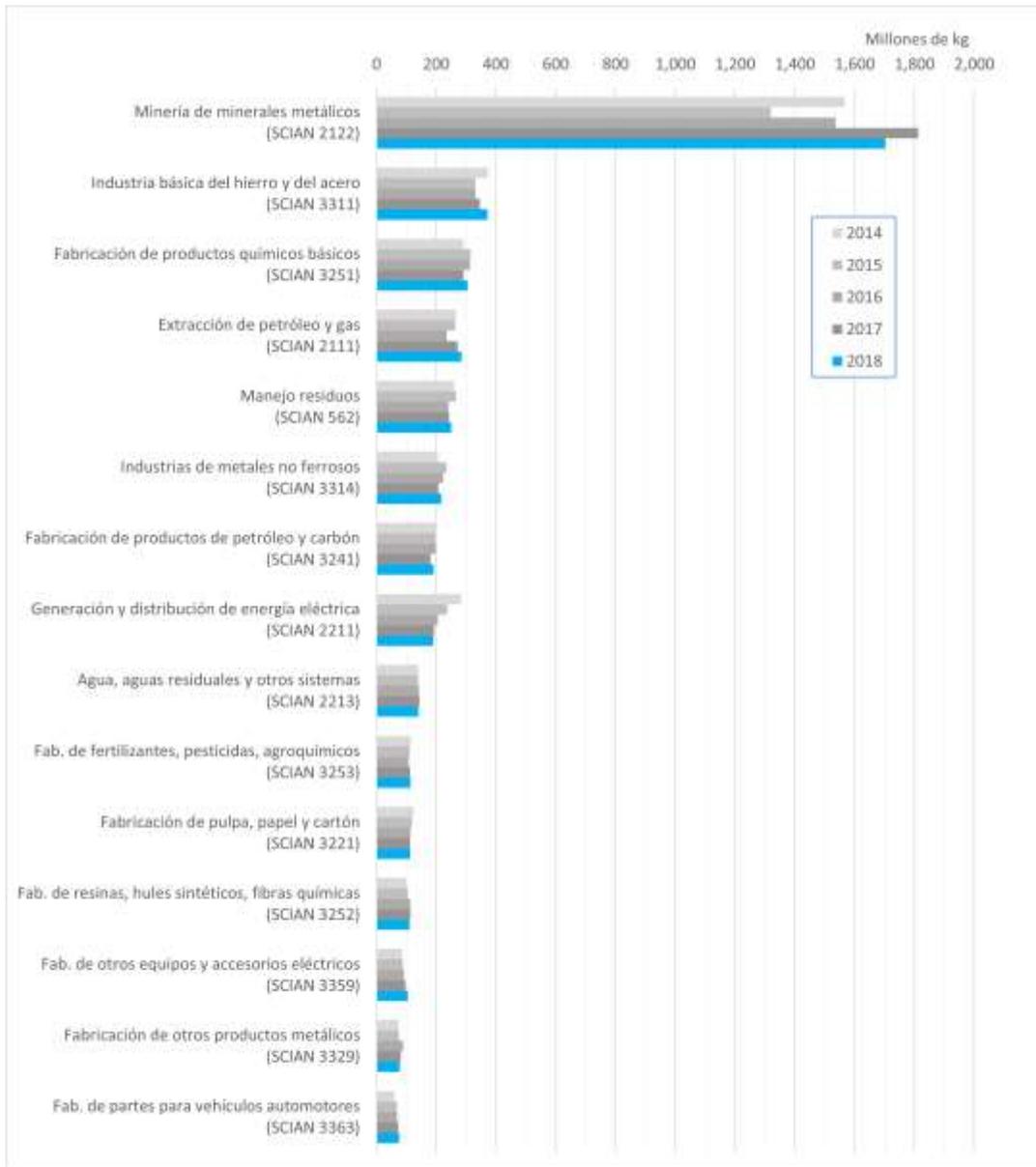
- **Minería de minerales metálicos (SCIAN 2122).** Las instalaciones mineras de oro y plata mexicanas impulsaron un significativo aumento (más de 2,000%) de las

⁴ Como se explica en [Comprensión de En balance](#), las instalaciones de América del Norte se clasifican de acuerdo con los códigos del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). En este capítulo, los sectores se presentan en el nivel SCIAN-4, con excepción del sector SCIAN 562 “Manejo de residuos y servicios de remediación” (o simplemente, *sector de manejo de residuos*), debido a las diferencias entre los tres países en los códigos SCIAN de cuatro dígitos utilizados para representar actividades específicas de instalaciones pertenecientes a dicho sector.

emisiones y transferencias registradas en ese país durante el periodo, al pasar de menos de un millón de kg en 2014 a casi 13 millones de kg en 2018.

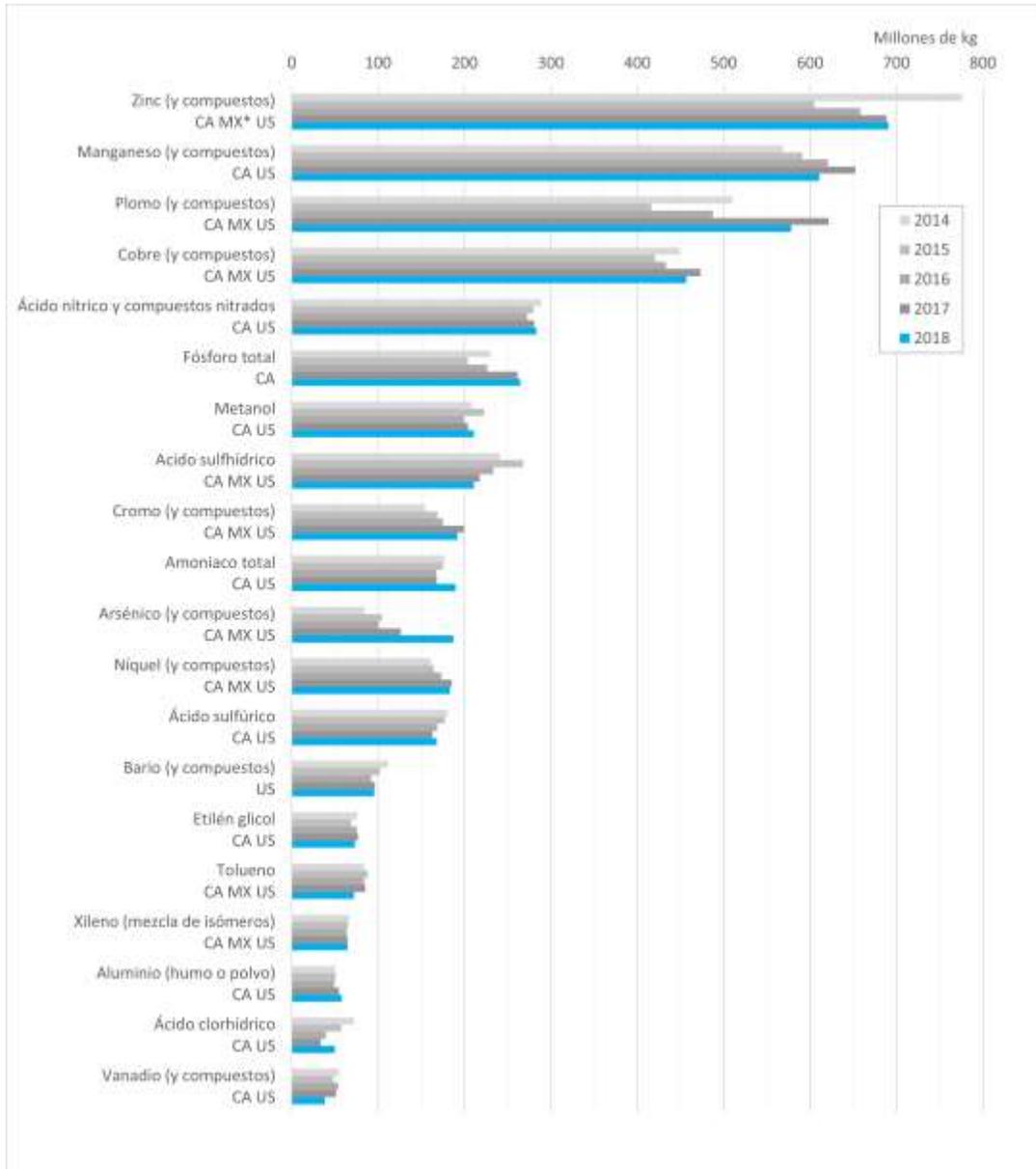
- Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211).** Este sector mostró reducciones constantes en las emisiones y transferencias totales, impulsadas sobre todo por las centrales eléctricas de Estados Unidos (una disminución de 36%, al pasar de unos 248 millones de kg en 2014 a menos de 158 millones de kg en 2018) y por las centrales canadienses (reducción de alrededor de 4.5 millones de kg, o 24%, durante el mismo periodo).

Figura 6. Principales sectores industriales en cuanto a emisiones y transferencias totales en América del Norte, 2014-2018



En total, las instalaciones de América del Norte registraron emisiones y transferencias de 538 contaminantes⁵ entre 2014 y 2018. Las veinte sustancias que se muestran en la **figura 7** representaron, en conjunto, aproximadamente 88% del total cada año.

Figura 7. Principales contaminantes declarados en América del Norte, 2014-2018



Notas: Las abreviaturas CA, EU (o “US”) y MX indican el país en el que los contaminantes están sujetos a registro: Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente.” * Solamente un compuesto de zinc está sujeto a registro en el *RETC* mexicano.

⁵ “Contaminantes” también se refiere a grupos químicos (por ejemplo, plomo y sus compuestos). Se recuerda al lector que, para efectos del presente informe, el número de contaminantes se refiere a aquellos registrados por las instalaciones en cantidades de cuando menos 0.0001 kilogramos.

Tan sólo cinco de estos contaminantes, incluidos cuatro metales —zinc, manganeso, plomo y cobre (y sus compuestos)—, así como ácido nítrico y compuestos nitrados, representaron conjuntamente entre 44 y 49 por ciento de los totales anuales. Hubo aumentos importantes en las cantidades registradas de algunos de estos contaminantes durante el periodo. Por ejemplo:

- **Compuestos de zinc.** En 2014 se presentó un pico en las emisiones y eliminación en el suelo (en sitio) de este contaminante, impulsado por las instalaciones mineras de minerales metálicos de Estados Unidos. Este aumento continuó después con un incremento constante en las emisiones y disposición en sitio por parte de las minas de metal en Canadá, así como en las transferencias de residuos de zinc para reciclaje por algunos sectores estadounidenses, como la fabricación de automóviles y camiones, y la industria básica del hierro y del acero.
- **Compuestos de plomo.** El sector de minería de minerales metálicos de Estados Unidos y, en menor medida, el mismo sector en México y Canadá registraron grandes aumentos en las emisiones y transferencias de compuestos de plomo durante este periodo (las instalaciones en Estados Unidos y Canadá eliminaron estos residuos en sitio, en tanto que las instalaciones mexicanas los transfirieron fuera de sitio para “otro tipo de disposición final”). Otros dos sectores de Estados Unidos —fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos, y comercio al mayoreo de bienes durables en general— también tuvieron un papel en este incremento (ambos sectores transfirieron sus residuos de plomo fuera de sitio, para reciclaje).
- **Compuestos de arsénico.** El sector de minería de minerales metálicos —lo mismo en Canadá que en Estados Unidos— también registró un gran aumento (de más de 100 millones de kg) en las emisiones y eliminación en el suelo (en sitio) de compuestos de arsénico durante este periodo.

1.4 Comparación de los datos RETC de Canadá, Estados Unidos y México

Es importante recordar que al interpretar los datos de los RETC de América del Norte se deben tener en cuenta ciertas consideraciones, entre las que se incluyen: la composición y el tamaño de los sectores industriales y económicos de cada país, así como las diferencias clave en los requisitos de los programas RETC nacionales en cuanto a actividades industriales y sustancias contaminantes sujetas a registro.

Comparación de los datos RETC de Canadá, Estados Unidos y México

En balance presenta datos RETC de Canadá, Estados Unidos y México, con lo que proporciona el panorama más completo de que se dispone actualmente de las emisiones y transferencias industriales de contaminantes en América del Norte. Esta perspectiva general, de alcance regional, abarca datos que pueden haberse registrado de forma distinta en cada país debido a las diferencias en los requisitos de registro nacionales y en los métodos empleados por los establecimientos para calcular sus emisiones. En la sección “[Comprensión de *En balance*](#)”, del portal *En balance en línea*, se describen las características propias de cada programa RETC nacional y esta información aporta el contexto necesario para comprender mejor las emisiones y transferencias de contaminantes registradas en toda la región.

En conjunto, estos factores pueden tener un impacto significativo en el panorama resultante de las emisiones y transferencias en toda la región, especialmente en relación con algunos de los principales sectores que informan a los RETC de los tres países. Por ejemplo:

- Los datos recabados por el **sector de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211)** están muy influenciados por el perfil único de generación de electricidad de cada país. Si bien en Canadá más de una cuarta parte de la energía proviene de la hidroelectricidad (particularmente en las provincias de Columbia Británica, Quebec y Ontario), en Estados Unidos y México se utilizan combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural para generar la electricidad con la que se cubre una mucho mayor proporción de las respectivas necesidades energéticas nacionales.
- Las diferencias en los requisitos de registro de los RETC nacionales tiene un impacto que se ilustra claramente en los datos del **sector de extracción de petróleo y gas (SCIAN 2111)**. Este sector se encuentra sujeto a la presentación de informes en Canadá y México, pero no así en Estados Unidos (aunque cabe señalar que, a partir del año de registro 2022, las plantas de procesamiento de gas natural de Estados Unidos deberán declarar al TRI).
- De manera similar, el **sector de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales (SCIAN 2213)** debe informar al RETC de Canadá, mientras que en México corresponde a la jurisdicción municipal. Sin embargo, toda instalación mexicana que libere aguas residuales a cuerpos de agua nacionales debe declarar sus emisiones al *RETC* (lo cual explica que se disponga de datos de varias plantas de tratamiento de agua y aguas residuales de México). En Estados Unidos, las plantas de tratamiento de propiedad pública —municipal o estatal— (PTPP; en inglés: *publicly owned treatment works*, POTW) no están sujetas a registro en el TRI y, por lo tanto, los datos disponibles corresponden únicamente a las actividades de tratamiento de aguas residuales de algunos sectores industriales e instalaciones del gobierno federal.

Los impactos de las diferencias en los requisitos de los RETC nacionales en cuanto a registro de contaminantes se muestran en la **figura 7**, que indica que únicamente la mitad de las veinte principales sustancias registradas entre 2014 y 2018 están sujetas a notificación en los tres países. De hecho, tanto los compuestos de manganeso como los de zinc —contaminantes con mayores cantidades registradas— están sujetos a registro en Canadá y Estados Unidos, pero no así en México (con la excepción de un compuesto de zinc). Otros dos, los compuestos de bario y el fósforo total, están sujetos a notificación sólo en Estados Unidos o Canadá, respectivamente.⁶ La importancia relativa de estos contaminantes en los volúmenes totales registrados cada año subraya la necesidad de contar con requisitos de registro más comparables

⁶ Nota sobre la comparabilidad de compuestos de zinc y fósforo: a diferencia de Canadá y Estados Unidos, el *RETC* de México incluye únicamente un compuesto de zinc (fosfuro de zinc) y no incluye compuestos de fósforo. El TRI de Estados Unidos cubre ciertos compuestos de fósforo en lo individual, pero el registro no abarca el peso de fósforo (a diferencia de la categoría “fósforo total” en Canadá). Tanto el NPRI canadiense como el TRI estadounidense exigen que el fósforo amarillo o blanco se declare por separado.

para poder reflejar con mayor precisión las emisiones y transferencias de las actividades industriales en toda la región.

1.5 Factores a considerar al utilizar datos RETC en la evaluación de riesgos

Además de la cantidad o volumen emitido o transferido, es necesario tener en cuenta varios otros factores al intentar evaluar si una sustancia en particular representa un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Estos factores incluyen la toxicidad inherente del contaminante y su potencial para persistir en el medio ambiente o alterarlo de alguna manera; el tipo de emisión o de transferencia, y la ruta, momento y duración de la exposición, entre otros (véase la **figura 8**).

Figura 8. Factores a considerar al utilizar datos RETC en la evaluación de riesgos



Adaptada de: [Factors to Consider When Using Toxics Release Inventory Data](#) [Factores a considerar al utilizar datos del Inventario de Emisiones Tóxicas (TRI)], versión revisada en 2022.

Para dar contexto a los datos RETC de América del Norte, *En balance* proporciona información relativa a algunas de las sustancias registradas en los programas nacionales de RETC y clasificadas según su riesgo para la salud humana o el medio ambiente⁷ en las siguientes categorías: a) carcinógenos conocidos o presuntos; b) sustancias tóxicas que afectan el desarrollo o la reproducción; c) sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables, y d) metales. Los contaminantes pueden pertenecer a una o más de estas categorías. *En balance en línea* también proporciona los potenciales de equivalencia tóxica (PET) de contaminantes emitidos al aire y al agua para los que se dispone de dicha información. Los valores PET son un factor de ponderación que permite calificar el riesgo relativo que representa una unidad de un contaminante determinado en comparación con una unidad de una sustancia química de referencia cuyo riesgo para la salud humana es bien conocido (por ejemplo, el benceno es la sustancia de referencia para los carcinógenos). Así, el PET asignado a una sustancia indica el riesgo *relativo* que ésta entraña para la salud (potencial de riesgo y posible daño derivado de la exposición a la misma) con base en el volumen liberado y la toxicidad inherente a la sustancia, pero sin tener en cuenta otros factores de riesgo asociados.⁸

Los valores PET resultan de utilidad porque permiten centrar la atención en sustancias altamente tóxicas que muchas veces se emiten en cantidades más bien pequeñas y que, de otro modo, no se reconocerían como contaminantes de importancia. El **cuadro 2** presenta diez contaminantes emitidos al aire y al agua en proporciones relativamente pequeñas o moderadas, en 2018, y sus respectivos índices PET.

Cuadro 2. Emisiones de contaminantes al aire y al agua, y sus índices PET, 2018

Nombre del contaminante	Emisiones al aire (2018)			Descargas en aguas superficiales (2018)		
	Emisiones (kg)	Índice PET de riesgos cancerígenos, aire (PET, kg)	Índice PET de riesgos no-cancerígenos, aire (PET, kg)	Emisiones (kg)	Índice PET de riesgos cancerígenos, agua (PET, kg)	Índice PET de riesgos no-cancerígenos, agua (PET, kg)
Dioxinas y furanos	3.82	4,582,298,499	3,360,352,232,864	1.18	816,314,574	579,701,654,000
Hexaclorobenceno	498	1,096,675	10,468,257	35.28	119,960	1,164,318
Talio (y compuestos)	1,558	0	18,694,068,621	1,679	0	4,532,705,468
Cadmio (y compuestos)	10,460	271,963,416	19,874,249,628	199,537	379,120,161	27,935,169,792
Acilamida	14,103	1,833,439	28,206,758	831	1,330	20,786
Arsenico (y compuestos)	58,708	939,325,601	4,931,459,405	94,365	377,459,581	1,887,297,903
Mercurio (y compuestos)	61,583	0	862,155,520,672	9,388	0	122,041,204,892
Selenio (y compuestos)	79,954	0	191,889,845	26,037	0	41,658,990
Cromo (y compuestos)	201,927	26,250,524	625,974,034	1,200,001	0	528,000,236
Plomo (y compuestos)	325,484	9,113,554	188,780,759,224	949,141	1,898,281	39,863,905,344

⁷ La información sobre la categorización de las sustancias está disponible en [Comprensión de *En balance*](#).

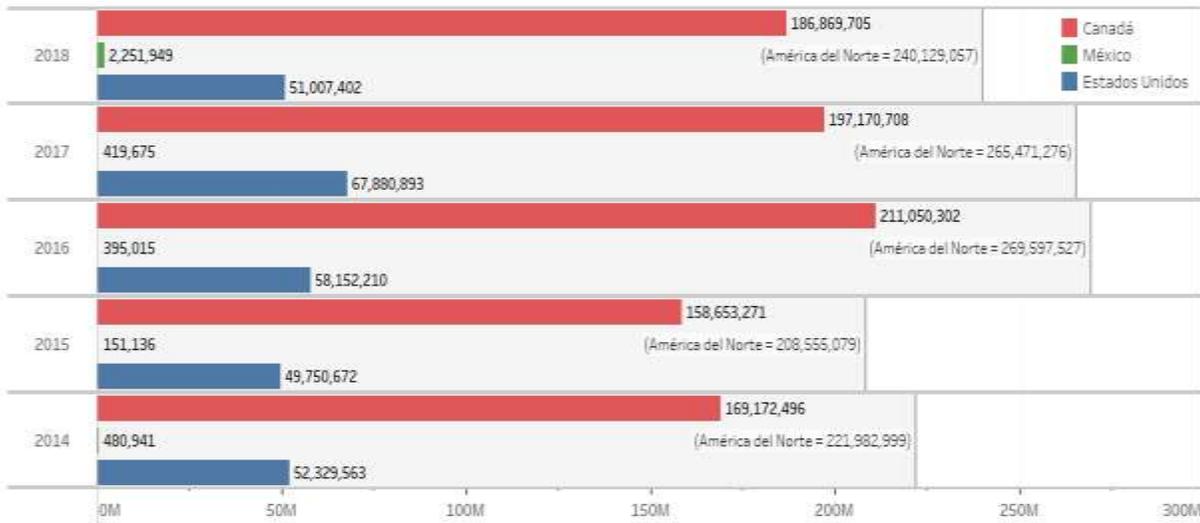
⁸ Los PET constituyen uno de los muchos instrumentos o modelos de calificación de riesgos, pero existen limitaciones y lagunas en su uso. Por ejemplo, muchas sustancias carecen de valores o ponderaciones PET asignadas; además, en los sistemas de registro de emisiones y transferencias de los tres países algunos contaminantes —por ejemplo, los metales— se declaran como grupos que incluyen compuestos lo mismo altamente tóxicos que de menor toxicidad, lo que dificulta la evaluación de su riesgo o potencial de daño a la salud. Consúltese información más detallada en [Comprensión de *En balance*](#).

Con ello se ilustra el impacto potencialmente significativo de ciertos contaminantes: por ejemplo, 3.82 kg en emisiones al aire de dioxinas y furanos, que pueden generarse incidentalmente como resultado de ciertas actividades de combustión, equivaldrían a más de 4,500 millones de kg de benceno liberados al aire.

1.6 Transferencias transfronterizas de contaminantes

La **figura 9** ilustra las transferencias transfronterizas de contaminantes en América del Norte entre 2014 y 2018. Se observa que durante este periodo las transferencias anuales oscilaron entre 208 millones y casi 270 millones de kilogramos.⁹

Figura 9. Transferencias transfronterizas de contaminantes en América del Norte, 2014-2018



Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales. Por otra parte, el NPRI contiene datos recientemente actualizados correspondientes al periodo 2014-2018, mismos que pueden consultarse directamente en el sitio web del NPRI.

Como se muestra en el **cuadro 3**, las transferencias de ácido sulfúrico para reciclaje desde las instalaciones de fabricación de productos de petróleo y carbón (**SCIAN 3241**) de Canadá hacia Estados Unidos representaron más de 75% de las transferencias transfronterizas totales en la región.

⁹ El más reciente conjunto de datos del sistema NPRI incluye actualizaciones a los registros de transferencias transfronterizas canadienses correspondientes al periodo 2014-2018 que no se reflejan en el presente informe. Se invita al lector a consultar el sitio web del NPRI para obtener información detallada al respecto.

Cuadro 3. Principales sectores y contaminantes: transferencias transfronterizas en América del Norte, 2014-2018

País de origen a país destinatario	Transferencias transfronterizas totales (kg)					Principales sectores, contaminantes y tipos de transferencias
	2014	2015	2016	2017	2018	
Canadá a Estados Unidos	169,172,496	158,653,271	211,050,302	197,170,708	186,869,705	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón: ácido sulfúrico para reciclaje.
México a Estados Unidos	480,941	151,136	395,015	419,675	2,251,607	Recubrimientos y terminados metálicos: compuestos de níquel y cromo para disposición final. Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos: compuestos de plomo para disposición final.
Estados Unidos a Canadá	14,076,126	11,351,908	14,534,381	19,684,975	18,560,984	Fabricación de partes para vehículos automotores, y fabricación de productos de hierro y acero: compuestos de cromo, níquel, manganeso y cobre para reciclaje.
Estados Unidos a México	38,253,437	38,398,764	43,617,828	48,195,918	32,446,417	Industria básica del hierro y del acero: compuestos de zinc para reciclaje.
Total, transferencias transfronterizas en América del Norte	221,982,999	208,555,079	269,597,527	265,471,276	240,128,714	

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales. Por otra parte, es importante observar que el NPRI contiene datos recientemente actualizados correspondientes al periodo 2014-2018, mismos que pueden consultarse directamente en el sitio web del sistema canadiense.

Este cuadro también muestra que las transferencias de Estados Unidos a Canadá —principalmente de compuestos metálicos como manganeso, cobre, níquel y cromo para reciclaje— se originaron en dos sectores: fabricación de partes para vehículos automotores (**SCIAN 3363**) y fabricación de productos de hierro y acero (**SCIAN 3312**). La mayor parte de las transferencias anuales de Estados Unidos a México correspondieron a compuestos de zinc enviados desde el sector de la industria básica del hierro y del acero (**SCIAN 3311**) para su reciclaje en la planta de Zinc Nacional en Nuevo León. Estas transferencias para reciclaje representaron aproximadamente 23% de las transferencias transfronterizas anuales.

Las transferencias de contaminantes de México a Estados Unidos presentaron una amplia variación durante el periodo analizado: en 2014, una sola instalación del sector de fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos (**SCIAN 3346**) dio cuenta de más de 50% del total registrado ese año, con el envío de casi 259,000 kg de níquel y sus compuestos a Estados Unidos para su reciclaje; en 2018, la mayor parte del total correspondió a un fabricante de baterías (**SCIAN 3359**) que envió 1.5 millones de kg de compuestos de plomo para su eliminación o disposición final en Estados Unidos.

Las transferencias transfronterizas para disposición final en América del Norte se examinan con mayor detalle en el capítulo 2 de este informe, y se puede acceder a los datos correspondientes a la totalidad de dichas transferencias a través de [En balance en línea](#).

1.7 Instalaciones con los mayores volúmenes de emisiones al aire y al agua registradas, 2014-2018

Los cinco establecimientos de cada país que registraron los mayores volúmenes de emisiones al aire y al agua entre 2014 y 2018 se presentan en los siguientes dos cuadros. En ambos casos, el país en el que los sectores y contaminantes están sujetos a registro se indica con las abreviaturas: CA, EU o MX para Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente.

Los datos no solamente muestran que ciertos sectores o instalaciones dan cuenta de la mayor parte del total registrado en cada país, sino que también ilustran los impactos derivados de las diferencias entre los tres países en lo concerniente tanto a la composición de su industria como a los requisitos de registro de sus respectivos sistemas RETC. Por ejemplo, el **cuadro 4** revela que las empresas de generación eléctrica a base de combustibles fósiles son uno de los sectores con mayores emisiones al aire en los tres países; sin embargo, los tres principales contaminantes notificados por las centrales eléctricas de Canadá y Estados Unidos (ácido sulfúrico, fluoruro de hidrógeno y ácido clorhídrico) no están sujetos a registro en México; asimismo, los principales contaminantes registrados por las centrales eléctricas mexicanas (por ejemplo, ácido sulfhídrico [o sulfuro de hidrógeno]) evidencian el hecho de que se trata de instalaciones geotérmicas que no queman combustibles fósiles, pero que obtienen su energía de vapores o fluidos subterráneos.

En Canadá, uno de los principales sectores en cuanto a emisiones al aire es el sector de extracción de petróleo y gas; sin embargo, como se mencionó antes, este mismo sector está actualmente exento de registro en Estados Unidos, en tanto que en México la presentación de informes por parte de las instalaciones de extracción de petróleo y gas es irregular. En el caso del sector de fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos (industria que en Estados Unidos y Canadá ocupa los primeros lugares por sus emisiones al aire), dos de los principales contaminantes producidos —amoníaco y metanol— no están sujetos a registro en México.

**Cuadro 4. Plantas y sectores industriales con mayores volúmenes registrados en cada país:
emisiones al aire en sitio, 2014-2018**

Establecimiento	Número de identificación RETC	Ciudad, Estado, provincia o territorio	Sector (Código SCIAN)	3 contaminantes principales	Emisiones al aire (kg)				
					2014	2015	2016	2017	2018
CANADÁ									
TransAlta Generation Partnership - Sundance Thermal Electric Power Generating Plant	0000002284	Duffield, Alberta	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211)	Ácido clorhídrico (CA, US) Ácido fluorhídrico (CA, US) Ácido sulfúrico (CA, US)	5,896,492	5,540,610	5,225,841	4,865,138	1,145,877
TransAlta Generation Partnership - Keephills Thermal Electric Power Generating Plant	0000002286	Duffield, Alberta			4,130,298	3,342,482	3,541,848	3,234,391	3,284,366
Syncrude Canada Ltd. - Mildred Lake Plant Site	0000002274	Fort McMurray, Alberta	Extracción de petróleo y gas (SCIAN 2111)	n-Hexano (CA, US) Amoniaco total (CA, US) ART* (CA)	3,914,249	3,356,700	4,631,137	2,762,402	2,290,516
Agrium Inc. - Redwater Fertilizer Operations	0000002134	Sturgeon County, Alberta	Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos (SCIAN 3253)	Amoniaco total (CA, US) Metanol (CA, US) Ácido fluorhídrico (CA, US)	2,300,240	2,512,846	2,558,705	2,422,857	2,464,393
Canadian Fertilizers Limited	0000003821	Medicine Hat, Alberta			2,216,583	2,073,794	2,431,780	1,776,560	2,210,514
MÉXICO									
Comisión Federal de Electricidad, Campo y Central Geotermoelectrica Cerro Prieto **	CFELS0200211, CGV0200200663	Mexicali, Baja California	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211)	Ácido sulfhídrico (CA, MX, US) Formaldehído (CA, MX, US) Tolueno (CA, MX, US)	8,708,000	7,291,000	7,136,000	6,999,000	7,250,000
Comisión Federal de Electricidad, Campo y Central Geotermoelectrica Los Azufres **	CFELS1603411, CGV1603400028	Ciudad Hidalgo, Michoacán			4,759,000	4,348,000	4,588,000	0	5,348,020
Comisión Federal de Electricidad, Central Geotermoelectrica Humeros **	CFELS2105411, GV2119900008	Chignautla, Puebla			1,748,419	1,739,636	1,569,800	1,505,847	1,890,932
Geotermica Para El Desarrollo S.A.P.I. de C.V., Grupo Dragón	GDE1801300001	San Pedro Lagunillas, Nayarit			0	218,000	711,900	956,300	0
Altos Hornos de México S.A.B. de C.V.	AHM7F0501811	Monclova, Coahuila	Fabricación de otros productos metálicos (SCIAN 3329), Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 3311)	Ácido sulfhídrico (CA, MX, US) HCFC-22 (CA, MX, US) HCFC-124 (CA, MX, US)	619,511	617,155	572,859	496,756	545,331
ESTADOS UNIDOS									
Basin Electric Antelope Valley Station	58523NTPV294CO	Beulah, Dakota del Norte	Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos (SCIAN 3253)	Amoniaco total (CA, US) Ácido sulfhídrico (CA, MX, US) Metanol (CA, US)	7,508,795	7,744,750	4,777,679	5,905,230	8,134,360
CF Industries Nitrogen LLC	70346CFNDSHWY30	Donaldsonville, Luisiana			2,765,065	3,097,095	3,895,016	3,878,090	3,882,900
Dyno Nobel - St. Helens Plant	97051CHVRN63149	Deer Island, Oregón			2,920,738	2,729,244	2,837,818	2,961,564	2,577,031
US Magnesium LLC	84074MXMGNROWLE	Grantsville, Utah	Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio (SCIAN 3314)	Amoniaco total (CA, US) Cloro (CA, US) Ácido clorhídrico (CA, US)	1,904,006	2,694,975	1,899,494	4,562,141	2,267,004
Harrison Power Station	26366HRRSNRTE20	Haywood, Virginia Occidental	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211)	Ácido sulfúrico (CA, US) Ácido clorhídrico (CA, US) Ácido fluorhídrico (CA, US)	2,372,537	2,251,862	2,339,952	2,261,189	2,405,092
Subtotal, 15 establecimientos principales					51,763,932	49,558,147	48,717,828	44,587,463	45,696,335
Total de todos los establecimientos					455,678,727	423,994,230	388,381,124	377,839,426	385,670,051
15 establecimientos principales (% del total de todos los establecimientos)					11	12	13	12	12
* ART = Azufre reducido total ** Cada una de estas instalaciones reportó bajo 2 números de identificación RETC diferentes, como resultado de un cambio de nombre.									

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales. Las abreviaturas CA, EU (o US) y MX indican el país en el que los contaminantes están sujetos a registro: Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente.

El **cuadro 5** presenta las cinco plantas en cada país que registraron las mayores emisiones al agua entre 2014 y 2018. Al igual que en el cuadro anterior, los datos revelan el impacto de las diferencias en los requisitos de registro de los tres sistemas RETC nacionales.

Por ejemplo, las instalaciones públicas de tratamiento de aguas residuales —sector con volúmenes registrados de contaminantes liberados al agua en Canadá— no están sujetas a la presentación de informes en Estados Unidos, en tanto que los datos mexicanos para este sector son escasos. Además, ninguno de los principales contaminantes registrados por el sector en Canadá está sujeto a notificación en México, y el fósforo total tampoco se registra en Estados Unidos. Con base en las elevadas emisiones al agua declaradas por las plantas de tratamiento de aguas residuales de Canadá, se podría esperar ver emisiones similares en los otros dos países. Estos vacíos en la información subrayan, una vez más, la necesidad de contar con datos e informes comparables en toda la región.

En Canadá, se observa una excepción a la prominencia del sector de tratamiento de aguas residuales en cuanto a emisiones al agua: los datos correspondientes al año de registro 2014 reflejan una gran descarga de la mina de cobre y oro Mount Polley, resultado de un derrame causado por fallas en un estanque de decantación de residuos (presa de relaves o jales).

En México, las centrales eléctricas registraron las mayores emisiones al agua, con compuestos de níquel, cromo y plomo como principales contaminantes. Sin embargo, de manera similar a lo observado con las emisiones al aire, los datos correspondientes a este sector variaron mucho entre 2014 y 2018.

En Estados Unidos, el ácido nítrico y compuestos nitrados fueron uno de los contaminantes con mayores volúmenes registrados por todas las principales instalaciones que se presentan en el cuadro 5. Estos compuestos desempeñan un papel clave en la producción de fertilizantes y productos químicos agrícolas, en el acabado y grabado de metales como el cobre, y en la producción de productos de alquitrán de hulla.

**Cuadro 5. Plantas y sectores industriales con mayores volúmenes registrados en cada país:
emisiones al agua en sitio, 2014-2018**

Establecimiento	Número de identificación RETC	Ciudad, Estado, provincia o territorio	Sector (Código SCIAN)	3 contaminantes principales	Descargas en aguas superficiales (kg)				
					2014	2015	2016	2017	2018
CANADÁ									
City of Toronto - Ashbridges Bay Treatment Plant	0000002240	Toronto, Ontario	Suministro de agua, drenaje, tratamiento de aguas residuales y otros sistemas (SCIAN 2213)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Amoníaco total (CA, US) Fósforo total (CA)	15,625,094	14,664,741	15,449,340	17,275,846	16,199,661
City of Calgary - Bonnybrook Wastewater Treatment Plant	0000005308	Calgary, Alberta			9,519,754	9,835,927	9,471,875	8,121,530	7,114,098
Greater Vancouver Sewerage & Drainage - Annacis Island Wastewater Treatment Plant	0000001338	Delta, Columbia Británica			5,848,646	6,297,703	6,485,639	6,520,301	6,513,191
Ville de Montréal - Station d'épuration des eaux usées Jean-R.-Marcotte	0000003571	Montréal, Québec			5,692,316	6,627,757	7,019,411	6,103,755	6,222,181
Imperial Metals Corporation - Mount Polley Mine*	0000005102	Likely, Columbia Británica	Minería de minerales metálicos (SCIAN 2122)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Amoníaco total (CA, US) Manganeso (y compuestos) (CA, US)*	74,127,891	0	251	18,326	36,744
MÉXICO									
Comisión Federal de Electricidad, Central Termoeléctrica Puerto Libertad**	CGI2604700012 CFEAD2604711	Puerto Libertad, Sonora	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (SCIAN 2211)	Níquel (y compuestos) (CA, MX, US) Cromo (y compuestos) (CA, MX, US) Plomo (y compuestos) (CA, MX, US)	0	0	1,245,045	1,163,336	1,228,575
Comisión Federal de Electricidad, Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	CFEQZ3000911	Alto Lucero, Veracruz			0	506,405	870,038	551,204	411,548
Mexicana de Hidroelectricidad Mexhidro S. de R.L. de C.V., Presa El Gallo	MHMLS1202711	Cutzamala De Pinzon, Guerrero			0	0	0	897,036	868,487
Comisión Federal de Electricidad, Complejo Termoeléctrico Manzanillo	CFEAD0600711	Manzanillo, Colima			0	0	355,649	367,516	393,742
Hidroelectricidad del Pacífico S. de R.L. de C.V., Presa Trojes	HPA1601500002	Coalcoman de Vazquez Pallares, Michoacán			0	0	0	749,776	0
ESTADOS UNIDOS									
AK Steel Corp. (Rockport Works)	47635KSTLC6500N	Rockport, Indiana	Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 3311)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Nitrito de sodio (CA, US) Manganeso (y compuestos) (CA, US)	7,884,451	5,971,988	7,413,472	5,325,146	5,821,311
AK Steel Corp., Coshocton Works	43812CSHCTSTATE	Coshocton, Ohio			2,177,832	2,223,107	2,123,881	1,860,171	2,035,055
US Army - Radford Army Ammunition Plant	24141SDDSRPOBOX	Radford, Virginia	Seguridad nacional y relaciones internacionales (SCIAN 9281)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Nitroglicerina (CA, US) Cobre (y compuestos) (CA, MX, US)	3,852,714	4,391,338	5,209,972	4,040,945	3,336,795
Delaware City Refinery	19706TXCDL2000W	Delaware City, Delaware	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (SCIAN 3241)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Amoníaco total (CA, US) Etilén glicol (CA, US)	1,246,700	1,527,713	1,114,194	1,576,638	2,315,529
Smithfield - Tar Heel	28392CRLNFHWY87	Tar Heel, Carolina del Norte	Matanza, empaquetado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles (SCIAN 3116)	Ácido nítrico y compuestos nitrados (CA, US) Nitrito de sodio (CA, US) Amoníaco total (CA, US)	1,664,261	1,770,904	1,267,373	1,199,943	1,272,496
Subtotal, 15 establecimientos principales					127,639,659	53,817,583	58,026,141	55,771,469	53,769,414
Total de todos los establecimientos					301,902,747	218,158,381	222,663,702	225,306,730	224,927,445
15 establecimientos principales (% del total de todos los establecimientos)					42	25	26	25	24
* En 2014, la mina de cobre Mount Polley informó grandes cantidades de fósforo total y compuestos de cobre como resultado de la ruptura de una presa de jales.									
** Esta instalación reportó bajo 2 números de identificación RETC diferentes.									

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales. Las abreviaturas CA, EU (o US) y MX indican el país en el que los contaminantes están sujetos a registro: Canadá, Estados Unidos y México, respectivamente.

2 Análisis especial: transferencias fuera de sitio para disposición final en América del Norte, 2014-2018

2.1 Introducción

Desde la revolución industrial y hasta nuestros días, la actividad de las industrias manufactureras y otros sectores productivos constituye un elemento determinante para el desarrollo y crecimiento económico de un país. Sin embargo, el manejo inadecuado de los residuos generados por la industria puede conllevar riesgos significativos, tanto para la salud de la población como para el medio ambiente. En ese sentido, un objetivo clave del informe *En balance* desde su creación ha sido abordar temas de interés para diversos actores e interesados directos mediante la presentación y el análisis de datos RETC, así como de información adicional, a fin de arrojar luz sobre las actividades industriales en América del Norte y sus posibles impactos ambientales.

En la reunión pública de la iniciativa RETCAN celebrada en Montreal en febrero de 2020, varios participantes expresaron preocupación por la falta de información en los registros correspondientes a las transferencias fuera de sitio para disposición final o eliminación de contaminantes. Los principales problemas o asuntos identificados se relacionan con la naturaleza exacta y posibles impactos de algunas prácticas de eliminación de residuos industriales, y también con la falta de claridad respecto del destino final de los contaminantes, sobre todo cuando la participación de terceras partes resulta en una transferencia no solamente de los residuos mismos, sino además de la responsabilidad de garantizar su manejo adecuado. Esta retroalimentación de las partes interesadas, combinada con la escasa evidencia del uso de los datos del RETC en relación con las transferencias fuera de sitio,¹⁰ condujo a la decisión de incluir en el presente informe *En balance* un análisis especial de las transferencias para disposición final.

Este análisis busca abordar las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué tipos y cantidades de contaminantes envían las instalaciones industriales para su eliminación o disposición fuera de sitio, incluso a través de las fronteras nacionales?
- 2) ¿Cuáles son los posibles impactos ambientales y para la salud humana asociados con las diferentes prácticas de eliminación o disposición final?
- 3) ¿Qué problemas se asocian con la transferencia a contratistas externos de la responsabilidad de la eliminación de residuos fuera de sitio?
- 4) ¿Son suficientes las leyes y reglamentos existentes para limitar los posibles impactos negativos de la eliminación de residuos?
- 5) ¿Cuáles son las alternativas existentes y emergentes a las prácticas actuales de generación y eliminación de residuos?

Los contenidos del capítulo se han organizado en los siguientes apartados:

¹⁰ Consúltense, por ejemplo, la revisión documental en torno al [uso de datos del NPRI](#) en la investigación ambiental.

2.2 Alcance y metodología: Se presentan las fuentes de información consultadas y las categorías de los datos analizados. Se incluyen las definiciones de los términos utilizados en cada uno de los programas RETC nacionales en relación con la eliminación o disposición final fuera de sitio, al igual que un examen del impacto que las divergencias en los respectivos requisitos de registro tienen en nuestra capacidad para comparar datos a escala regional.

2.3 Prácticas de disposición final de residuos y sus posibles impactos: Se describen las prácticas de eliminación o disposición final fuera de sitio registradas por las plantas industriales en el contexto de la reglamentación de cada país, así como la atribución de responsabilidades en cuanto al manejo de los residuos. De igual manera, se hace referencia a los riesgos ambientales y de salud asociados con algunas de estas prácticas.

2.4 Análisis de transferencias fuera de sitio para disposición final, 2014-2018: Se presenta el análisis de los datos de la plataforma *En balance en línea* correspondientes al periodo de 2014 a 2018, para los principales sectores sujetos a registro y las sustancias transferidas por categoría de eliminación o disposición final fuera de sitio. Además, se proporciona información adicional sobre algunos de los sectores comunes en la región, con el propósito de permitir una comparación de lo registrado en los tres países.

2.5 Producción sostenible y alternativas a la generación y eliminación de residuos industriales: Se presentan alternativas al ciclo actual de generación y eliminación de residuos industriales; el concepto de economía circular, y estrategias relacionadas que se pueden utilizar en los sectores industriales. También se proporcionan ejemplos de prácticas de prevención de la contaminación y producción sostenible adoptadas por instalaciones de América del Norte.

2.6 Conclusiones

2.2 Alcance y metodología

La metodología de *En balance* implica la compilación de datos de los tres programas RETC de América del Norte a efecto de integrarlos en la base de datos *En balance en línea*, de alcance regional. Para fines de comparabilidad, estos datos se someten a un proceso de armonización que tiene en cuenta las diferencias en los requisitos de los RETC nacionales con respecto a los contaminantes y los sectores de la industria sujetos a registro. Gracias a este proceso, *En balance* permite a los usuarios tener acceso a datos RETC regionales que son más comparables y comprensibles.

2.2.1 Fuentes de datos e información

Para este análisis especial sobre las transferencias fuera de sitio para disposición final se obtuvieron, de *En balance en línea*, datos RETC declarados por las instalaciones industriales de América del Norte correspondientes al periodo 2014-2018 (siendo 2018 el último año con datos disponibles para los tres países al momento de redactar el presente informe). Los datos de las transferencias transfronterizas de contaminantes para disposición final (subconjunto de las transferencias en su totalidad) se obtuvieron a través de la [herramienta para explorar las transferencias transfronterizas](#) de *En balance en línea*.

Se recuerda al lector que es común que los programas nacionales publiquen actualizaciones de los datos anuales sobre emisiones y transferencias de contaminantes, luego de la realización de revisiones de control y aseguramiento de la calidad y de correcciones por parte de los establecimientos industriales mismos. Por ello, los datos de *En balance en línea* se actualizan periódicamente a fin de incorporar tales ajustes y correcciones. **La información empleada para los análisis del presente volumen de *En balance* se obtuvo a partir de los conjuntos de datos del NPRI, el TRI y el RETC de marzo de 2021, septiembre de 2020 y febrero de 2020, respectivamente.**

Además, se realizaron entrevistas con representantes de los programas RETC de los tres países y se examinaron datos de las respectivas dependencias reguladoras en materia de eliminación o disposición final de residuos. Por último, se consultaron otras fuentes de información (por ejemplo, documentos técnicos, artículos de prensa, estudios e informes de investigación) sobre prácticas de eliminación de residuos industriales y sus riesgos asociados, tanto ambientales como para la salud humana.

2.2.2 Terminología y comparabilidad de los RETC de América del Norte

Dos términos resultan fundamentales para el entendimiento de los RETC: *emisiones* y *transferencias* de contaminantes por parte de establecimientos industriales que están sujetos a registro. Los contaminantes se emiten en sitio al aire, agua o suelo (esto último incluye aquellos que se eliminan en o sobre el suelo); en tanto que en el caso de las transferencias fuera de sitio, los contaminantes se envían de un complejo industrial a otro lugar para su reciclaje, tratamiento, almacenamiento o disposición final (también referida como “eliminación”). Las instalaciones que cumplen con los umbrales de registro RETC establecidos tienen la obligación de declarar las cantidades de cada contaminante específico (incluso si está contenido en otros residuos) emitidas y transferidas en un año calendario.

La categoría “transferencias fuera de sitio para disposición final” de *En balance* representa una amplia variedad de prácticas empleadas por las instalaciones industriales de América del Norte y declaradas en conformidad con los requisitos específicos de registro de cada programa RETC nacional. Las diferencias en tales requisitos entre Canadá, Estados Unidos y México hacen que la comparación de datos a escala regional se vuelva todo un desafío. Para facilitar el análisis de la información presentada en este capítulo, se requirieron esfuerzos adicionales y una colaboración trilateral liderada por la CCA a efecto de revisar y “mapear” las transferencias para disposición final registradas en los tres países. Como resultado, la base de datos *En balance en línea* ahora incluye las siguientes seis categorías de transferencias fuera de sitio para disposición final:

1. Disposición en rellenos sanitarios o embalses superficiales
2. Inyección subterránea
3. Aplicación en suelos
4. Almacenamiento previo a la disposición final
5. Estabilización o tratamiento previo a la disposición final
6. Otro tipo de disposición final (desconocida).

Estas seis categorías utilizadas en el contexto de *En balance*, así como la terminología, definiciones y campos de registro correspondientes de cada programa RETC, se presentan en el **cuadro 6**,¹¹ en el que se revelan algunas diferencias significativas entre los tres países. A pesar de las ya mencionadas divergencias entre los tres sistemas de registro nacionales, la disponibilidad de datos desagregados a través de la base de datos *En balance en línea* representa un paso importante hacia una mayor comparabilidad de los datos RETC de América del Norte, lo que a su vez posibilita una mejor comprensión de las actividades industriales en la región.

Se recuerda a los lectores que la terminología empleada en este informe es exclusiva de *En balance* y no necesariamente coincide con la utilizada por el programa RETC de cada país. La terminología de *En balance* refleja el mejor intento de armonizar los datos de tres sistemas diferentes a fin de obtener la imagen más comparable de las emisiones y transferencias en la región.

¹¹ La información presentada en el cuadro 6 tiene el propósito de ilustrar las semejanzas y diferencias entre los campos de registro relativos a las transferencias fuera de sitio para disposición final; por ello, no necesariamente es exhaustiva. Las descripciones de los campos de registro de cada país provienen de: Canadá – ECCC, 2018; Estados Unidos – EPA, 2019c; México – DOF, 2003, 2006.

Cuadro 6. Transferencias fuera de sitio para disposición final: categorías de *En balance* y campos de registro correspondientes en los RETC nacionales

Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio a relleno sanitario o embalse superficial
<p>Canadá — Relleno sanitario o área de manejo de relaves: Las sustancias se envían para su eliminación o disposición final en un relleno autorizado ubicado fuera del sitio y diseñado de acuerdo con pautas estrictas. Esta categoría se aplica a los relaves (material de desecho remanente luego del procesamiento de minerales o materiales extraídos para obtener componentes de valor comercial) dispuestos en áreas de manejo de ese tipo de residuos.</p> <p>[Desde 2010] Cuadro NPRI_Substance_Quantity: <i>Offsite_Landfill</i> : <i>Off-site Disposal (excluding TWR) + Landfill: Quantity</i> <i>Offsite_Tailings</i>: <i>Off-site Disposal of TWR + Tailings Management: Quantity</i> <i>Offsite_Wasterock</i>: <i>Off-site Disposal of TWR + Waste Rock Management: Quantity</i></p>
<p>Estados Unidos — Relleno sanitario o embalse superficial: Un relleno sanitario es un sitio excavado o construido especialmente con el propósito de recibir desechos sólidos municipales y residuos peligrosos para su disposición final; un embalse superficial —de diseño similar a un relleno— está destinado al almacenamiento provisional de residuos líquidos o con contenido líquido, a fin de permitir procesos de volatilización o sedimentación de materiales.</p> <p>Offsite_Landfill: Archivo tipo 1A: <i>Off-site - RCRA Subtitle C Surface Impoundments - M66</i> <i>Off-site - Other Surface Impoundments - M67</i> <i>Off-site - Other Landfills - M64</i> <i>Off-site - RCRA Subtitle C Landfills - M65</i></p>
<p>México — N/A <i>Nota:</i> Un sitio de confinamiento controlado es un sitio diseñado para la disposición final de residuos peligrosos, y está regulado por la DGGIMAR; un relleno sanitario se destina únicamente a la disposición final de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial. La categoría de relleno sanitario o embalse superficial no existe en el RETC.</p>
Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para inyección subterránea
<p>Canadá — Inyección subterránea: Cantidades totales de sustancias enviadas fuera del sitio para eliminación o disposición final mediante inyección subterránea. Esta práctica es de competencia provincial o territorial, de manera que cada entidad formula la normativa correspondiente.</p> <p>[Desde 2010] Cuadro NPRI_Substance_Quantity (Offsite_Underground): <i>Off-site Disposal (excluding TWR) + Underground Injection: Quantity</i></p>
<p>Estados Unidos — Inyección subterránea: El emplazamiento de fluidos en formaciones geológicas porosas en el subsuelo, a través de pozos clasificados en cinco clases, en función del tipo y la profundidad de la actividad de inyección y el potencial de poner en peligro una fuente subterránea de agua potable.</p> <p>Offsite_Underground: Archivo tipo 1A: <i>Off-site – Underground Injection – Class 1 Wells – M81</i> <i>Off-site – Underground Injection – Class II-V Wells – M82</i></p>
<p>México — N/D</p> <p><i>Nota:</i> Método de tratamiento por el que se introducen residuos peligrosos en el subsuelo, aprovechando las características físicas, químicas y biológicas de una formación rocosa para aislar y neutralizar naturalmente los residuos, reduciéndolos en volumen y haciéndolos menos peligrosos, de manera que se garantice la integridad de acuíferos y aguas superficiales, la inyección subterránea no existe como categoría en el RETC, aunque los datos correspondientes a este método sí se registran en la COA.</p>

Cuadro 6. Transferencias fuera de sitio para disposición final: categorías de *En balance* y campos de registro correspondientes en los RETC nacionales (página 2 de 3)

Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para aplicación en suelos
<p>Canadá — Aplicación en suelos para tratamiento: Cantidades totales de sustancias enviadas fuera de sitio para disposición final, mediante la aplicación o incorporación en el suelo.</p> <p>[Desde 2010] Cuadro NPRI_Substance_Quantity: <i>Offsite_Farm: Off-site Disposal (excluding TWR) + Land Treatment: Quantity</i></p>
<p>Estados Unidos — Tratamiento en suelos: Regulado por el Reglamento sobre Disposición en el Suelo (<i>Land Disposal Regulations, LDR</i>), en el marco de la RCRA, este método de eliminación consiste en la aplicación de residuos en la superficie del suelo, o su incorporación en las capas superiores del mismo, a fin de degradar, transformar o inmovilizar componentes peligrosos en los residuos.</p> <p>Offsite_Farm: Archivo tipo 1A: <i>Off-site - Disposal - Land Treatment - M73</i></p>
<p>México — N/A <i>Nota:</i> La aplicación en suelos no existe como categoría en el RETC.</p>
Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para almacenamiento previo a la disposición final
<p>Canadá — Almacenamiento: Almacenamiento de sustancias antes de su eliminación o disposición final.</p> <p>[Desde 2010] Cuadro NPRI_Substance_Quantity: <i>Off-site Disposal (excluding TWR) + Storage: Quantity</i></p>
<p>Estados Unidos — Almacenamiento: Retención temporal de desechos peligrosos en unidades de almacenamiento hasta que sean tratados o eliminados, en conformidad con lo estipulado en la RCRA.</p> <p>Offsite_Storage: Archivo tipo 1A: <i>Off-site - Storage Only - M10</i></p>
<p>México — Almacenamiento: Retención temporal de residuos peligrosos en áreas que cumplan con las condiciones aplicables, para evitar su liberación hasta que se les procese para su reciclaje o valorización, o bien sean tratados, transportados o finalmente eliminados.</p> <p>Cuadro EMISIONES 2: <i>EMIS_CANT_DIF (Disposición final)</i></p>
Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para estabilización o tratamiento previo a la disposición final
<p>Canadá — Tratamiento: Procesos físicos o químicos utilizados para reducir la movilidad de una sustancia química o para eliminar líquidos libres en residuos peligrosos, antes de su transferencia para eliminación o disposición final. Por ejemplo: 1) tratamiento físico (secado, evaporación, encapsulación o vitrificación); 2) tratamiento químico (precipitación, estabilización o neutralización); 3) tratamiento biológico (biooxidación); 4) incineración o tratamiento térmico, sin recuperación de energía, y 5) tratamiento en una planta municipal de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>[Desde 2010] Cuadro NPRI_Substance_Quantity (metales solamente): <i>Off-site Transfers for Treatment Prior to Final Disposal (excluding TWR) + any of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Physical Treatment: Quantity</i> - <i>Chemical Treatment: Quantity</i> - <i>Biological Treatment: Quantity</i> - <i>Incineration/Thermal: Quantity</i> - <i>Municipal Sewage Treatment Plant: Quantity</i>

Cuadro 6. Transferencias fuera de sitio para disposición final: categorías de *En balance* y campos de registro correspondientes en los RETC nacionales (página 3 de 3)

<p>Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para estabilización o tratamiento previo a la disposición final (continuación)</p>
<p>Estados Unidos — Estabilización o tratamiento: Cualquier proceso físico o químico utilizado para reducir la movilidad de los componentes peligrosos en los residuos peligrosos o bien eliminar la parte líquida libre (por ejemplo, mezclar los desechos con aglutinantes u otros materiales solidificantes y “curar” la mezcla resultante). Las aguas residuales se tratan a través de varios procesos, como la coagulación-floculación y la oxidación.</p> <p>Archivo tipo 1A_Sewer Release (metales y no-metales): <i>Off-site - POTW Releases</i></p> <p>Archivo tipo 1A_Offsite Treatment (si se trata de metales): <i>Off-site - Solidification/Stabilizn - Metals/Metal Compds Only - M41</i> <i>Off-site - Wastewater Treatment Release (excluding POTWs) - Metals/Metal Compds Only - M62</i> <i>Off-site - Solidification/Stabilizn - Release - Metals/Metal Compds Only - M40</i> <i>Off-site - Wastewater Treatment (excluding POTWs) - Metals/Metal Compds Only - M61</i></p>
<p>México — Tratamiento: Proceso físico, químico, biológico o térmico que cambia las características de los residuos, reduciendo así su volumen y toxicidad. Incluye el tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Cuadro EMISIONES 2 (solamente metales): <i>EMIS_CANT_TRA (Tratamiento)</i> <i>EMIS_CANT_ALC (Alcantarillado)</i></p>
<p>Categoría <i>En Balance</i>: Transferencias fuera de sitio para otra disposición (desconocida)</p>
<p>Canadá — N/A <i>Nota:</i> La categoría “otra disposición” no existe en NPRI.</p>
<p>Estados Unidos — Otra disposición (desconocida): Se utiliza cuando una instalación desconoce cómo se manejó un contaminante después de transferirlo fuera del sitio, o también para actividades no cubiertas en las categorías anteriores (por ejemplo, pilas, derrames y fugas de desechos). La EPA clasifica este método como menos deseable desde el punto de vista ambiental y, para efectos de registro, lo designa como un tipo de disposición o emisión.</p> <p>Archivo tipo 1A_Offsite_Other: <i>Off-site - Disposal - Other Land Disposal - M79</i> <i>Off-site - Disposal - Other Off-site Mgmt - M90</i> <i>Off-site - Disposal - Transfer to Waste Broker - M94</i> <i>Off-site - Disposal - Unknown - M99</i></p>
<p>México — Otra disposición: Categoría que incluye alternativas para la integración ambientalmente segura de los residuos por medio de su uso como insumo en otro proceso productivo (por ejemplo, coprocesamiento, reciclaje). Tales procesos alternativos no están definidos para esta categoría y no es obligatorio registrarlos o declararlos.</p> <p>Cuadro EMISIONES 2: <i>EMIS_CANT_OTR (Otra)</i></p>

Notas: Se recuerda al lector que el propósito de este cuadro es ilustrar la armonización requerida entre los tres programas RETC nacionales en relación con las transferencias fuera de sitio para disposición final. No se pretende brindar una cobertura exhaustiva. N/A = no es aplicable. TWR = relaves y roca residual (del inglés: *tailings and waste rock*). POTW = plantas de tratamiento (de aguas residuales) de propiedad pública (del inglés: *publicly owned treatment works*).

2.3 Prácticas de disposición final de residuos y sus posibles impactos

En este apartado se describen las categorías de eliminación fuera de sitio incluidas en *En balance en línea*, mismas que —en la medida de lo posible— representan las prácticas de eliminación de residuos empleadas por las instalaciones industriales de América del Norte y registradas en el programa RETC de cada país. También se proporciona información sobre los riesgos asociados con algunas de estas prácticas de eliminación o disposición final.

2.3.1 Prácticas de disposición final empleadas por la industria en América del Norte

La elección o empleo de una u otra práctica de eliminación de residuos dependerá de diversos factores, entre los que se cuentan el marco reglamentario en vigor, el tipo de industria, y las características de los residuos generados. No todos los tipos de residuos generados por las actividades industriales son peligrosos; por ejemplo, tal y como se describe más adelante en el apartado 2.3.3, ciertas sustancias incluidas en la lista del TRI estadounidense no se consideran peligrosas de acuerdo con la definición de la Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act*, RCRA), instrumento legislativo que regula los residuos peligrosos en Estados Unidos. Sin embargo, como se señala en este apartado, muchos flujos de residuos tienen cuando menos una característica que los hace peligrosos (es decir, son tóxicos, inflamables, etcétera). En ausencia de otros medios para manejar estos residuos, el método de eliminación o disposición final elegido debe tomar en cuenta la necesidad de prevenir impactos negativos para la salud humana o el medio ambiente.

Disposición final en rellenos sanitarios o embalses superficiales

Esta categoría incluye una amplia variedad de prácticas de contención de residuos, y refleja las principales diferencias entre los tres países en cuanto a terminología, definiciones y normativa relacionada. Para efectos de este informe, los términos *relleno sanitario*, *embalse superficial* y *confinamiento controlado* se refieren, los tres, a instalaciones o sitios destinados a la disposición final de residuos peligrosos y específicamente diseñados —de conformidad con las normas y reglamentos específicos de cada país— a manera de impedir la liberación de sustancias tóxicas al medio ambiente.

Por ejemplo, en Estados Unidos, los embalses superficiales son muy similares a los rellenos sanitarios: ambos se crean a partir de ya sea una depresión topográfica natural, una excavación o un área con diques, y en cualquiera de los casos requieren un revestimiento, control de lixiviados y un sistema de monitoreo de agua subterránea. Sin embargo, los rellenos suelen estar designados para la disposición final de residuos, en tanto que los embalses superficiales generalmente se utilizan para el almacenamiento o tratamiento temporal. Si un embalse superficial no se puede “cerrar limpiamente” (es decir, retirando o descontaminando todos los residuos que contiene), entonces se requiere un proceso de estabilización de los residuos que quedan en el lugar, eliminación de los líquidos libres y colocación de una tapa o cubierta encima de los residuos para su resguardo. En tales casos, el propietario u operador responsable

del sitio debe tomar precauciones durante un periodo determinado después del cierre, conocido como *cuidado posterior al cierre* (en inglés: *post-closure care*).¹²

En Canadá, la eliminación de contaminantes en un embalse superficial regulado también está permitida. Por ejemplo, los relaves (materiales residuales que quedan después de que se han procesado minerales u otros materiales extraídos) se eliminan en áreas de manejo de relaves que suelen consistir en presas y diques diseñados para almacenar relaves de la producción de arenas bituminosas y otras operaciones mineras. Estos sitios se consideran parte de un sistema de manejo integral y representan la etapa final en el tratamiento o manejo de residuos peligrosos, proceso durante el cual los contaminantes residuales deben mantenerse en confinamiento y bajo control a largo plazo, tanto tiempo como resulte necesario mientras continúen siendo peligrosos (CCME, 2006).

En México, los embalses superficiales no se consideran un método de disposición final de residuos, y se hace una distinción entre *confinamiento controlado* y *relleno sanitario*. En efecto, la regulación de los sitios de confinamiento para control y neutralización de residuos peligrosos es más estricta que la aplicable a los rellenos o vertederos destinados tanto a desechos domésticos o residenciales (denominados “residuos sólidos urbanos”) como a “residuos de manejo especial” (desechos industriales que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos y que, por lo mismo, se sujetan a una reglamentación y controles menos estrictos). Como se explica en el apartado 2.3.3, la eliminación o disposición final constituye una de las etapas o actividades de la gestión integral de los residuos peligrosos, cuyas reglamentación y medidas de control son responsabilidad de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR). Así, la reglamentación de los residuos peligrosos es paralela a —e independiente de— la regulación de las sustancias listadas en el RETC.

La gestión de residuos peligrosos es, en Canadá, una responsabilidad compartida entre los gobiernos federal y provinciales o territoriales. Datos nacionales correspondientes a 2016 indican que, de un total de 24.9 millones de toneladas de residuos sólidos (incluidos materiales peligrosos) generados en el país y enviados para disposición final (sobre todo en rellenos sanitarios, con una pequeña cantidad eliminada por incineración), 14.7 millones (59%) provinieron de actividades no-residenciales (StatCan, 2021; Gobierno de Canadá, 2018). Además de materiales generados por la industria manufacturera (sectores primario y secundario), estos residuos de actividades no-residenciales incluyen materiales generados por diversas operaciones: comerciales (sector minorista), de la construcción, de oficinas y de instituciones como escuelas y hospitales.

En Estados Unidos, los datos disponibles del informe bienal conforme a la Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act, RCRA*) para 2019 —que principalmente cubre los residuos generados por grandes generadores y excluye los residuos industriales no peligrosos— muestran que ese año se registraron más de 34.9 millones de toneladas de residuos peligrosos. Estimaciones realizadas para el periodo 2001-2017 indican que de las más de 16 millones de toneladas enviadas para eliminación o

¹² EPA (2005), *Introduction to Land Disposal Units* (40 CFR, Parts 264/265, Subparts K, L, M, N), módulo de capacitación sobre requisitos para el diseño y operación de unidades para la eliminación o disposición de residuos, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, septiembre de 2005.

disposición final en el suelo, entre 4 y 10 por ciento se depositó en rellenos sanitarios o embalses superficiales, en tanto que al menos 90% se eliminó por inyección subterránea (EPA, 2021f, h).¹³

En México, las sustancias sujetas a registro en el *RETC*, y residuos mezclados que las contienen, deben estabilizarse con anterioridad a su eliminación o disposición final (y, por consiguiente, las empresas que realizan el tratamiento correspondiente para la estabilización son las que se identifican en los informes al *RETC*). Sin embargo, puesto que se les suele tratar y mezclar con otras sustancias y residuos, la trazabilidad de las sustancias sujetas a registro (“sustancias *RETC*”) se pierde cuando tales residuos son transferidos a su destino final, como los sitios de confinamiento controlado.¹⁴

De acuerdo con los datos recolectados para el periodo 2000-2017, en México la disposición final de residuos peligrosos en confinamiento controlado representó 8.1% (1.7 millones de toneladas) de la capacidad nacional instalada y autorizada para las actividades de reciclaje, reutilización, tratamiento, incineración y confinamiento de residuos peligrosos (Semarnat, 2019). Es importante resaltar que únicamente tres empresas cuentan con autorización para actividades de confinamiento (Semarnat, 2020), lo que plantea la interrogante de si el país cuenta con infraestructura suficiente para ofrecer soluciones de manejo adecuado a los diversos generadores de residuos peligrosos.

Los requerimientos reglamentarios aplicables a las instalaciones para eliminación o disposición final de residuos peligrosos varían entre los tres países; sin embargo, hay un mínimo de elementos de diseño que deben considerarse, junto a un control estricto en las actividades de operación y monitoreo, a efecto de asegurar la efectividad del confinamiento de los residuos. En todos los casos se requieren sistemas de captación de lixiviados, membranas impermeables, manejo de agua pluvial, y venteo. Asimismo, la selección del sitio resulta un elemento clave, toda vez que para ello deberán evaluarse aspectos climatológicos, hidrológicos, geológicos e hidrogeológicos. Todos estos factores deben ser tomados en consideración en el diseño de los sitios de confinamiento de residuos peligrosos, de manera que éste responda a buenas prácticas de ingeniería y se garantice su adecuada operación, con los debidos planes de monitoreo, cierre y desmantelamiento o abandono.

Inyección subterránea

La inyección subterránea se define a grandes rasgos como el emplazamiento controlado de fluidos en formaciones geológicas seleccionadas a través de pozos especialmente diseñados y monitoreados. La historia de esta práctica se remonta a la década de 1930, cuando la industria petrolera desarrolló y comenzó a emplear la inyección subterránea para la eliminación de salmueras relacionadas con la producción de petróleo y gas. Esta práctica se aplicaría

¹³ Deeba Yavrom (2021), “An Overview of Hazardous Waste Generation”, Agencia de Protección Ambiental (EPA), 28 de abril de 2021; EPA(2021), “Quantity of RCRA Hazardous Waste Generated and Managed, 2001-2019” (*Report on the Environment*, ROE).

¹⁴ Se recuerda al lector que, en conformidad con el marco jurídico mexicano, el “confinamiento controlado” es la práctica de disposición final de residuos peligrosos en México y correspondería a la disposición en rellenos sanitarios o embalses superficiales en Canadá y Estados Unidos.

posteriormente a residuos provenientes de otros sectores, como los de la industria química y la del acero, por citar ejemplos (EPA, 2003).

La viabilidad de la inyección subterránea en pozos profundos depende de factores entre los que se incluyen: la selección de un área donde las condiciones geológicas e hidrológicas sean favorables; el diseño adecuado del pozo de inyección, con miras a minimizar el potencial de contaminación de las aguas subterráneas, y el monitoreo continuo de su operación (DENR, 1989; EPA, 2021e, h). Así, una formación rocosa será un buen sitio para la inyección subterránea si su integridad y baja permeabilidad permiten asegurar la contención de los residuos inyectados; si éstos no interactúan (reaccionan) químicamente con la roca misma, y si no existen fallas geológicas en las proximidades del sitio.

La inyección subterránea de residuos peligrosos representa una proporción significativa de las transferencias fuera de sitio para disposición final en Canadá, sobre todo debido a los grandes volúmenes generados principalmente por el sector de extracción de petróleo y gas. Corresponde a los gobiernos provinciales o territoriales regular la instalación y operación de los pozos de inyección. En Alberta, por ejemplo, la Entidad de Regulación Energética de Alberta (*Alberta Energy Regulator*, AER) estipula cuatro clases de pozos de inyección.¹⁵ Los datos relacionados a esta práctica se compilan en varias bases de datos, como la base de datos *AccuMap* administrada por la empresa S&P Global/IHS Markit.¹⁶ Como parte del desarrollo de actividades industriales y, más específicamente, de la explotación de petróleo y gas, se han perforado 700,000 pozos en la llamada Cuenca Sedimentaria del Oeste de Canadá (*Western Canadian Sedimentary Basin*), formación geológica que se extiende debajo de una vasta área de casi 1.5 millones de kilómetros cuadrados que abarca desde el suroeste de Manitoba hasta el noreste de Columbia Británica, y que incluye también algunas partes del norte de Estados Unidos (Gobierno de Canadá, 2021a). De ese gran total de pozos, unos 50,000 han sido utilizados como pozos de inyección en algún momento de su vida útil (Ferguson, 2014).

La tecnología requerida para un pozo de inyección varía en función de la reglamentación aplicable. Por ejemplo, en Estados Unidos, los más de 740,000 pozos de inyección regulados con apego al Programa de Control de Inyección Subterránea (*Underground Injection Control*, UIC) se clasifican en seis categorías, de acuerdo con el tipo de fluido inyectado, el propósito de la inyección y la profundidad requerida (EPA, 2020c). Las seis clases de pozos de inyección deben cumplir con las condiciones que garanticen aislamiento de los fluidos. Por ejemplo, los pozos de Clase I, utilizados por la industria para inyectar residuos peligrosos y no peligrosos en formaciones rocosas profundas y confinadas, muy por debajo de las fuentes subterráneas de agua potable, están regulados con apego a las disposiciones de la Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) y la Ley de Agua Potable Segura (*Safe Drinking Water Act*, SDWA).¹⁷

¹⁵ AER (1994), [Directive 051](#): *Injection and Disposal Wells – Well Classifications, Completions, Logging, and Testing Requirements*, Alberta Energy Regulator, marzo de 1994.

¹⁶ [AccuMap](#) de S&P Global.

¹⁷ La sexta categoría de pozo de inyección subterránea se utiliza exclusivamente para el secuestro geológico de CO₂. Consúltese la descripción detallada de las seis clases de pozos de inyección subterránea en el sitio web del programa UIC de la EPA: “[Protecting Underground Sources of Drinking Water from Underground Injection](#)” [Protección de las fuentes subterráneas de agua potable frente a los riesgos de la inyección subterránea].

En el caso de México, la inyección subterránea se considera una forma de tratamiento de residuos y no un método de disposición final. Además, si se trata de residuos clasificados como no-peligrosos, entonces no se requiere autorización alguna para su empleo (Semarnat, 2015). La legislación mexicana define el “tratamiento de residuos peligrosos mediante tecnología de pozos de inyección [subterránea] profunda” como la introducción de residuos peligrosos en el subsuelo, con la expectativa de que las características de los estratos geológicos de manera natural neutralicen, reduzcan o eliminen la toxicidad de los desechos inyectados, siempre y cuando se garantice la integridad de los mantos acuíferos y aguas superficiales (DOF, 2006). Entonces, aunque la actividad se reconoce como una técnica de confinamiento, no se conceptualiza como una técnica de eliminación o disposición final, sino que constituye una modalidad enfocada al tratamiento de residuos peligrosos con miras a reducir su peligrosidad. Así, esta categoría se regula conforme a las disposiciones aplicables a la gestión de residuos peligrosos y no está sujeta a registro en el *RETC*, razón por la cual no se cuenta con datos de México correspondientes a inyección subterránea.

Disposición final por aplicación en suelos

La aplicación en suelos es la práctica de eliminación más frecuente para biosólidos o lodos derivados del proceso de tratamiento de aguas residuales, en su mayoría generados por plantas de tratamiento municipales o industriales, y fábricas de celulosa y papel. Otros sectores industriales (por ejemplo, extracción de petróleo y gas, generación de energía eléctrica y elaboración de productos lácteos) también envían o transfieren sus residuos para aplicación en suelos. Antes de ser depositados en rellenos sanitarios, estos residuos deben someterse a procesos de estabilización por tratamiento fisicoquímico o biológico,¹⁸ según el marco reglamentario en vigor.

Los procesos de estabilización incluyen digestión anaerobia, digestión aerobia, y tratamiento químico, el cual consiste en añadir cal a los lodos residuales con la finalidad de oxidarlos y evitar su fermentación (Rojas y Mendoza, 2011). Ahora bien, la disposición final de biosólidos presenta diversas modalidades, incluidas la elaboración de composta, la eliminación en rellenos sanitarios y la aplicación para mejoramiento de suelos (biorremediación). Esta última es una de las más practicadas, ya que entraña numerosos beneficios como la adición de nutrientes, la mejora de la estructura del suelo y una menor demanda de fertilizantes sintéticos y de recursos no renovables como el fósforo. Sin embargo, un manejo inadecuado de la aplicación de biosólidos para mejoramiento de suelos puede provocar impactos ambientales perjudiciales, como exceso de nutrientes en aguas subterráneas como consecuencia de procesos de filtración y migración; acumulación de metales pesados en suelos, y dispersión de malos olores.

En México, la producción de lodos de aguas residuales se calcula en 640 millones de toneladas por año en base seca (Semarnat, 2016). Estos biosólidos se consideran una alternativa al empobrecimiento del suelo por uso agrícola intensivo (por ejemplo, en cultivos de chile, cebolla, avena, maíz) y también para suelos forestales (Conagua, 2015; Barrios, 2009). Sin

¹⁸ Véase, por ejemplo: CCME (2005), [Guidelines for Compost Quality](#) [Directrices para lograr composta de buena calidad], Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente.

embargo, se trata de una práctica de eliminación no enlistada como modalidad de disposición final en el *RETC*.

En Estados Unidos, los datos muestran que se generaron 4.75 millones de toneladas secas de biosólidos en 2019 (EPA, 2021c). Se estima que alrededor del 47% de estos residuos se aplican a la tierra para mejorar y mantener suelos productivos y estimular el crecimiento de las plantas de cultivo (EPA 2018a).¹⁹

En cuanto a Canadá, donde se producen más de 660,000 toneladas de biosólidos estabilizados cada año, la jurisdicción y responsabilidad del procesamiento, uso y disposición de estos residuos, incluida su aplicación en suelos, corresponde a provincias y territorios (CCME, 2012).

Almacenamiento previo a la disposición final

Si bien el almacenamiento no es en sí una acción de eliminación de residuos, lo cierto es que representa una medida intermedia y de corto plazo durante la cual deben tomarse decisiones sobre la disposición final de los desechos en cuestión. Cada país cuenta con disposiciones reglamentarias específicas para el almacenamiento de residuos peligrosos, pero los tres países coinciden en definir el almacenamiento como la acción de retener los residuos peligrosos temporalmente hasta que sean tratados, almacenados en otro lugar o eliminados.

El área destinada al almacenamiento deberá diseñarse y construirse de acuerdo con las especificaciones técnicas requeridas por la autoridad, cumpliendo con estrictas medidas de seguridad, específicamente para los residuos considerados como peligrosos. El tiempo de almacenamiento dependerá de la reglamentación de cada país. En México y Estados Unidos, el almacenamiento de residuos peligrosos no está permitido por más de seis meses. En Canadá, con excepción de las importaciones y exportaciones de residuos peligrosos, que están reguladas a nivel federal, cada provincia o territorio está a cargo de formular y aplicar su propia normativa para el manejo y almacenamiento de residuos dentro de su jurisdicción.

Estabilización o tratamiento previo a la disposición final

La estabilización y el tratamiento son procesos que implican cambiar la naturaleza y el volumen del desecho original. Sin embargo, los contaminantes enviados a estabilización o tratamiento previo a la disposición final se consideran en *En balance* como transferencias para disposición final puesto que se trata de prácticas en las que deben tomarse decisiones sobre la eliminación final de las porciones de residuos remanentes luego del tratamiento o la estabilización. Como se describió ya párrafos arriba, la estabilización puede involucrar la mezcla de residuos u otros materiales con agentes aglutinantes a fin de provocar una reacción química y reducir las probabilidades de que los contaminantes se dispersen en el entorno. Por ejemplo, cuando un suelo contaminado con metales se mezcla con agua y cal, la reacción química que tiene lugar hace que los metales se conviertan en compuestos insolubles en el agua (EPA, 2021b); esta técnica constituye una forma relativamente rápida y económica de prevenir la exposición a contaminantes, en particular metales y sustancias radiactivas.

¹⁹ EPA (2018), [*Cleaning up and revitalizing land: EPA Unable to Assess the Impact of Hundreds of Unregulated Pollutants in Land-Applied Biosolids on Human Health and the Environment*](#), informe general núm. 19-P-0002, Environmental Protection Agency, Office of Inspector, 15 de noviembre de 2018.

Por otro lado, el tratamiento permite modificar la composición de los residuos. Mediante algunas prácticas de tratamiento resulta posible recuperar (valorizar) desechos o residuos para su reutilización en procesos de fabricación, mientras que otras prácticas reducen drásticamente el volumen de los residuos tratados (EPA, 2021d). Entre los procesos de tratamiento de residuos se incluyen los siguientes:²⁰

- **Tratamiento físico.** Incluye procesos de compactación, separación, destilación y evaporación, todos ellos tendientes a reducir el volumen de los residuos. Suelen verse seguidos de una etapa de separación para recuperar los materiales reciclables. Los ejemplos para este tipo de tratamiento incluyen: filtración, coagulación, sedimentación y centrifugación.
- **Tratamiento químico.** Se usa tanto para facilitar la completa transformación de los residuos peligrosos en gases no tóxicos, como para modificar las propiedades químicas del residuo. Algunos métodos de tratamiento químico son: neutralización, precipitación, oxidación, reducción, intercambio iónico y fijación química.
- **Tratamiento biológico.** Consiste en la introducción de microorganismos que consumen, alteran y detoxifican los residuos. Los ejemplos de prácticas de tratamiento biológico incluyen: lodos activados, lagunas aireadas, digestión anaerobia y lechos percoladores (filtros biológicos).
- **Tratamiento térmico.** Consiste en la transformación de los residuos mediante la aplicación de energía calorífica, con tecnologías como pirólisis, gasificación, incineración y plasma. Las prácticas de tratamiento térmico eliminan solamente una fracción de los residuos, por lo que el resto debe manejarse de manera adecuada. La tecnología más ampliamente utilizada es la incineración; sin embargo, sus beneficios son objeto de debate debido a su potencial para generar emisiones contaminantes.

En México, los residuos clasificados como peligrosos deben primero cumplir con ciertas características antes de poder ser transferidos fuera de sitio para disposición final (por ejemplo, en confinamiento controlado). Las empresas que reciben residuos peligrosos para su estabilización o tratamiento deben realizar los procesos físicos y químicos correspondientes a fin de lograr las características requeridas para evitar reacciones químicas en las celdas de confinamiento. De otra forma, no se les autorizará el envío de los materiales y sustancias en cuestión a los sitios de confinamiento controlado. La nueva mezcla estabilizada ya no se considera una sustancia RETC, sino un residuo “genérico” y, por lo tanto, no se registra en el *RETC* de México.

²⁰ Se recuerda al lector que existen diferencias en cuanto a la terminología y las definiciones utilizadas en los programas RETC de los tres países. Por ejemplo, la categoría de estabilización o tratamiento previo a la disposición final de *En balance* comprende datos sobre incineración, tratamiento térmico y tratamiento de aguas residuales. Dado que el TRI estadounidense no incluye la incineración o el tratamiento térmico como parte de las cantidades totales de transferencias fuera de sitio para disposición final, las cantidades correspondientes a Estados Unidos que se muestran en este informe pueden ser un poco más altas que las reflejadas en el conjunto de datos del TRI.

Otro tipo de disposición final (desconocida)

Como se aprecia en el **cuadro 6**, los establecimientos de Estados Unidos y México pueden registrar transferencias de residuos para “otro tipo de disposición final”, cuyos detalles no se proporcionan en los respectivos informes RETC (pero que podrían registrarse en el marco de otros programas de gestión de residuos).

2.3.2 Preocupaciones ambientales y de salud humana en relación con la eliminación de residuos industriales

Los residuos industriales se definen como los residuos generados en una instalación industrial que, por su volumen y características, pueden representar un riesgo para el medio ambiente y la salud humana y no pueden ser gestionados por los servicios municipales de recolección de residuos. Por ello, estas sustancias se encuentran reguladas bajo un marco jurídico distinto al aplicable a los residuos domésticos o residenciales. Para efectos del informe *En balance*, los residuos industriales se definen como aquellos contaminantes residuales que se derivan de sustancias fabricadas, procesadas o utilizadas en procesos industriales o de producción y que deben manejarse de manera adecuada para evitar riesgos ambientales y a la salud de la población.

Los tipos de residuos industriales varían ampliamente y pueden tomar la forma de sólidos, líquidos, lodos o gases. Algunos son peligrosos; es decir, tóxicos, inflamables, corrosivos, explosivos, oxidantes o radiactivos, entre otros.²¹ La EPA clasifica los residuos peligrosos —también designados *residuos enlistados* (“*listed waste*”)— en las llamadas listas F, K, P y U, publicadas en el Código de Reglamentos Federales (*Code of Federal Regulations*, CFR 40, parte 261).²² Entre los muy diversos ejemplos de residuos industriales se incluyen los desechos de solventes usados, de procesos de galvanoplastia o electrochapado, de la conservación de la madera, de la fabricación de productos químicos y pesticidas, de la refinación de petróleo, etcétera.

El **cuadro 7** proporciona algunos ejemplos de los tipos de residuos peligrosos generados por procesos industriales. Cada uno de estos tipos de residuos puede contener múltiples sustancias químicas, incluidas algunas de las que se encuentran en las listas recién mencionadas. Por ejemplo, los procesos de tinte y pintura en la fabricación de muebles pueden entrañar el uso de acetona, metanol, destilados de petróleo, pigmentos, tolueno y otras sustancias peligrosas (EPA, 2021h).

²¹ Véase: Gobierno de Canadá (2017), “[Guide to Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Classification: chapter 2](#)”; EPA (2016), “[Hazardous Waste Types: Characteristic Wastes](#)”; Semarnat (2019), “[Residuos peligrosos](#)”.

²² CFR, “[Lists of Hazardous Wastes](#)” [Listas de residuos peligrosos], Code of Federal Regulations [Código de Reglamentos Federales], título 40, capítulo I, subcapítulo I, parte 261.

Cuadro 7. Ejemplos de residuos peligrosos generados por diversos sectores industriales

Industria	Tipos de residuos
Fabricación de productos químicos (industria química)	Ácidos y bases; solventes usados; residuos reactivos; aguas residuales que contienen constituyentes orgánicos; residuos de tri o tetraclorofenol usado para producir derivados de plaguicidas.
Impresión	Soluciones que contienen metales pesados; tintas de desecho; solventes; lodos de tinta que contienen metales pesados.
Refinación de petróleo	Aguas residuales que contienen benceno e hidrocarburos; lodos del proceso de refinación generados a partir de la separación de petróleo, agua y sólidos durante el almacenamiento o tratamiento de aguas residuales.
Fabricación de productos de cuero y piel	Tolueno y benceno procedentes de solventes y lacas usados.
Industria del papel	Residuos de pintura que contienen metales pesados; solventes inflamables.
Industria de la construcción	Residuos de pintura inflamables; solventes usados; ácidos y bases fuertes.
Fabricación de metales	Lodos que contienen metales pesados; residuos de cianuro; residuos de pintura; solventes halogenados (por ejemplo, tetracloroetileno, tricloroetileno, cloruro de metileno, tetracloruro de carbono) utilizados para desengrasar.

Adaptado a partir de: EPA (1986), [Solving the Hazardous Waste Problem: EPA's RCRA Program](#), y [Lists of Hazardous Wastes](#), CRF, título 40, parte 261, subparte D.

Es importante tener en cuenta que otros tipos de residuos, aun si no se ajustan a la definición de peligrosos, pueden resultar perjudiciales de alguna manera. Por ejemplo, los nitratos contenidos en la escorrentía agrícola o los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden agotar el oxígeno en los cuerpos de agua receptores y provocar la eutrofización, que a su vez afecta a las poblaciones de peces y plantas acuáticas.

Riesgo por exposición a sustancias peligrosas

La amplia gama de sustancias reconocidas como potencialmente dañinas sugiere que gran parte de los residuos generados por actividades industriales en América del Norte pueden considerarse peligrosos de una forma u otra. De hecho, la mayoría de las sustancias consideradas peligrosas en un país lo son también en los otros dos países.²³ Los residuos con contenido de sustancias RETC revisten interés a escala no solamente regional sino también global dadas sus características intrínsecas en términos de toxicidad, bioacumulación y persistencia. Tal es el caso de elementos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, y también de sustancias clasificadas como contaminantes orgánicos persistentes (COP). A la luz

²³ Véase: la lista canadiense de sustancias prioritarias, [CEPA Priority Substance Lists](#); la página de recursos sobre sustancias prioritarias de la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de Estados Unidos, [ATSDR Substance Priority List \(SPL\) Resource Page](#), y diversas evaluaciones y listas de sustancias de México, en: "[Sustancias químicas: datos y recursos](#)". Asimismo, consúltense la guía sobre clasificación de residuos peligrosos y materiales reciclable de Canadá: "[Export and Import of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Regulations - Guide to Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Classification](#)" y la actualización 2010-2013 del [Inventario Nacional de Sustancias Químicas](#) de México.

de estos y otros factores se desprende la necesidad de controlar el uso y producción de tales sustancias, así como su gestión o eliminación ambientalmente adecuadas.

En Canadá, Estados Unidos y México las sustancias RETC están sujetas a los requisitos de registro específicos de cada programa. Dadas sus características de volatilidad y solubilidad, o bien como resultado de fenómenos como la lixiviación, algunas de estas sustancias tienden a migrar a otros lugares, lo que dificulta su control. Por ello, la cooperación entre dependencias de gobierno o países es necesaria, a fin de identificar sitios posiblemente contaminados o poblaciones expuestas a sustancias RETC.

En la plataforma *En balance en línea*, las sustancias RETC se clasifican en cuatro categorías de acuerdo con el riesgo que significan para el ser humano o el medio ambiente (véase el **cuadro 8**).

Cuadro 8. Clasificación de las sustancias o contaminantes RETC por sus riesgos para la salud humana y el medio ambiente

Categoría	Características
Carcinógenos conocidos o presuntos	Esta categoría se basa en las clasificaciones del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) y de la Propuesta 65 (<i>Proposition 65</i>) de la Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Relacionados con el Medio Ambiente (<i>Office of Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA</i>) del Estado de California.
Sustancias tóxicas que afectan el desarrollo o la reproducción	Esta categoría se basa igualmente en la Propuesta 65 de la OEHHA, e incluye sustancias que causan malformaciones congénitas u otros trastornos reproductivos.
Sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB)	Estos contaminantes presentan propiedades que constituyen una amenaza a largo plazo para el medio ambiente y la salud, aunque se liberen en pequeñas cantidades. Una vez emitidas, las STPB pueden persistir en el medio ambiente durante periodos largos y no se descomponen fácilmente; se transportan en la atmósfera y viajan largas distancias, para terminar en sitios alejados de sus fuentes de emisión; se acumulan en los tejidos de organismos vivos y se introducen en la cadena alimentaria (con lo que aumentan sus niveles de concentración). Además, dado que son tóxicas, afectan la vegetación y la vida silvestre.
Metales	Los metales están naturalmente presentes en el medio ambiente, pero al ser manipulados, procesados o desechados pueden reaccionar con el entorno y adquirir características que pueden representar un riesgo para la salud humana y medioambiental.

Fuentes: CCA, 2014; OEHHA, 2021; EPA, 2022a.

Para cada sustancia, las características y riesgos enlistados en este cuadro pueden presentarse de manera independiente o en forma agregada. Como se menciona en el capítulo 1 (véase la **figura 8**), a efecto de determinar el riesgo que una sustancia representa para un organismo, sistema o (sub)población objetivo, es necesario contar con información relacionada con varios factores, entre los que se incluyen la toxicidad y el tipo de sustancia en cuestión, así como la ruta de exposición. Las evaluaciones de riesgos químicos para la salud humana pueden efectuarse mediante el análisis de la exposición ya sea pasada, presente o incluso futura a cualquier sustancia química que se encuentre en aire, suelo, agua, alimentos, productos de consumo u otros materiales, y pueden tener carácter cuantitativo o cualitativo (OMS, 2017).

Además, pueden ayudar a identificar el riesgo de la exposición en instalaciones de almacenamiento, tratamiento o confinamiento de residuos. Cabe aclarar que la evaluación ambiental consiste en efectuar una comparación entre el nivel de concentración de una sustancia en el medio ambiente y el nivel de concentración en el que ocurre un efecto ambiental, tomando en consideración rutas de exposición, niveles de organización (de organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas) y especies de flora y fauna presentes.

En el Informe sobre el Medio Ambiente (*Report on the Environment, ROE*), la EPA evalúa nueve indicadores de enfermedad (asma, malformaciones o anomalías congénitas, cáncer, enfermedades cardiovasculares, cáncer infantil, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedades infecciosas, bajo peso al nacer y parto prematuro) para los cuales la exposición a contaminantes ambientales puede constituir un factor de riesgo (EPA, 2020b). Uno de los indicadores relacionados con la exposición ambiental a altos niveles de contaminantes, como bifenilos policlorados (BPC) o mercurio, son las malformaciones congénitas, definidas como anomalías estructurales o funcionales que se presentan al nacer o en edad muy temprana y que dan lugar a discapacidades físicas o cognitivas (EPA, 2020a). De manera similar, contaminantes como el plomo son un factor de riesgo de parto prematuro (EPA, 2019b). Los ejemplos para ciertos tipos de cánceres incluyen el de pulmón por la exposición al radón y el de piel por el arsénico (EPA, 2020a).

Por otra parte, la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR*) proporciona información sobre los efectos nocivos para la salud relacionados con la exposición a sustancias peligrosas; por ejemplo, la afectación a sistemas de órganos se presenta en el **cuadro 9**. Cabe aclarar que en la mayoría de los casos los factores de riesgo para el desarrollo de estas afecciones son multifactoriales y que el desarrollo de una enfermedad en particular depende de la magnitud, duración y momento de la exposición. Estas condiciones pueden estar asociadas a ciertos de contaminantes u otros parámetros medioambientales, pero a menudo no se les puede vincular directamente. Las oportunidades y desafíos que las autoridades ambientales y de salud pública enfrentan tienen que ver con la obtención de información sobre la exposición a sustancias peligrosas que permita analizar el riesgo que éstas significan y su vínculo con los impactos ambientales o en la salud.

Cuadro 9. Sistemas de órganos que pueden resultar afectados por la exposición a sustancias peligrosas

Sistemas de órganos que pueden resultar afectados por la exposición a sustancias peligrosas	
- Cardiovascular (corazón y vasos sanguíneos)	- Inmunitario (lo relativo a la inmunidad)
- Dérmico (piel)	- Linforreticular (linfático)
- Desarrollo (de órganos en la etapa fetal)	- Musculoesquelético (músculos y esqueleto)
- Endocrino (glándulas y hormonas)	- Neurológico (sistema nervioso)
- Gastrointestinal o digestivo (estómago e intestinos)	- Ocular (ojos)
- Hematológico (formación de sangre)	- Renal (sistema urinario y riñones)
- Hepático (hígado)	- Sistema reproductor masculino
	- Respiratorio (desde la nariz hasta los pulmones)

Fuente: ATSDR, 2011.

Efectos ambientales y de salud asociados a la disposición final de residuos industriales

Los RETC se han consolidado en el ámbito mundial como un medio para que los establecimientos industriales registren las emisiones y transferencias de contaminantes asociadas a sus actividades. Las sustancias RETC registradas como transferencias fuera de sitio para disposición final suelen corresponder a volúmenes de residuos manejados en condiciones controladas y sujetos a requisitos normativos que especifican las condiciones técnicas de seguridad que rigen su manejo. En contraste, procedimientos inadecuados de manejo de los residuos en cualquiera de las etapas de gestión —incluidos almacenamiento, transferencia o tratamiento— pueden generar fugas o derrames que, a su vez, ocasionen el transporte o depósito de sustancias riesgosas en corrientes de agua superficial o subterránea, su volatilización y transporte en el aire, o su retención en organismos vivos. Si bien las actividades de eliminación o disposición final de residuos deben apearse a las mejores prácticas para garantizar la seguridad del personal a cargo de su manejo y evitar que sustancias nocivas entren en contacto con organismos vivos o el medio ambiente, habrá ocasiones en que las condiciones inseguras dentro y fuera de las instalaciones provoquen que los residuos se derramen o reaccionen entre sí, dando lugar a contingencias como las que se mencionan en el **cuadro 10**.

Cuadro 10. Contingencias relacionadas con el manejo inadecuado de residuos industriales

Contingencia	Derrames de materiales reactivos	Emisión de polvos y gases tóxicos	Explosión de gases inflamables	Ignición de materiales inflamables
Condiciones de inseguridad	<p>Recipiente dañado o en mal estado</p> <p>Volcadura de recipientes abiertos</p> <p>Corrosión de envases metálicos</p>	<p>Trasvase, vaciado y almacenamiento de materiales volátiles</p> <p>Mezcla de residuos incompatibles</p>	<p>Acumulación de gases combustibles y vapores volátiles en lugares con poca ventilación</p>	<p>Derrame de líquidos combustibles</p> <p>Mezcla de residuos incompatibles</p>

Adaptado de Sánchez, 2003.

Por otra parte, en las distintas etapas del manejo de los residuos, como el tratamiento o la disposición final, una fracción de los residuos puede ser liberada al ambiente. Por ejemplo, en el caso de la incineración de residuos peligrosos, las cenizas generadas a partir de la combustión tendrán que enviarse a disposición final, ya que contendrán trazas de sustancias peligrosas. Este proceso puede conllevar la transferencia fuera de sitio hacia un lugar de confinamiento controlado, donde se deberán establecer condiciones rigurosas para asegurar la conservación de las cenizas en celdas de confinamiento y evitar el contacto con cualquier organismo vivo o su liberación al medio ambiente. De manera similar, en otros procesos pirolíticos, como el coprocesamiento, la termo-valorización (recuperación térmica), o la generación de energía a partir de biomasa, si no se cuenta con sistemas de control avanzados pueden generarse emisiones de sustancias nocivas como dioxinas y furanos. Es por ello que los rellenos sanitarios e instalaciones de confinamiento controlado deben contar con sistemas y controles que eviten la quema de residuos a cielo abierto, misma que además da lugar a

emisiones de carbono negro y de gas metano, ambos con alto potencial de calentamiento global.

Otro caso es el de los lodos de aguas residuales, que una vez tratados se utilizan más y más para aplicación en suelos: ya sea como fertilizantes en tierras agrícolas, o como abono en sitios públicos como parques. Sin embargo, si estos residuos no son tratados adecuadamente y exceden lo establecido en cuanto a límites máximos permitidos de contaminantes (por ejemplo, metales pesados), pueden entonces generar un riesgo para la salud humana y los ecosistemas.

Los contaminantes se transportan en el ambiente mediante el movimiento de gases, líquidos y partículas sólidas a través del agua, el suelo o el aire, en combinación con factores climáticos, geomorfológicos o geohidrológicos. En el caso particular de la movilización de contaminantes por medio de un fluido, se requiere un mecanismo que facilite este fenómeno; por ejemplo, el escurrimiento superficial, la infiltración en el suelo y la percolación o desplazamiento en un medio poroso (Sánchez, 2003, p.70). La **figura 10** presenta algunos de los mecanismos que dan lugar al movimiento de los contaminantes y que influyen en su disolución y destino final, incrementando o reduciendo su peligrosidad.

Figura 10. Mecanismos de transporte de contaminantes

Lixiviación	Deposición atmosférica	
Se presenta cuando una sustancia con alta tasa de solubilidad puede disolverse fácilmente e infiltrarse en el suelo a través de un fluido percolante.	Proceso por el cual las partículas contaminantes son transferidas de la atmósfera a la superficie terrestre. La deposición puede ser seca o húmeda: en el caso de la primera, las partículas se depositan sobre la cubierta superficial en ausencia de precipitaciones; en el caso de la segunda, las partículas atmosféricas se incorporan en pequeñas gotas de agua y terminan precipitándose en la superficie terrestre en forma de lluvia, niebla o nieve (AEMet, 2018).	
Dispersión mecánica	Advección	Volatilización
Se refiere a un fenómeno de rocío o aspersión causado por variaciones en la velocidad del contaminante en el medio, y está en función de la acción mecánica que se da entre el contaminante y el medio por el cual se transporta.	Se refiere a la transferencia de contaminantes con las mismas velocidad y dirección con que se mueve el fluido que los transporta (Sánchez, 2003).	Transferencia de una sustancia a un estado gaseoso desde su fase sólida o líquida; se presenta generalmente cuando la sustancia tiene un peso molecular bajo.
Difusión	Adsorción y desorción	
El movimiento de partículas (o moléculas) suspendidas o disueltas, de un área de más concentración a una de menor concentración. El proceso tiende a distribuir las partículas o moléculas más uniformemente (EPA, 2016a).	La adsorción es el proceso mediante el cual una sustancia en estado líquido o gaseoso se transfiere a un líquido o sólido absorbente, quedando disuelta en él (como ocurre, por ejemplo, en los suelos). La desorción es el proceso inverso; es decir, la transferencia de una sustancia sólida o líquida a una gaseosa.	

Fuentes: AEMet, 2018; Sánchez, 2003; USEPA, 2016c.

Además de sus efectos negativos en el medio ambiente, los contaminantes generan otros fenómenos que pueden poner en riesgo a la biota. Tal es el caso de la biomagnificación, que ocurre cuando ciertas sustancias como los plaguicidas o metales pesados se dispersan en ríos o lagos, desde donde entran en la cadena trófica al ser ingeridos por organismos acuáticos

como los peces, que a su vez son ingeridos por aves grandes, animales o seres humanos, con lo que los contaminantes van concentrándose en tejidos u órganos internos y acumulándose de esta manera a la cadena alimenticia (EPA, 2016b). En la **figura 11** se ejemplifican, a grandes rasgos, algunos de los efectos negativos en el medio ambiente provocados por el movimiento de contaminantes.

Figura 11. Posibles impactos provocados por el movimiento de contaminantes

Entorno ambiental	Movimiento de contaminantes en:			
	Agua	Suelo	Aire	Biota
Cambios	Alteración de la composición química de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos	Acidificación; Degradación química	Mayor concentración de contaminantes	Bioacumulación; Biomagnificación
Posibles efectos en el ser humano y el medio ambiente	Afectación de: <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad alimentaria - Ciclos biogeoquímicos - Calidad del agua 		Lluvia ácida, que da lugar a la acidificación de suelos, mares, ríos y lagos	Alteración de cadenas tróficas (alimentarias)

Existen preocupaciones en torno a los efectos ambientales y de salud asociados con las sustancias RETC transferidas para su eliminación en América del Norte. Organizaciones de la sociedad civil de los tres países han expresado su preocupación por los sitios contaminados, sobre todo en relación con plaguicidas residuales y metales pesados como plomo y mercurio, así como la exposición a contaminantes no intencionales como dioxinas y furanos. La contaminación “heredada” —como ocurre en el caso del *Love Canal*,²⁴ en Estados Unidos— es el resultado de residuos peligrosos que se arrojan, se dejan al aire libre o se manejan de manera inadecuada por parte de industrias, sitios de confinamiento u operaciones mineras.

Los siguientes son algunos ejemplos de preocupaciones específicas relacionadas con algunas prácticas de eliminación.

²⁴ El *Love Canal*, ubicado en Niagara Falls, Nueva York, fue dragado con el propósito de proporcionar electricidad económica a la industria. Entre 1942 y 1953, la Hooker Electrochemical Co. desechó más de 21,000 toneladas de productos químicos peligrosos en el canal abandonado, contaminando el suelo y las aguas subterráneas (hecho confirmado por estudios realizados en las décadas de 1960 y 1970). En 1983, la EPA colocó el sitio en la lista de sitios de prioridad nacional del programa Superfondo (*Superfund: National Priorities List [NPL]*). Véase al respecto el mapa narrativo “[Love Canal: The Disaster that Inspired the Superfund](#)”.

Disposición por inyección subterránea

Aunque se trata de una práctica que puede ser efectiva para el manejo de residuos, la inyección profunda despierta inquietudes debido a la posibilidad de dispersión de contaminantes. Existen dos formas de contaminación a través de las cuales los fluidos inyectados pueden migrar a los acuíferos:

- por una falla en el pozo de inyección, ya sea por fugas en la tubería de inyección o envolvente de conducción; por una pérdida de la integridad mecánica interna causada por corrosión (que a su vez puede deberse a las propiedades de los residuos inyectados), o bien por fallas mecánicas de los materiales de la tubería;
- como resultado de la ubicación incorrecta de otros pozos que penetran en la zona de confinamiento del pozo de inyección, lo cual puede ser común en zonas de exploración petrolífera y gasífera.

Entre los factores clave a tener en cuenta figuran la cantidad de residuos inyectados y la proximidad entre pozos, para evitar generar una situación de presión de tal magnitud que desplace los residuos de un pozo a otro, provocando fugas de sustancias nocivas. Asimismo, la inyección de residuos incompatibles podría hacerlos reaccionar y dañar la infraestructura del sitio (EPA, 2001; Ferguson, 2014).²⁵

Pozos de eliminación de residuos de la industria petrolera en Virginia Occidental, Estados Unidos

Un análisis de los pozos de eliminación de clase II en Virginia Occidental realizado en 2016 por el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (*Natural Resources Defense Council*, NRDC) reveló una serie de problemas continuos relacionados con la observancia del marco normativo ambiental. Los pozos de clase II son utilizados por la industria petrolera y de gas para mejorar la recuperación de petróleo en formaciones subterráneas o para eliminar las aguas residuales generadas por las actividades de exploración y producción. Los problemas encontrados incluyeron operaciones de inyección continuas con permisos vencidos; omisiones en la realización de pruebas de integridad mecánica con la frecuencia necesaria, y más de la mitad de los pozos abandonados o fuera de operación sin “tapones” o sellos en conformidad con los requerimientos establecidos, en algunos casos incluso después de diez años.²⁶

Ese mismo año, la EPA compiló información basada en múltiples estudios que caracterizaron las aguas residuales de las operaciones de explotación de petróleo y gas, cuyos componentes detectados incluyeron sólidos disueltos y suspendidos totales; cloruro; aceite y grasa; benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos; metales como bario, estroncio y magnesio; componentes radiactivos, y otros contaminantes. Entre las seis vías principales identificadas por la EPA para la migración de dichos componentes de las aguas residuales al agua potable se encuentran las fallas en el revestimiento de la tubería de los pozos, así como la migración desde pozos abandonados que no fueron sellados correctamente.

²⁵ Consúltense también el informe de Simpson y Lester (2009), publicado por el Centro para la Salud, el Medio Ambiente y la Justicia (*Center for Health, Environment and Justice*, CHEJ), con ejemplos de problemas de inyección subterránea en Estados Unidos: [Deep Well Injection an Explosive Issue](#) [Inyección en pozos profundos: asunto explosivo].

²⁶ NRDC (2019), [West Virginia's groundwater is not adequately protected from underground injection](#) [Las aguas subterráneas de Virginia Occidental no están adecuadamente protegidas de la inyección subterránea], Natural Resources Defense Council, abril de 2019.

Confinamiento en rellenos sanitarios o embalses superficiales

Las preocupaciones relacionadas con el confinamiento de sustancias peligrosas en rellenos sanitarios y embalses superficiales se relacionan con las posibles vías para la liberación de contaminantes, a saber:

- emisión de gases o vapores en la atmósfera;
- levantamiento y suspensión de partículas finas en el aire por vientos;
- migración de sustancias por el suelo o el agua, sea subterránea o superficial, y
- exposición directa de personas o vida silvestre a materiales peligrosos mediante una falla o fractura en el sistema de contención en el sitio (CCME, 2006).

Por lo tanto, contar con información sobre los tipos y cantidades de las sustancias contenidas en un relleno sanitario o un embalse superficial puede ayudar en el manejo de los impactos de las posibles emisiones asociadas.

Estanques de cenizas de carbón en Estados Unidos

Los residuos de combustión de carbón, o cenizas de carbón, son subproductos de la combustión de carbón generados por las plantas carboeléctricas. La ceniza de carbón contiene contaminantes como mercurio, cadmio y arsénico asociados con el cáncer y otros efectos graves para la salud. En 2012, se generaron aproximadamente 110 millones de toneladas de cenizas de carbón, 40% de las cuales se utilizó de manera beneficiosa (por ejemplo, en cemento), en tanto que el 60% restante se eliminó en embalses superficiales y vertederos (comúnmente conocidos como estanques de cenizas de carbón; en inglés: *coal ash ponds*) con una superficie de medio kilómetro cuadrado (120 acres) y 12 metros (40 pies) de profundidad promedio.²⁷

En 2019, una organización no gubernamental (ONG) ambientalista colaboró en la compilación y el análisis de los datos de monitoreo de aguas subterráneas publicados por más de 200 centrales carboeléctricas o sitios de eliminación de cenizas de carbón, en cumplimiento del Reglamento sobre la Eliminación de Cenizas de Carbón (*Coal Ash Disposal Rule*) de 2015, normativa por la que se establecieron requisitos para el monitoreo de aguas subterráneas en las inmediaciones de embalses de depósito de cenizas de carbón, con la obligación para las compañías eléctricas de hacer públicos los datos correspondientes a partir de 2018. Los datos compilados cubren más de 550 estanques y embalses de cenizas de carbón individuales monitoreados mediante más de 4,000 pozos de monitoreo de aguas subterráneas, lo que representa alrededor de 75% de las centrales carboeléctricas del país.

Una comparación de tales datos de monitoreo con respecto de estándares y avisos gubernamentales en materia de salud reveló la existencia de agua contaminada en el subsuelo debajo de la mayoría de las plantas en el análisis. Más del 50% de los sitios registraron niveles peligrosos de arsénico y litio — contaminantes conocidos por su potencial para causar daños neurológicos— y diez sitios tuvieron concentraciones de éstos y otros contaminantes (por ejemplo, cadmio, cobalto, selenio, molibdeno) de

²⁷ “[How and where is coal ash currently generated and disposed?](#)” [¿Cómo y dónde se genera y elimina el polvo de carbón?], en la página de la EPA con preguntas frecuentes en torno al Reglamento sobre la Eliminación de Cenizas de Carbón (*Coal Ash Disposal Rule*) de 2015.

entre 100 y 500 veces por arriba de los niveles seguros reconocidos.²⁸ Uno de estos sitios, la central eléctrica Big Sandy, en Kentucky, se incluyó en la lista de la EPA de sitios de alto riesgo toda vez que el agua subterránea en el lugar contiene niveles peligrosos de arsénico, radio, cobalto, sulfato, berilio y litio.²⁹

En enero de 2022, la EPA anunció que hará cumplir el Reglamento sobre la Eliminación de Cenizas de Carbón de 2015 a fin de atender la problemática de los más de 500 estanques de cenizas de carbón sin revestimiento en Estados Unidos.³⁰

Áreas de manejo de residuos de arenas bituminosas en Alberta, Canadá

Las instalaciones canadienses de extracción de petróleo y gas y otras instalaciones mineras pueden eliminar sus relaves (residuos) en áreas de gestión, ya sea en el lugar (*in situ*) o en ubicaciones fuera del sitio. En 2017, un ciudadano y dos ONG canadienses presentaron la petición [SEM-17-001 \(*Estanques de residuos en Alberta II*\)](#) por medio del mecanismo de la CCA para promover el cumplimiento y la aplicación de la legislación ambiental. Los peticionarios afirmaron que el gobierno de Canadá estaba incurriendo en omisiones en la aplicación efectiva de las disposiciones de prevención de la contaminación de la Ley de Pesca (*Fisheries Act*), en relación con la presunta fuga e infiltración a través de aguas subterráneas y suelos circundantes de sustancias nocivas de estanques de residuos de arenas bituminosas hacia aguas superficiales frecuentadas por peces en el noreste de Alberta.

Las aguas afectadas por el proceso de explotación de arenas petrolíferas o bituminosas (en inglés: *oil sands process-affected water*, OSPW) contienen una mezcla de contaminantes subproducto de los relaves o residuos generados por las operaciones de extracción petrolera: ácidos nafténicos, metales pesados y otras sustancias tóxicas que resultan de la separación del betún mediante métodos de extracción a cielo abierto. Los estanques de residuos de arenas bituminosas están diseñados y construidos para almacenar temporalmente los lodos y aguas residuales (OSPW) y permitir que las partículas finas contenidas en los relaves se asienten y compacten (con el peso de agua que las cubre). Sin embargo, debido a los desafíos que entraña el mantener la integridad estructural de las paredes de los estanques, las OSPW se infiltran lentamente a través de las paredes porosas de los mismos.

En su respuesta a la petición, el gobierno canadiense reconoció que no existe reglamentación federal alguna que rija de manera directa el depósito de sustancias nocivas en los estanques de residuos de arenas bituminosas. Sin embargo, en el marco de la Ley de Pesca (*Fisheries Act*), se está formulando actualmente disposiciones reglamentarias en materia de efluentes de arenas petrolíferas para prohibir el depósito de OSPW en general —incluidas las contenidas en estanques de residuos— en aguas frecuentadas por peces o en cualquier lugar desde donde las aguas residuales pudieran ingresar en tales cuerpos de agua y afectar el ecosistema.³¹

²⁸ EIP (2019), [Coal's Poisonous Legacy: Groundwater Contaminated by Coal Ash Across the US](#) [El legado nocivo del carbón: aguas subterráneas contaminadas por ceniza de carbón en todo Estados Unidos], Environmental Integrity Project, 4 de marzo de 2019.

²⁹ EIP (2018), [“Big Sandy Plant”](#), en el sitio de rastreo de ceniza de carbón Ashtracker, Environmental Integrity Project.

³⁰ CNN (2022), [“EPA begins enforcement on clean up of toxic coal-ash ponds”](#) [Inicia la EPA actividades de aplicación de la legislación en relación con la limpieza de estanques de cenizas de carbón tóxicos], 11 de enero de 2022.

³¹ CCA (2020), [Estanques de residuos en Alberta II: expediente de hechos relativo a la petición SEM-17-001](#), Comisión para la Cooperación Ambiental.

Ruptura de presa de relaves mineros en Sonora, México

Un derrame en la mina Buenavista del Cobre —operada por Grupo México—, en Sonora, México, ocurrido en 2014 a causa de una tubería rota en un estanque de relaves ácidos de cobre, provocó el vertimiento de aproximadamente 40,000 m³ de una solución altamente ácida y cargada de metal en el arroyo Las Tinajas, que desemboca en el río Bacanuchi y luego en el río Sonora. Los impactos iniciales del derrame se extendieron 90 km río abajo, lo que generó profunda preocupación respecto de los efectos en la vida acuática, el agua potable y las economías de siete comunidades (Gobierno de México, 2014; Díaz Caravantes *et al.*, 2016; Jamasmie, 2014; Gutiérrez Ruiz y Martín Romero, 2015).

Aplicación en suelos

Aunque la aplicación en suelos de biosólidos y otros residuos tratados y estabilizados se considera una alternativa de solución a procesos de empobrecimiento del suelo (generalmente debido al uso agrícola intensivo) o deseable para bosques u otras tierras, lo cierto es que prevalecen motivos de preocupación en relación con el control y el tratamiento adecuado de los contaminantes contenidos en dichos residuos, inquietud que ha sido expresada por varias partes interesadas, incluidos los gobiernos.

Monitoreo insuficiente de las sustancias contenidas en biosólidos en Estados Unidos

En un informe de la Oficina del Inspector General de la EPA publicado en noviembre de 2018 se identificaron deficiencias en los controles de la agencia con respecto a la aplicación de lodos de aguas residuales (biosólidos) en suelos, con repercusiones la salud humana y el medio ambiente. Si bien la EPA contaba con procesos y protocolos para el monitoreo constante de los biosólidos a fin de detectar la presencia de nueve contaminantes regulados (metales pesados), en la práctica carecía del personal, datos y herramientas de evaluación de riesgos necesarios para evaluar la seguridad de 352 contaminantes identificados en los biosólidos (incluidos productos farmacéuticos, esteroides y retardantes de llama) en estudios realizados entre 1989 y 2015. De ese total, 61 sustancias contaminantes están designadas como altamente peligrosas, peligrosas o prioritarias en otros programas. La Ley de Agua Limpia (*Clean Water Act*, CWA), exige a la EPA revisar la normativa en materia de biosólidos cuando menos cada dos años para identificar contaminantes tóxicos adicionales y promulgar la reglamentación correspondiente (EPA 2018a).

Falta de tratamiento de lodos antes de su eliminación o disposición final en México

Las autoridades mexicanas han reconocido que, en ocasiones, no se respetan los lineamientos establecidos para la aplicación de biosólidos y lodos de aguas residuales, y que estos materiales están siendo aplicados en suelos agrícolas sin haber recibido un tratamiento adecuado (Conagua, 2015). Varios estudios han mostrado que las plantas de tratamiento de aguas residuales disponen sus lodos, sin tratamiento previo, a cielo abierto o en terrenos que no han sido acondicionados para este fin (Ortiz *et al.*, 1995; Cardoso *et al.*, 2000). De acuerdo con los resultados de una auditoría realizada en una planta de tratamiento en Ensenada, Baja California, en 2016, los lodos residuales estaban siendo simplemente mezclados con otros materiales y eliminados *in situ*, en el terreno de la planta misma (Ramírez *et al.*, 2016).³²

³² SSWM, “[Aplicación de lodo](#)”, ficha técnica, Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox [Herramientas para el Saneamiento y la Gestión Sostenible del Agua].

Los ejemplos anteriores revelan que quedan muchas áreas de oportunidad para formular y fortalecer estándares ambientales y de seguridad en relación con la eliminación o disposición final de sustancias peligrosas. Ello es relevante no sólo en el ámbito nacional, sino también en cuanto concierne a las transferencias transfronterizas de residuos peligrosos para su eliminación.

Transferencias transfronterizas de residuos industriales en América del Norte: consideraciones ambientales, sociales y económicas

El rastreo de movimientos transfronterizos es uno de los aspectos de preocupación lo mismo regional que global asociados al manejo de residuos industriales. Canadá, Estados Unidos y México son signatarios del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, que establece que las transferencias transfronterizas de desechos han de realizarse única y exclusivamente para el tratamiento de residuos previo a su disposición final, o para su reaprovechamiento en alguna de las formas de reciclaje o valorización.³³

La plataforma *En balance en línea* incluye datos sobre movimientos transfronterizos de sustancias registradas en los programas RETC de los tres países. Los datos correspondientes al periodo 2014-2018 reflejan transferencias transfronterizas por cantidades que varían entre 208 millones y casi 270 millones de kilogramos por año (véase la **figura 9**).³⁴ La mayor parte de tales transferencias fueron para reciclaje, y en menor medida para tratamiento o recuperación de energía. Los contaminantes transferidos a través de las fronteras con fines de eliminación se enviaron principalmente a rellenos sanitarios o embalses superficiales, así como a instalaciones para su estabilización o tratamiento previo a la eliminación.

La selección de la tecnología o tipo de tratamiento que deben recibir los residuos industriales depende de diferentes factores, entre los que figuran: aspectos técnicos asociados a las características y volúmenes de los residuos generados; cuestiones económicas relacionadas con la oferta y la demanda; consideraciones legales y de regulación ambiental (en los ámbitos nacional, regional o internacional), y condiciones locales, como por ejemplo el espacio donde se establecerán las instalaciones, los riesgos ambientales y sociales, y el impacto en la planeación del uso de suelo y los ordenamientos territoriales a largo plazo.

En general, las tecnologías o procesos de tratamiento y eliminación de residuos se pueden clasificar en orden descendente en función de su costo, de la siguiente manera:

- **Incineración.** Opción de mayor costo, mismo que varía dependiendo si la sustancia es líquida, sólida o un lodo, y también en función de la concentración de contaminantes.

³³ Si bien los tres países son signatarios del Convenio, sólo Canadá y México lo han ratificado (véase el apartado 2.3.3).

³⁴ En general, el total de emisiones y transferencias registrado cada año es mucho más bajo en México que en Canadá y Estados Unidos. Como se mencionó ya antes, el lector puede consultar el sitio web del NPRI para obtener datos corregidos o recientemente actualizados correspondientes a las transferencias transfronterizas en el periodo 2014-2018.

- **Confinamiento o relleno sanitario.** El costo varía en función del estado físico del residuo.
- **Inyección subterránea.** El costo varía en función de la profundidad del pozo, el tipo de suelo y el tipo de residuo.
- **Aplicación en suelos.** Opción de menor costo; se emplea para la disposición de biosólidos y otros residuos que pueden favorecer la productividad del suelo.

Si bien los centros de almacenamiento, reciclaje, tratamiento o disposición final de residuos son una fuente de empleo y proporcionan beneficios a la economía local y a las comunidades en las que se asientan, también pueden representar riesgos para la salud y los ecosistemas cuando han sido mal diseñados o su operación es deficiente. No obstante, tales riesgos se reducen considerablemente cuando los sistemas de manejo cumplen con la normatividad aplicable. El manejo adecuado de los residuos industriales considerados peligrosos siempre ha sido motivo de preocupación, tanto por parte de las autoridades responsables de su manejo, como de las comunidades donde se asientan las industrias generadoras y los sitios o instalaciones de tratamiento o disposición final, así como las comunidades que se ubican en las rutas de transporte. La percepción de la sociedad es que los sitios de disposición final constituyen un riesgo latente, simplemente por ser lugares de confinamiento para residuos peligrosos; por ello, suele haber oposición pública en relación con su presencia en las comunidades o en su cercanía.

En América del Norte, el transporte de residuos peligrosos se realiza generalmente por vía terrestre o ferroviaria, a menudo pasando por áreas pobladas y, por ende, con el potencial de afectar negativamente la salud de los ecosistemas y los residentes locales. Los tres países cuentan con sistemas de autorización para el transporte de residuos peligrosos, así como con un sistema de registro y rastreo que les permite dar seguimiento a los residuos desde su punto de origen hasta su destino final. Sin embargo, existe incertidumbre sobre la disposición final fuera de sitio cuando tales residuos se entregan a un tercero contratado para ocuparse de la eliminación, particularmente si se trata de cruzar fronteras nacionales (CCA, 2011).

En 1965, con el objetivo de facilitar el comercio y el desarrollo económico del país, el gobierno mexicano creó el programa IMMEX (Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación), también conocido como el “Programa Maquiladora”, por el que los fabricantes pueden importar equipos, materiales y componentes de ensamblaje libres de impuestos, siempre que sean para la producción de mercancías que al final serán enviadas fuera del país. Actualmente, casi 3,000 empresas maquiladoras operan en México, aproximadamente 90% en la zona fronteriza. Estas compañías —muchas de ellas plantas de montaje o transformación— representan 55% de las exportaciones manufactureras de México hacia otros países, especialmente Estados Unidos. Entre los sectores que hacen uso de las maquiladoras figuran múltiples industrias: automotriz, aeroespacial, electrónica y aparatos electrodomésticos, textil y de confección, y joyería, además de empresas de servicios como centros de llamadas, servicios logísticos, grupos de asesoría financiera, etcétera (NTCD, 2020).

Uno de los focos del intercambio comercial en el marco del programa IMMEX es la importación temporal de residuos relacionados con servicios de desmontaje de piezas para su reutilización y reciclaje (SE, 2008). Como se mencionó ya, aproximadamente 98% de las transferencias transfronterizas de residuos tienen como objetivo el reciclaje. Las empresas mexicanas que se dedican al reciclaje de productos o residuos con contenido de sustancias RETC son en gran medida empresas maquiladoras, con plantillas laborales integradas en

muchos casos por mujeres operadoras. Es importante tener en cuenta el hecho de que las mujeres —y especialmente las mujeres embarazadas (debido a las posibles implicaciones para la salud en el desarrollo prenatal)— suelen ser más vulnerables a los impactos en la salud derivados de la exposición a las sustancias RETC.

Los desechos sólidos urbanos y los desechos especiales (por ejemplo, de las obras de construcción) también pueden entrañar riesgos. Si bien en México se les considera una categoría distinta de los residuos peligrosos y se les regula por separado, lo cierto es que su manejo requiere consideración especial. Un elemento importante, especialmente para México, es la incorporación de esquemas formales de empleo para los recolectores informales, quienes históricamente han desempeñado su labor en condiciones por demás precarias, con ingresos muy bajos y con elevados riesgos para su salud. Tales políticas de empleo incluyen, por ejemplo, programas orientados a capacitar e incorporar a este tipo de trabajadores en el ciclo productivo formal, brindándoles oportunidades para mejorar sus condiciones sociales y económicas. Otro elemento de fundamental importancia al respecto es el fomento de la equidad de género en el manejo de residuos y, especialmente, la separación de residuos. Tradicionalmente, se suele desconocer o minimizar la participación de la mujer en este tipo de actividades; sin embargo, resulta cada día más común que las mujeres participen en diversos empleos y oficios relacionados con este sector.

Bajo el Acuerdo de La Paz de 1983, suscrito entre Estados Unidos y México para proteger y mejorar el medio ambiente a lo largo de su frontera compartida, los dos países han emprendido una serie de iniciativas, la última de las cuales es el Programa Frontera 2025. Un objetivo clave de este programa es potenciar el Mecanismo Consultivo Binacional, vigente desde el año 2000, mediante el cual se comparte información relativa a las instalaciones de manejo de residuos peligrosos y las plantas de reciclaje de baterías de plomo-ácido y de electrónicos usados en la zona fronteriza. Este mecanismo se desarrolló en reconocimiento de la preocupación pública con respecto a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento y eliminación de residuos (Semarnat y EPA, 2021).³⁵

Transferencias transfronterizas de baterías de plomo-ácido usadas en América del Norte

El informe de la CCA *¿Comercio peligroso? Estudio sobre las exportaciones de baterías de plomo-ácido usadas generadas en Estados Unidos y el reciclaje de plomo secundario en Canadá, Estados Unidos y México*, publicado en 2013, tuvo como propósito abordar las preocupaciones sobre un aumento en las exportaciones estadounidenses de baterías de plomo-ácido usadas, principalmente a México, como resultado del establecimiento de normas más estrictas sobre calidad del aire ambiente y emisiones de plomo en Estados Unidos en 2008 y 2012, respectivamente. Este aumento de dichas exportaciones a su vez se tradujo en un mayor riesgo de exposición al plomo por parte de los trabajadores y los habitantes de localidades en los alrededores de ciertas instalaciones de reciclaje en México. El documento reveló que más de 50% de las fundiciones secundarias de plomo en ese país no habían notificado sus emisiones de plomo al *RETC*, en parte por falta de claridad respecto a si tales instalaciones podrían clasificarse como plantas de reciclaje y, por lo mismo, no estar sujetas a los correspondientes requerimientos de registro para emisiones al aire. Las recomendaciones del informe sentaron el camino para el establecimiento de estándares claros para las fundiciones secundarias de

³⁵ [Frontera 2025](#): Programa Ambiental México-Estados Unidos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (Semarnat) y Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021.

plomo, así como el registro de sus emisiones de plomo en conformidad con el programa *RETC* de México.³⁶

Los nuevos estándares derivados de las recomendaciones del informe de la CCA cubren no solamente las emisiones al aire de las fundiciones secundarias de plomo activas, sino también los riesgos de contaminación derivados de las operaciones abandonadas. Una de esas instalaciones abandonadas es la antigua fundición de plomo y maquiladora de reciclaje de baterías denominada Metales y Derivados, subsidiaria en Tijuana, Baja California, de una empresa estadounidense. Como se describe en el [expediente de hechos](#) que la CCA publicó en 2002 en el marco del proceso de peticiones sobre aplicación de la legislación ambiental (mecanismo SEM), este sitio abandonado constituía un peligro para la comunidad cercana porque estaba contaminado con aproximadamente 6,000 toneladas de escoria de plomo, ácido sulfúrico, antimonio, arsénico y cadmio de fácil propagación debido a la exposición al viento y lluvia. El escrutinio público resultó en la remediación del sitio en 2008.³⁷

2.3.3 Leyes, reglamentos y directrices para el manejo de residuos industriales y peligrosos

Este apartado presenta una descripción general de acuerdos, leyes, reglamentos y normas nacionales e internacionales relacionados con el manejo y la eliminación o disposición final de residuos industriales y peligrosos en América del Norte.

Acuerdos internacionales

Los tres países de América del Norte han firmado y ratificado diversos convenios, protocolos, acuerdos y otros instrumentos internacionales que contribuyen a rastrear, gestionar y minimizar los impactos ambientales y en la salud humana derivados del manejo inadecuado de las sustancias químicas y los residuos peligrosos. Entre los diversos instrumentos internacionales se incluyen:³⁸

- **Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación**, adoptado en 1989 para abordar la problemática — sacada a la luz en la década de 1980— de los residuos tóxicos que se envían a los países en desarrollo para su eliminación. El Convenio de Basilea tiene como objetivos proteger la salud humana y el medio ambiente ante los efectos adversos de los residuos peligrosos; promover la reducción de la generación de residuos peligrosos y la restricción de sus movimientos transfronterizos, y fomentar una gestión ambientalmente racional de estos residuos, independientemente del lugar de eliminación (PNUMA, 2010a). El Convenio de Basilea no ha sido ratificado por Estados Unidos; sin embargo, dado que más de 98% de las importaciones y exportaciones de desechos peligrosos y materiales reciclables peligrosos en América del Norte ocurren entre Canadá y Estados Unidos, ambos países firmaron en 1986 el **Acuerdo Canadá-Estados Unidos sobre el Movimiento**

³⁶ CCA (2013), [¿Comercio peligroso? Estudio sobre las exportaciones de baterías de plomo-ácido usadas generadas en Estados Unidos y el reciclaje de plomo secundario en Canadá, Estados Unidos y México](#), Comisión para la Cooperación Ambiental.

³⁷ CCA (2002), [Metales y Derivados: expediente de hechos relativo a la petición SEM-98-007](#), Comisión para la Cooperación Ambiental.

³⁸ Gobierno de México (2018), "[Asuntos internacionales](#)", sección sobre temas de relevancia internacional, Semarnat, 6 de diciembre de 2018.

Transfronterizo de Residuos Peligrosos, con el objetivo de garantizar que dichos movimientos se manejen de manera segura y que los residuos sean enviados a instalaciones debidamente autorizadas en la jurisdicción de importación.³⁹

- **Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional**, cuyo objetivo es establecer un mecanismo de autorización previa a la importación y exportación de sustancias químicas peligrosas y plaguicidas comerciales. Para lograrlo, se busca garantizar que todos los países importadores de tales productos disponen de toda la información necesaria acerca de las características de tales materiales y los riesgos que implica su manejo, a efecto de permitirles decidir —sobre la base del consentimiento informado— qué sustancias químicas en efecto desean recibir y excluir aquellas que no puedan manejar de manera segura, evitando así riesgos a la salud humana y el ambiente (PNUMA, 2010b).
- **Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes**, que tiene por objeto proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos dañinos de los contaminantes orgánicos persistentes (COP), al tiempo de promover las mejores prácticas y tecnologías disponibles para reemplazar a los COP que se utilizan actualmente, y prevenir la creación o desarrollo de nuevos COP gracias al fortalecimiento de las legislaciones e instrumentos nacionales (PNUMA, 2010c).
- **Convenio de Minamata sobre el Mercurio**, tratado jurídicamente vinculante cuyo objetivo consiste en proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y sus compuestos. De acuerdo con la clasificación de la OMS, el mercurio es una de las diez sustancias químicas más peligrosas. El Convenio entró en vigor el 16 de agosto de 2017 y, a la fecha, 86 países lo han ratificado (PNUMA, 2021a).
- **Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química (FISQ)**, acuerdo no vinculante por el cual representantes de gobiernos se reúnen, junto con organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, a fin de considerar todos los aspectos relativos a la evaluación y el manejo de las sustancias químicas. El propósito es integrar y consolidar los diversos esfuerzos nacionales e internacionales para contribuir a la consecución de los objetivos del capítulo 19 de la Agenda 21.⁴⁰
- **Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM)**, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo consiste en lograr un manejo adecuado de las sustancias químicas durante todo su ciclo de vida, de manera que los efectos adversos significativos en la salud humana y el medio ambiente asociados a su producción y utilización se minimicen. Para el logro de este objetivo se vislumbran varias vías, entre las que figura la implementación del Plan de Acción Mundial (PNUMA, 2021b).

³⁹ Gobierno de Canadá, “[Canada-US agreement on waste](#)” [Acuerdo Canadá-Estados Unidos sobre Desechos].

⁴⁰ OMS, [Intergovernmental Forum on Chemical Safety](#) [Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química], Alianza Mundial para la Seguridad Química, Organización Mundial de la Salud (información disponible sólo en inglés). Consúltense también: Gobierno de México (2015), “[Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química \(FISQ\)](#)”, Semarnat, 25 de noviembre de 2015.

Canadá

Ley Canadiense para la Protección del Medio Ambiente

Principal ordenamiento jurídico en materia ambiental en Canadá, la Ley Canadiense para la Protección del Medio Ambiente (*Canadian Environmental Protection Act*, CEPA) tiene el propósito de proteger el medio ambiente y la salud humana previniendo la contaminación y minimizando los riesgos asociados con la exposición a sustancias químicas potencialmente peligrosas (Gobierno de Canadá, 2021b).

Administrada por el ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC), en conjunto con el ministerio de Salud (*Health Canada*), la CEPA proporciona al gobierno de Canadá múltiples herramientas y disposiciones reglamentarias para proteger el medio ambiente y la salud humana, entre las que se incluye el establecimiento de directrices estrictas para el manejo de sustancias clasificadas como tóxicas en términos de la propia ley. En términos de la CEPA, corresponde a la División de Reducción y Manejo de Residuos (*Waste Reduction and Management Division*) de ECCC supervisar la reglamentación relacionada con la importación y exportación de residuos peligrosos y materiales reciclables peligrosos; la exportación de residuos que contienen bifenilos policlorados (BPC), y el movimiento interprovincial de residuos peligrosos (Gobierno de Canadá, 2016a).⁴¹

Los titulares de los ministerios de Medio Ambiente y Cambio Climático y de Salud son, ambos, responsables de integrar una lista de sustancias que deben evaluarse de manera oportuna para determinar si son —o pueden volverse— tóxicas. Las sustancias de preocupación se agregan a la Lista de Sustancias Prioritarias (*Priority Substances List*, PSL), con el requisito de ser evaluadas dentro de los cinco años posteriores a su inclusión en la lista. Asimismo, se recomienda que las sustancias consideradas tóxicas se agreguen a la Lista de Sustancias Tóxicas (TSL, por sus siglas en inglés), también denominada Lista del Apéndice 1 (*Schedule 1 substances*), tras lo cual han de tomarse en cuenta e implementarse las correspondientes acciones preventivas o de control —incluidos reglamentos, directrices o códigos de práctica— en lo concerniente a todos los aspectos del ciclo de vida de cada sustancia: desde la investigación y etapa de desarrollo hasta la fabricación, uso, almacenamiento, transporte y disposición final o reciclaje. La eliminación virtual de determinadas sustancias también puede proponerse en virtud de la sección 65(3) de la CEPA (Gobierno de Canadá, 2016b).

En lo concerniente a los sectores productivos de la economía, las responsabilidades del gobierno federal incluyen promover la prevención de la contaminación, buscando evitar las emisiones contaminantes y reducir los costos no-económicos del tratamiento y disposición de residuos. Esto entraña el manejo y control de sustancias enumeradas en el Apéndice 1. Las disposiciones sobre cumplimiento en conformidad con CEPA estipulan que cuando una sustancia se libera en contravención de la Ley —o cuando existe la probabilidad de su liberación—, la persona o entidad responsable debe tomar todas las medidas de emergencia razonables para prevenir la liberación, incluso si aún no ha ocurrido; para remediar cualquier condición peligrosa, o bien para reducir cualquier peligro para el medio ambiente y la vida o

⁴¹ Gobierno de Canadá, "[Management of hazardous waste and hazardous recyclable material](#)" [Manejo de desechos peligrosos y materiales reciclables peligrosos].

la salud humanas que resulte —o se anticipe resultará— de la liberación de la sustancia (Gobierno de Canadá, 2019a).

Las secciones 46-53 de la CEPA definen las actividades relativas a la recopilación de información relacionada, lo que incluye la elaboración de inventarios de emisiones como el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes (*National Pollutant Release Inventory*, NPRI). Establecido en 1993, este inventario público de emisión, eliminación y transferencia rastrea alrededor de 320 contaminantes de más de 7,000 instalaciones en un amplio abanico de sectores de fabricación, así como minas, operaciones de extracción de petróleo y gas, plantas de energía y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Características del NPRI de Canadá

Actividades y sectores industriales cubiertos: Todo establecimiento que fabrique o utilice una sustancia química listada, excepto las actividades eximidas (por ejemplo, investigación, reparación, venta al menudeo, agricultura y silvicultura). Toda instalación que emita contaminantes atmosféricos de criterio (CAC) al aire en cantidades específicas.

Número de contaminantes sujetos a registro: Más de 320 contaminantes o grupos de contaminantes.⁴²

Umbral de empleo: Por lo general, diez o más empleados. Para determinadas actividades, como la incineración de residuos y el tratamiento de aguas residuales, no se aplica el umbral de diez empleados.

Umbrales de “actividad” (fabricación, proceso u otro uso) o de emisión de contaminantes: Umbrales de “actividad” de 10,000 kg para la mayoría de las sustancias químicas. Umbrales más bajos para algunos contaminantes como sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB), hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas y furanos, y CAC.

Tipos de emisiones y transferencias cubiertas: Emisiones en sitio al aire, el agua y el suelo; eliminación o disposición final en sitio (incluida la inyección subterránea); transferencias fuera de sitio para eliminación, tratamiento previo a la eliminación (incluidas descargas al alcantarillado), reciclaje y recuperación de energía.

Otra información registrada: Los establecimientos pueden presentar información relativa a sus planes y actividades de prevención de la contaminación.

Ley de Pesca

Las nuevas disposiciones de la Ley de Pesca (*Fisheries Act*) canadiense, incluidas protecciones para los peces y su hábitat en forma de estándares, códigos de práctica y directrices para la realización de proyectos cercanos a cuerpos de agua, entraron en vigor en 2019. El ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (ECCC) es la dependencia federal responsable de administrar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones de prevención de la contaminación de esta ley, que prohíben el depósito (es decir, la descarga, pulverización, liberación, derrame, fuga, filtración, emisión, vaciado, vertido o colocación) de sustancias nocivas en aguas frecuentadas por peces. La Ley de Pesca define las sustancias nocivas como:

⁴² Para el periodo 2014-2018.

“...toda sustancia que, si se agrega a cualquier tipo o cuerpo de agua, tendría un efecto directo —o formaría parte de un proceso— de degradación o alteración de la calidad de esa agua, de modo que se vuelva —o pueda volverse— perjudicial para los peces o el hábitat de los peces o para el uso humano...” (Gobierno de Canadá, 2021c).

ECCE hace cumplir las disposiciones de la Ley de Pesca para la prevención de la contaminación a través de inspecciones, recopilación de pruebas de presuntas violaciones y otras acciones de aplicación de la legislación apropiadas (Gobierno de Canadá, 2021d). Además, conforme a la Ley sobre el Control de la Aplicación de la Legislación Ambiental (*Environmental Enforcement Act*, EEA), se requiere llevar un registro de corporaciones que incurran en incumplimiento con ciertas leyes ambientales y de vida silvestre, incluidas las disposiciones de prevención de la contaminación de la Ley de Pesca. Los pagos de multas obtenidos como consecuencia de tales infracciones se abonan al Fondo de Daños Ambientales (*Environmental Damages Fund*) y sirven para financiar proyectos prioritarios de restauración o rehabilitación medioambiental, así como de conservación de la vida silvestre y los hábitats (Gobierno de Canadá, 2021e).

Ley sobre Evaluación del Impacto Ambiental

La Ley sobre Evaluación del Impacto Ambiental (*Impact Assessment Act*, IAA), en vigor a partir de 2019 (en reemplazo de la Ley Canadiense de Evaluación Ambiental [*Canadian Environmental Assessment Act*, CEAA] de 2012), creó la Agencia de Evaluación de Impacto de Canadá (*Impact Assessment Agency of Canada*, IAAC), dependencia federal con un amplio mandato y responsabilidades como la única entidad a cargo de las evaluaciones de impacto ambiental y también de la coordinación de consultas con comunidades indígenas en lo relativo a posibles proyectos de gran envergadura. Así, la IAAC es responsable de evaluar los impactos ambientales, económicos, sociales y de salud —positivos y negativos— de todo proyecto importante que se planea realizar (Gobierno de Canadá, 2021f).

Entre las actividades sujetas a evaluaciones de impacto ambiental en términos de la IAA se encuentran la construcción, operación, desmantelamiento y abandono de instalaciones utilizadas exclusivamente para el tratamiento, incineración, disposición final o reciclaje de residuos peligrosos, así como la expansión de dichas instalaciones en los casos en que la ampliación entrañe un aumento de 50% o más en la capacidad de operación y procesamiento de residuos peligrosos.⁴³

Además de negociar los acuerdos internacionales relacionados con productos químicos y residuos, el gobierno federal se encarga de regular los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y materiales reciclables peligrosos. Las condiciones relativas a la exportación e importación de dichos residuos y materiales están establecidas en el **Reglamento sobre la Exportación e Importación de Residuos Peligrosos y Materiales Reciclables Peligrosos** (*Export and Import of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material*

⁴³ Véase: [Canadian Environmental Assessment Act](#) [Ley Canadiense de Evaluación Ambiental] e [Impact Assessment Act](#) [Ley sobre Evaluación del Impacto Ambiental].

Regulations, EIHWHRMR)⁴⁴ (Gobierno de Canadá, 2021g). Por su parte, las autoridades provinciales, territoriales y municipales están a cargo de regular el tratamiento, almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos al interior de sus propias jurisdicciones.

Esta autoridad compartida entre los ámbitos federal, por un lado, y provincial, territorial y municipal, por el otro, respecto de la gestión de residuos peligrosos en Canadá añade complejidad a la tarea. Si bien existen reglamentación y normas federales avanzadas en la materia, las operaciones y actividades de manejo de residuos peligrosos son atributo de autoridades provinciales, territoriales y municipales y, por ende, la normativa que las regula puede ser muy diferente de una jurisdicción a otra en todo el país. Con todo, cabe señalar que una entidad clave por medio de la cual los gobiernos federal y provinciales o territoriales colaboran con miras a proteger el medio ambiente y la salud de los canadienses es el **Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente** (*Canadian Council of Ministers of the Environment, CCME*), establecido en 1964 e integrado por los ministros de medio ambiente de los gobiernos federal, provinciales y territoriales. El CCME ha elaborado directrices nacionales para el tratamiento, almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos y materiales reciclables peligrosos, así como directrices para la operación de instalaciones de incineración, sitios de confinamiento y procesos de tratamiento físico, químico y biológico de estas sustancias.⁴⁵

Otras autoridades federales involucradas en la regulación y control de contaminantes incluyen la **Agencia Canadiense de Inspección de los Alimentos** (*Canadian Food Inspection Agency, CFIA*), que regula los biosólidos municipales que se importan o venden en Canadá como fertilizantes o suplementos del suelo, con estándares que buscan garantizar su seguridad con respecto al contenido de metales traza, dioxinas y furanos, y patógenos (CCME, 2012).

México

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

El marco normativo ambiental de México tiene como eje rector la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Este instrumento contiene lineamientos en materia de ordenamiento ecológico, impacto ambiental, biodiversidad, flora y fauna, áreas naturales protegidas, autorregulación y fiscalización ambiental, materiales y residuos peligrosos, y prevención y control de la contaminación de aire, agua y suelo (DOF, 1988). La LGEEPA define el manejo de residuos peligrosos como un conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, la recolección, el transporte, el alojamiento, el reúso, el tratamiento, el reciclaje, la incineración y la disposición final de tales residuos peligrosos.

⁴⁴ [Export and Import of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Regulations](#) (Reglamento EIHWHRMR). Cabe resaltar que este reglamento se encuentra en proceso de consolidación con el nuevo Reglamento sobre Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y Materiales Reciclables Peligrosos ([Cross-border Movement of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Regulations](#)); véase al respecto la nota: “[About the regulations](#)”.

⁴⁵ Véase: CCME, “[Waste](#)” [Residuos], Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (consulta realizada el 17 de noviembre de 2021), y CCME, 2014.

Todas estas actividades deben contar con la debida autorización por parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), a través de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), dependencia que identifica distintas modalidades para el manejo de residuos peligrosos – entre las que se incluyen el tratamiento físico, químico o biológico; la incineración, y la disposición en el subsuelo mediante inyección subterránea profunda.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

En México, la gestión de los residuos sólidos, de manejo especial, y peligrosos está determinada por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), su reglamento y las normas relacionadas. En tales instrumentos se definen los lineamientos para realizar un manejo integral de los residuos —desde su generación hasta la disposición final— en condiciones de seguridad. Algunas de las disposiciones de la LGPGIR (DOF, 2003) y su reglamento para el manejo de residuos peligrosos (DOF, 2006) se describen en el **cuadro 11**.

Cuadro 11. Disposiciones jurídicas para el manejo de residuos peligrosos en México

Almacenamiento	Tratamiento	Confinamiento controlado
<p>Los residuos peligrosos captados y debidamente envasados deben ser remitidos a un sitio de almacenamiento donde no podrán permanecer por un periodo mayor a 6 meses. Deberán cumplirse ciertas condiciones básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El almacenamiento debe realizarse en recipientes adecuadamente identificados, con consideración de las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, a efecto de prevenir posibles fugas, derrames, emisiones o explosiones e incendios. - El almacén ha de contar con dispositivos (muros, pretilas de contención, fosas de retención para la captación de residuos en estado líquido o de lixiviados) que permitan contener posibles derrames. <p>Está prohibido almacenar residuos peligrosos incompatibles —en términos de la norma técnica ecológica correspondiente— y en cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento.</p>	<p>Quienes realicen procesos de tratamiento físico, químico o biológico de residuos peligrosos deberán presentar información sobre los procedimientos, métodos o técnicas mediante los cuales se realizarán, de conformidad con las normas oficiales mexicanas.</p> <p>Para el tratamiento de residuos peligrosos mediante tecnologías de pozos de inyección profunda, dicha información debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - características físicas, químicas o biológicas, así como cantidad de los residuos peligrosos a inyectar; - sistema o método a través del cual se realizará dicha inyección; - características geológicas del estrato o formación en el que se realizará la inyección; - medidas para prevenir la contaminación de acuíferos y de cuerpos de agua; - descripción de la operación y mantenimiento de los pozos; y - descripción del cierre y abandono de los pozos de inyección. 	<p>Las instalaciones para el confinamiento de residuos peligrosos deberán contar con las características necesarias para prevenir y reducir la posible migración de los residuos fuera de las celdas, de conformidad con las disposiciones del reglamento correspondiente y las normas oficiales mexicanas aplicables, así se trate de confinamiento controlado, o bien en formaciones geológicamente estables.</p>

Fuentes: DOF, 2003 y 2006.

Normas oficiales mexicanas

Las normas oficiales mexicanas (NOM) establecen cuáles residuos se clasifican como peligrosos; definen los límites de concentración de las sustancias tóxicas contenidas en ellos, y prescriben el manejo científica y experimentalmente fundamentado que debe dárseles, con base su peligrosidad (DOF, 2003). La NOM-052-SEMARNAT-2005 determina las características de los residuos peligrosos, al igual que los procedimientos para su identificación y clasificación, e integración de los listados correspondientes. Otras normas relacionadas con la gestión de residuos peligrosos incluyen:

- NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos;
- NOM-055-SEMARNAT-2003, Que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados;
- NOM-058-SEMARNAT-1993, Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos, y
- NOM-145-SEMARNAT-2003, Confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables.

Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

El Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes establece el correspondiente sistema o programa mexicano de registro *RETC*, como instrumento único para recopilar y difundir la información sobre: a) la liberación de sustancias listadas en la NOM-165-SEMARNAT-2013 al aire, al suelo y cuerpos de agua nacionales (emisiones), y b) el traslado de residuos peligrosos para reúso, reciclado, coprocesamiento, tratamiento o disposición final, o bien su descarga al alcantarillado en forma de aguas residuales (transferencias) por parte de los establecimientos sujetos a registro (Semarnat, 2021). Los datos que se declaran al *RETC* han de integrarse con otros datos e información contenida en autorizaciones, cédulas, informes, registros, licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Semarnat o autoridades competentes, como los gobiernos de la Ciudad de México, los estados y, en su caso, los municipios (DOF, 2004).

Características del *RETC* de México

Actividades y sectores industriales cubiertos: Establecimientos industriales (fuentes fijas) pertenecientes a once sectores bajo jurisdicción federal, en cuanto a emisiones a la atmósfera: petróleo, industria química y petroquímica, pinturas y tintas, metalurgia (hierro y acero), fabricación de automóviles, celulosa y papel, cemento y cal, asbesto, vidrio, centrales eléctricas y manejo de residuos peligrosos. También, plantas con las siguientes actividades sujetas a jurisdicción federal:

- grandes generadores de residuos peligrosos (diez toneladas o más), si los residuos transferidos contienen sustancias *RETC* en cantidades iguales o superiores al umbral de registro;
- establecimientos que descarguen aguas residuales a cuerpos de agua nacionales, si dichas descargas contienen sustancias *RETC* en cantidades iguales o superiores al umbral de registro.

Número de contaminantes sujetos a registro: 200 contaminantes o grupos de contaminantes.⁴⁶

Umbral de empleo: No se aplica.

Umbrales de “actividad” (fabricación, proceso u otro uso) o de emisión de contaminantes: Umbrales de emisión y de “actividad” para cada contaminante (los establecimientos deben declarar si alcanzan o exceden cualquiera de los umbrales). Salvo para los gases de efecto invernadero (GEI), los umbrales de emisión varían de 1 a 1,000 kg y los de “actividad”, de 5 a 5,000 kilogramos. Todas

⁴⁶ A partir de 2014.

las emisiones de bifenilos policlorados y hexafluoruro de azufre, al igual que toda emisión o actividad con dioxinas y furanos, deben registrarse.

Tipos de emisiones y transferencias cubiertas: Emisiones en sitio al aire, el agua y el suelo; transferencias fuera de sitio para eliminación o disposición final, reciclaje, reutilización, recuperación de energía, tratamiento, coprocesamiento, (insumo en otro proceso de producción) y descargas al alcantarillado.

Otra información registrada: Los establecimientos pueden presentar información relativa a sus actividades de prevención de la contaminación en sitio (por ejemplo, reutilización, reciclaje, recuperación de energía, tratamiento o control).

El instrumento para registrar y recopilar la información anual sobre emisiones y transferencias de contaminantes, y con base en el cual se actualiza la base de datos del *RETC*, es la **Cédula de Operación Anual (COA)**. Utilizan la COA sectores e instalaciones de jurisdicción federal generadores de residuos peligrosos, así como instalaciones que descargan aguas residuales en cuerpos receptores que constituyen “aguas nacionales” (DOF, 2004). Además de los datos *RETC* (contenidos en la sección V), la COA contiene también información sobre los procesos, insumos, productos, subproductos y consumo de energía de una planta industrial, junto con datos acerca de la generación, transferencia y gestión de sus residuos peligrosos.

La **Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGCARETC)**, de la Semarnat, es la dependencia responsable de integrar y difundir la información del *RETC*, así como de definir e implementar la COA. Por su parte, a la **DGGIMAR** le corresponde la expedición, suspensión o revocación de autorizaciones para el manejo y traslado de materiales y residuos peligrosos, así como para su recolección, transporte, tratamiento y otros servicios de remediación. La cooperación entre ambas direcciones generales se requiere a fin de garantizar la disponibilidad de información clara y uniforme relativa tanto a la COA como a los registros de autorización, misma que se utiliza para poblar los datos del *RETC*. Ahora bien, las discrepancias que llegan a encontrarse en la base de datos del *RETC* pueden obedecer a que el manejo y la disposición final de residuos peligrosos en ocasiones se contratan con terceros autorizados. En tales casos, la responsabilidad del generador respecto de los residuos se transfiere también a dichos terceros, quienes se vuelen los responsables de solicitar a la DGGIMAR las autorizaciones correspondientes para sus operaciones de manejo de residuos.⁴⁷

Como complemento del *RETC* y la COA, un elemento clave para la gestión de los residuos es el **Plan de Manejo de Residuos Peligrosos**, instrumento de gestión ambiental diseñado para que los particulares involucrados en la generación de residuos peligrosos reduzcan sus volúmenes, procurando aprovechar al máximo el valor de los materiales reutilizables, reciclables o susceptibles de utilización como combustible alternativo, y con ello disminuir la demanda de procesos de tratamiento, confinamiento o eliminación (disposición final) de los residuos generados. Entre los sujetos obligados a la formulación y ejecución de planes de manejo se incluyen los productores, importadores, exportadores y distribuidores de productos que, al desecharse, se convierten en residuos peligrosos en conformidad con las fracciones I a XI del artículo 31 de la LGPGIR, a saber: aceites lubricantes usados; solventes orgánicos

⁴⁷ LGPGIR, artículos 42 y 79, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003), última reforma DOF 22-05-2015.

usados; convertidores catalíticos de vehículos automotores; acumuladores (baterías) de vehículos automotores con contenido de plomo; baterías eléctricas (pilas) a base de mercurio o de níquel-cadmio; lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio; aditamentos que contienen mercurio, cadmio o plomo; fármacos; plaguicidas y sus envases, o empaques que contengan remanentes de los mismos (DOF, 2006).

En el caso del sector de extracción de petróleo y gas, la **Agencia de Seguridad, Energía y Medio Ambiente (ASEA)**, dependiente de la Semarnat, es la autoridad reguladora a cargo de la planificación estratégica. Esta dependencia es responsable de la interpretación y aplicación de las leyes y demás disposiciones legales que regulan el funcionamiento del sector; por ejemplo, en lo relativo a la seguridad de las operaciones y actividades de transporte y distribución de hidrocarburos y otros productos petrolíferos. La ASEA también realiza acciones de inspección y vigilancia.⁴⁸

Por su parte, la **Comisión Nacional del Agua (Conagua)** monitorea el otorgamiento de permisos y el cumplimiento de los sectores industrial y comercial en relación con las leyes y reglamentos sobre calidad del agua. La Conagua también monitorea los siguientes parámetros o indicadores en materia de agua: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* y enterococos, entre otros.

Además, la Conagua es responsable de supervisar la implementación de las siguientes normas relativas a la protección de la calidad del agua:

- NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación;
- NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal;
- NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, y proporciona pautas para la aplicación de biosólidos en suelos (con fines de biorremediación), y
- NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental: lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.⁴⁹

⁴⁸ ASEA, “[Acciones y programas](#)”, Agencia de Seguridad, Energía y Medio Ambiente, Semarnat.

⁴⁹ Conagua, [Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997](#), Comisión Nacional del Agua, Semarnat.

Estados Unidos

Ley para el Control de Sustancias Tóxicas

La Ley para el Control de Sustancias Tóxicas (*Toxic Substances Control Act*, TSCA) confiere a la EPA jurisdicción respecto de los requisitos para el registro, seguimiento, realización de pruebas y restricción en materia de sustancias químicas y sus mezclas. Si bien los alimentos, fármacos, cosméticos y plaguicidas quedan fuera del alcance de esta ley, la TSCA se ocupa de la producción, importación, uso y eliminación de compuestos químicos específicos (por ejemplo, bifenilos policlorados y asbestos). Las disposiciones de la TSCA se relacionan, entre otros elementos, con: a) la notificación de nuevas sustancias químicas, previa a la manufactura; b) la realización de pruebas (por parte de productores, importadores y procesadores) para sustancias químicas en relación con las cuales se han identificado riesgos o preocupaciones en cuanto a exposición; c) el mantenimiento de un inventario de más de 83,000 sustancias químicas regidas por la TSCA, y d) la certificación y requisitos de registro de exportaciones e importaciones de productos químicos (EPA 2022a).

Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambientales

La Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambientales (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act*, CERCLA), también conocida como Ley del Superfondo (*Superfund*), establece los lineamientos y financiamiento para la eliminación de residuos peligrosos y la limpieza de sitios de confinamiento abandonados o sin los controles necesarios, así como accidentes, derrames y otros contaminantes liberados al medioambiente en percances y situaciones de contingencia (EPA 1994).

Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos

En Estados Unidos, los residuos industriales peligrosos están regulados en términos de la Ley sobre Conservación y Recuperación de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act*, RCRA), promulgada en 1976. La RCRA determina qué sustancias se clasifican como residuos peligrosos, así como los tipos de eliminación o disposición final permisibles para cada caso. Asimismo, en conformidad con las disposiciones de la RCRA, se mantiene información acerca de sitios específicos de generación y eliminación o disposición final de residuos.

Las disposiciones relativas a la identificación, clasificación, generación, manejo y eliminación de residuos peligrosos se encuentran en las partes 148 y 260-273 del título 40 del Código de Reglamentos Federales (*Code of Federal Regulations*, CFR), mismas que incluyen listas relacionadas con la identificación de residuos peligrosos; aluden a las normas que deben observar los generadores y transportistas de residuos peligrosos, así como los propietarios y operadores de instalaciones para su tratamiento, almacenamiento y disposición final, y establecen estándares para los programas de manejo de residuos peligrosos y correspondientes autorizaciones a nivel estatal (CFR, 2020).

El **cuadro 12** resume las principales disposiciones que rigen la eliminación de residuos peligrosos en Estados Unidos.

Cuadro 12. Disposiciones jurídicas para la eliminación de residuos peligrosos en Estados Unidos

Tratamiento	Confinamiento	Importación y exportación
<p>El tratamiento térmico podrá realizarse en dispositivos cerrados que utilicen combustión de llama controlada; por ejemplo, por incineración o calderas u hornos industriales. Un incinerador de residuos peligrosos debe diseñarse, construirse y mantenerse de manera que funcione de acuerdo con los requisitos operativos especificados en el permiso.</p> <p>El tratamiento químico, físico y biológico de residuos peligrosos podrá realizarse en sistemas de tanques, embalses superficiales o instalaciones de tratamiento.</p>	<p>Los sitios de confinamiento deben tener un sistema de revestimiento diseñado, construido e instalado de manera que se impida la migración de residuos al subsuelo o a aguas subterráneas superficiales durante la vida activa y periodo de cierre del sitio. El revestimiento debe estar construido con materiales que eviten que los residuos pasen a través de él.</p> <p>Se prohíbe toda inyección subterránea excepto en pozos autorizados conforme al reglamento o con un permiso emitido en el marco del programa UIC.[50] El propietario u operador del pozo deberá preparar, mantener y cumplir con un plan de cierre y abandono del mismo que cumpla con los requisitos del título 40 del CFR al finalizar la vigencia del programa UIC.</p>	<p>Los importadores y exportadores de desechos o residuos peligrosos están sujetos a los requisitos descritos en la parte 262 del título 40 del CFR (Normas Aplicables a Generadores de Residuos Peligrosos [<i>Standards Applicable to Generators of Hazardous Waste</i>] y Normas para los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos con fines de Valorización o Eliminación [<i>Standards for Transboundary Movements of Hazardous Waste for Recovery or Disposal</i>]).</p> <p>El nivel de control para las exportaciones e importaciones de residuos se indica mediante dos listas basadas en el "Sistema de control de la OCDE para desechos destinados a operaciones de valorización": Verde (residuos de bajo riesgo para la salud humana y el medio ambiente) y Ámbar (residuos que presentan un riesgo suficiente para justificar su control).[51]</p>

Fuente: CFR, título 40, partes 148-273. ^{50 51}

Ley sobre Planificación de Contingencias Ambientales y Derecho a la Información

La Ley sobre Planificación de Contingencias Ambientales y Derecho a la Información (*Emergency Planning and Community Right-to-Know Act, EPCRA*) dispone que las empresas están obligadas a informar sobre sus inventarios de sustancias químicas peligrosas y emisiones tóxicas, así como a registrar sus emisiones y transferencias en el Inventario de Emisiones Tóxicas (*Toxics Release Inventory, TRI*), que publica anualmente datos relativos a más de 700 sustancias químicas (y 33 categorías químicas). La reglamentación aplicable a los establecimientos industriales estadounidenses está incluida en las partes 355, 370 y 372 del título 40 del CFR (EPA 1994).

Características del TRI de Estados Unidos

Actividades y sectores industriales cubiertos: Plantas manufactureras, instalaciones federales, centrales eléctricas (a base de petróleo o carbón), minería de carbón y metales, plantas de manejo de desechos peligrosos y recuperación de solventes, mayoristas de sustancias químicas, y terminales de petróleo a granel.

⁵⁰ Véase: CFR (2020), [Underground Injection Control Program](#) [Programa de Control de Inyección Subterránea], Code of Federal Regulations [Código de Reglamentos Federales], título 40, capítulo I, subcapítulo D, parte 144.

⁵¹ OCDE, "[The OECD Control System for waste recovery](#)" [Sistema de control de la OCDE para desechos destinados a operaciones de valorización], Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

Número de contaminantes sujetos a registro: Más de 700 contaminantes individuales y 33 grupos de contaminantes.⁵²

Umbral de empleo: Diez o más empleados de tiempo completo o su equivalente en horas.

Umrales de “actividad” (fabricación, proceso u otro uso) o de emisión de contaminantes: Umrales de “actividad” de 25,000 lbs (alrededor de 11,340 kg), con umbral de “otros usos” de 10,000 lbs (alrededor de 5,000 kg); umbrales más bajos para algunas sustancias, como las tóxicas persistentes y bioacumulables (STPB) y dioxinas y furanos.

Tipos de emisiones y transferencias cubiertas: Emisiones en sitio al aire, el agua y el suelo, así como inyección subterránea en sitio; transferencias fuera de sitio para eliminación o disposición final, reciclaje, recuperación de energía, tratamiento y descargas al alcantarillado.

Otra información registrada: Para cada sustancia química notificada, las instalaciones deben proporcionar un desglose de los residuos químicos derivados de la producción; un coeficiente de producción o índice de actividad para brindar contexto a las cantidades registradas, e información sobre toda actividad de reducción en la fuente recientemente implementada. Las instalaciones también pueden presentar información adicional sobre sus actividades de reciclaje o control de la contaminación.

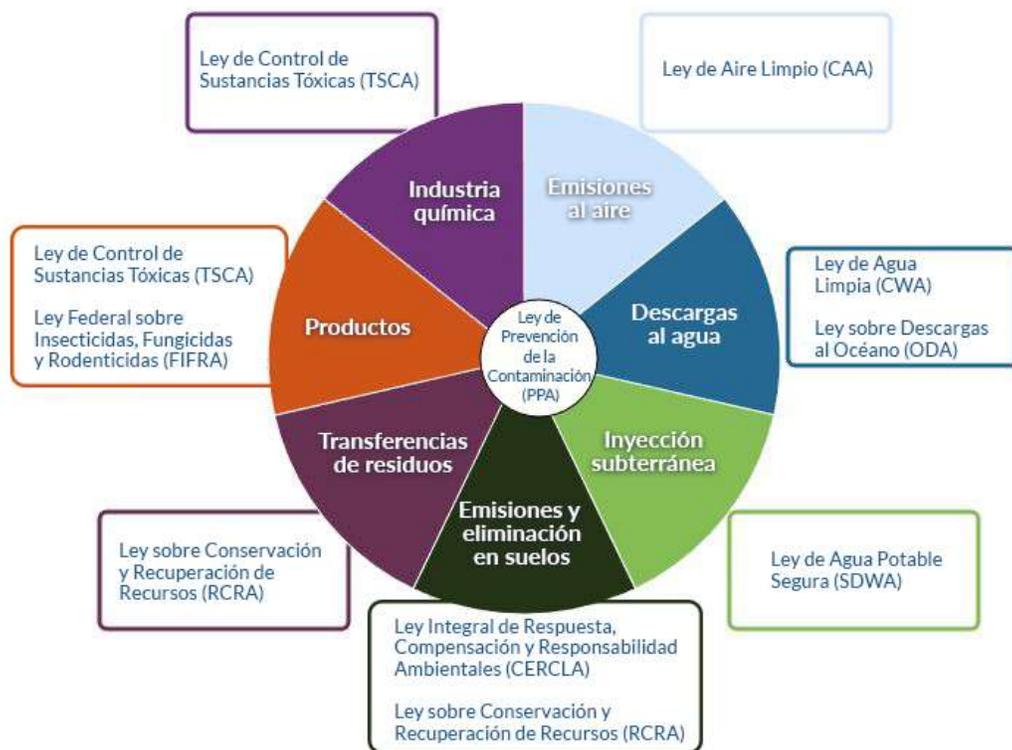
Con apego a la EPCRA, las plantas industriales tienen que proveer es un estimado anual de sus emisiones y transferencias por cada compuesto químico sujeto a registro en el programa RETC estadounidense. Muchos de los establecimientos basan sus estimados en la misma información que deben registrar en conformidad con otras disposiciones reglamentarias aplicables. Como se muestra en la **figura 12**, cada uno de los programas, normas y reglamentos aplicables a los distintos sectores industriales en Estados Unidos permite recabar datos que puede servir como complemento a los registrados en el TRI; así, tales instrumentos constituyen fuentes importantes de información con respecto al uso, manejo o disposición final de otras sustancias no incluidas en el TRI.

Ley de Aire Limpio

En conformidad con las enmiendas realizadas a la Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*, CAA), la EPA debe publicar la reglamentación y guías pertinentes para la prevención de accidentes químicos en instalaciones que usan ciertas sustancias peligrosas (EPA, 2018b). Así, por ejemplo, los establecimientos han de contar con un Plan de Gestión de Riesgos (*Risk Management Plan*, RMP) en el que se identifiquen los posibles efectos de un accidente químico, así como las medidas que está tomando la instalación para su prevención, y se detallen los procedimientos de respuesta de emergencia en caso de que ocurra un accidente (EPA, 2018b). También, en términos de la sección 129 de la CAA, la EPA debe formular y adoptar estándares y límites de emisión respecto de nueve contaminantes —cadmio, monóxido de carbono, cloruro de hidrógeno, plomo, mercurio, óxidos de nitrógeno, partículas, dioxinas y furanos, y dióxido de azufre— para las unidades de incineración de residuos hospitalarios, médicos e infecciosos.

⁵² Para el periodo 2014-2018.

Figura 12. Esquema de normas y reglamentos aplicables a los sectores industriales en Estados Unidos



Fuente: EPA (2022b), “[TRI and Beyond](#)”, Agencia de Protección Ambiental, 2 de marzo de 2022.

Ley de Agua Limpia

La Ley de Agua Limpia (*Clean Water Act*, CWA) regula las descargas de contaminantes en las aguas de Estados Unidos, además de establecer los estándares de calidad aplicables a las aguas superficiales. En conformidad con la CWA, la EPA ha implementado programas de control de la contaminación y establecido estándares en materia de aguas residuales de cumplimiento obligatorio por parte de la industria. Asimismo, ha establecido las concentraciones máximas permitidas y prácticas adecuadas de manejo de los contaminantes, entre otros requerimientos que las instalaciones industriales deben cumplir (EPA, 2021a). La sección 405(d) de la CWA requiere que la EPA revise al menos cada dos años la reglamentación aplicable en materia de lodos derivados del tratamiento de aguas residuales; el propósito de esta revisión bienal es identificar cualesquiera contaminantes tóxicos adicionales y promulgar las disposiciones reglamentarias necesarias, en conformidad con los requisitos establecidos.

El programa de permisos del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (*National Pollutant Discharge Elimination System*, NPDES) regula —en términos de la CWA— las fuentes puntuales que descargan contaminantes en los cuerpos de agua de Estados Unidos. El sistema NPDES establece límites y condiciones de descarga aplicables a fuentes industriales y comerciales, con limitaciones específicas basadas en el sector y tipo de actividad

que genera la descarga. Asimismo, estipula directrices y estándares a efecto de controlar las descargas de sustancias tóxicas y, con ello, limitar los efluentes contaminantes (EPA, 2021g).

Ley de Agua Potable Segura

La Ley de Agua Potable Segura (*Safe Drinking Water Act, SDWA*) establece un marco para el programa de Control de Inyección Subterránea (*Underground Injection Control, UIC*), con disposiciones reglamentarias respecto de la construcción, operación, permisos y cierre de pozos de inyección (que, como se mencionó anteriormente, están regulados por la RCRA) a fin de garantizar que los residuos inyectados no pongan en peligro las fuentes subterráneas de agua potable. Si bien la formulación de los requisitos UIC para la protección de las fuentes subterráneas de agua potable de la posible contaminación generada por las actividades de inyección subterránea corresponde a la EPA, esta dependencia ha aprobado “estatus de primacía” (es decir, autoridad) para treinta y un estados y tres territorios en relación con pozos de inyección subterráneos clases I, II, III, IV y V. El principal medio de que disponen la EPA y las autoridades estatales competentes para controlar el cumplimiento del programa UIC es la inspección de las condiciones y permisos en los sitios de inyección. (EPA, 2016c).

2.4 Análisis de transferencias fuera de sitio para disposición final, 2014-2018

2.4.1 Panorama regional

Como se señaló ya en el capítulo 1, las emisiones y transferencias registradas por los establecimientos de América del Norte en 2018 sumaron casi 5,300 millones de kg, frente a aproximadamente 5,100 millones de kg en 2014 (aumento de alrededor de 3%). En cuanto a las transferencias fuera de sitio para eliminación o disposición final, éstas oscilaron entre 334.5 millones de kg en 2014 y aproximadamente 337 millones de kg en 2018 (aumento de 0.7%) y en promedio representaron alrededor de 6% de las emisiones y transferencias anuales totales. Estas proporciones regionales se reflejan de manera coherente en los datos de Canadá y Estados Unidos; sin embargo, las cifras correspondientes a México muestran una desviación más marcada: en este país, las transferencias para eliminación o disposición final aumentaron de poco más de 3 millones de kg en 2014 (12% de las emisiones y transferencias totales) a casi 16.5 millones de kg en 2018 (34% del total nacional) (véase el **cuadro 13**).

Cuadro 13. Transferencias fuera de sitio para disposición final en América del Norte, por país, 2014-2018

	2014	2015	2016	2017	2018
EMISIONES Y TRANSFERENCIAS TOTALES (ETT), kg					
Canadá	1,799,983,714	1,756,725,697	1,822,796,778	1,935,587,787	1,970,132,829
México	28,164,396	34,632,463	46,875,626	43,411,172	48,912,831
Estados Unidos	3,321,366,072	3,079,490,972	3,115,525,266	3,320,013,066	3,275,135,024
TOTAL (América del Norte)	5,149,514,183	4,870,849,132	4,985,197,670	5,299,012,026	5,294,180,684
TRANSFERENCIAS FUERA DE SITIO PARA DISPOSICIÓN FINAL, kg (total y % de las ETT)					
Canadá	107,974,279 (6%)	105,781,552 (6%)	97,240,871 (5%)	108,297,324 (6%)	109,069,936 (6%)
México	3,241,106 (12%)	4,915,557 (14%)	14,444,940 (31%)	11,907,141 (27%)	16,446,851 (34%)
Estados Unidos	223,299,522 (7%)	233,200,009 (8%)	198,776,348 (6%)	197,041,168 (6%)	211,349,480 (6%)
TOTAL (América del Norte)	334,514,907 (6%)	343,897,119 (7%)	310,462,159 (6%)	317,245,633 (6%)	336,866,266 (6%)

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

Como se mencionó en el capítulo 1, el número total de establecimientos incluidos en los RETC nacionales en América del Norte no varió significativamente entre 2014 y 2018, con la excepción de México, que mostró un aumento de 25 por ciento. Aunque si se consideran exclusivamente las transferencias para disposición final, el aumento en el número de instalaciones que presentaron informes en el *RETC* durante este periodo fue algo menor (alrededor de 12%) (véase el **cuadro 14**).

Cuadro 14. Número de establecimientos con registros en los RETC de América del Norte, 2014-2018

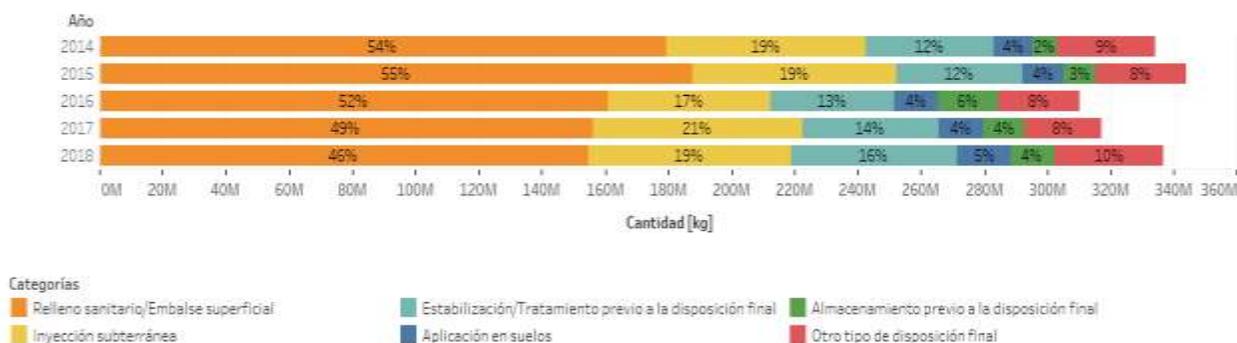
Número de establecimientos que informaron emisiones y transferencias totales (ETT) y transferencias fuera de sitio para disposición final (TDF)										
País	2014		2015		2016		2017		2018	
	ETT	TDF								
Canadá	2,644	957	2,611	960	2,593	924	2,560	904	2,654	977
Estados Unidos	19,383	9,299	19,329	9,596	19,089	9,361	18,983	9,323	18,923	9,184
México	1,562	736	1,778	825	1,704	797	1,789	791	1,957	825
Total (América del Norte)	23,589	10,992	23,718	11,381	23,386	11,082	23,332	11,018	23,534	10,986

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

Los datos mexicanos (que se exploran con mayor detalle en el apartado 2.4.4) muestran que apenas unas pocas de las instalaciones que empezaron a declarar al *RETC* en el periodo en cuestión dieron cuenta de buena parte de los aumentos en las transferencias fuera de sitio para eliminación o disposición final entre 2014 y 2018. La ya mencionada adición a las sustancias sujetas a registro en México, a partir de 2014, también dio lugar a modestos incrementos en las transferencias para disposición final (hasta 600,000 kg cada año, con excepción de 2017).

La **figura 13** muestra las transferencias para disposición final registradas por las instalaciones de América del Norte de 2014 a 2018, por categoría o tipo de práctica. Se observa que las **transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales** representaron alrededor de 155 millones de kg (46% del total) en 2018, disminución de alrededor de 15% con respecto a los 179 millones de kg registrados en 2014.

Figura 13. Transferencias para disposición final en Norte América, por categoría, 2014-2018



Las **transferencias fuera de sitio para inyección subterránea** ocuparon el segundo lugar y representaron entre 17 y 20 por ciento de los totales anuales, seguidas de las **transferencias para estabilización o tratamiento previo a disposición final**, que aumentaron 30% durante el periodo (de alrededor de 40 millones de kg en 2014 a 52 millones en 2018).

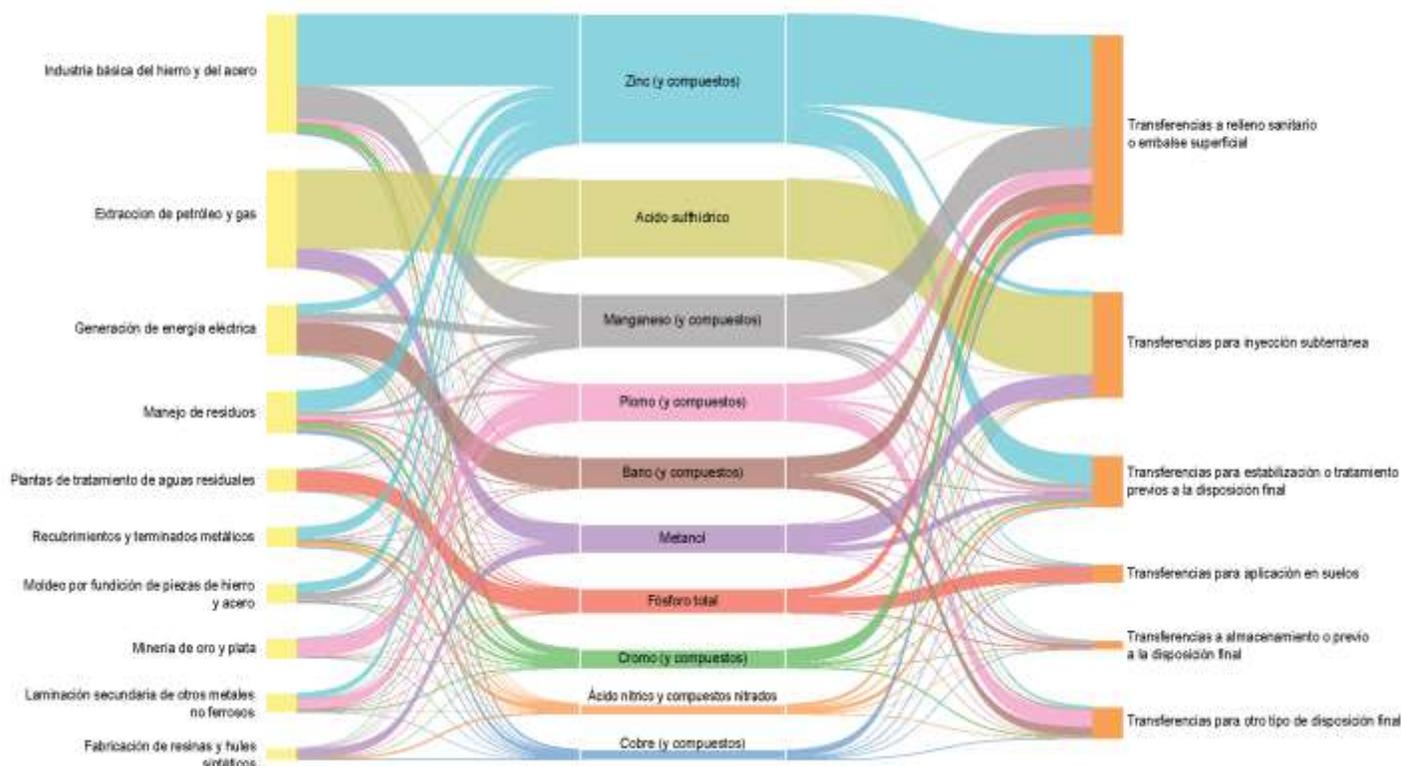
Las **transferencias para “otro tipo de disposición final (desconocida)”** ocuparon el cuarto lugar entre las prácticas de disposición final registradas cada año. Como se describe en el **cuadro 6**, esta categoría puede abarcar una variedad de actividades y procesos; sin embargo, los detalles al respecto generalmente no se registran en los RETC.

Las **transferencias para aplicación en suelos** —práctica de eliminación fuera de sitio clasificada en quinto lugar— aumentaron en más de 40% durante el periodo en cuestión (pasando de aproximadamente 12 millones de kg en 2014 a más de 17 millones en 2018). Finalmente, las **transferencias para almacenamiento previo a la disposición final** representaban entre 7 y 9 millones de kilogramos cada año.

2.4.2 Transferencias para disposición final en América del Norte: principales contaminantes y sectores, 2014-2018

La **figura 14** presenta un diagrama de Sankey de los contaminantes y sectores industriales con mayores volúmenes registrados en cuanto a transferencias fuera de sitio para disposición final en América del Norte, en 2018. Ambos, sectores y contaminantes, se muestran en orden descendente por volumen y categoría o práctica de disposición.

Figura 14. Transferencias para disposición final en América del Norte por sector, contaminante y categoría de disposición final, 2018



Esta figura revela que ese año, dos tercios del total de las transferencias fuera de sitio para eliminación correspondieron a diez sectores, entre los que figuran la industria básica del hierro y del acero, la extracción de petróleo y gas, la generación de energía eléctrica, el manejo de residuos y el tratamiento de aguas residuales.⁵³ De manera similar, los diez principales contaminantes (o grupos de contaminantes) representaron 78% (más de 261 millones de kg) del total de las transferencias para disposición final ese año.

La información representada en el diagrama de Sankey se ilustra también en las **figuras 15a y 15b**, a continuación, que muestran cómo fluctuaron las transferencias para disposición final en la región entre 2014 y 2018, por sectores industriales y contaminantes con mayores volúmenes registrados.

⁵³ Los sectores industriales examinados en este capítulo corresponden al nivel SCIAN-5, con excepción del sector SCIAN 562 “Manejo de residuos y servicios de remediación” (o simplemente, *sector de manejo de residuos*), debido a las diferencias entre los tres países en los códigos SCIAN de cuatro y cinco dígitos utilizados para representar actividades específicas de instalaciones pertenecientes a dicho sector.

Figura 15a. Transferencias para disposición final en América del Norte: principales sectores, 2014-2018

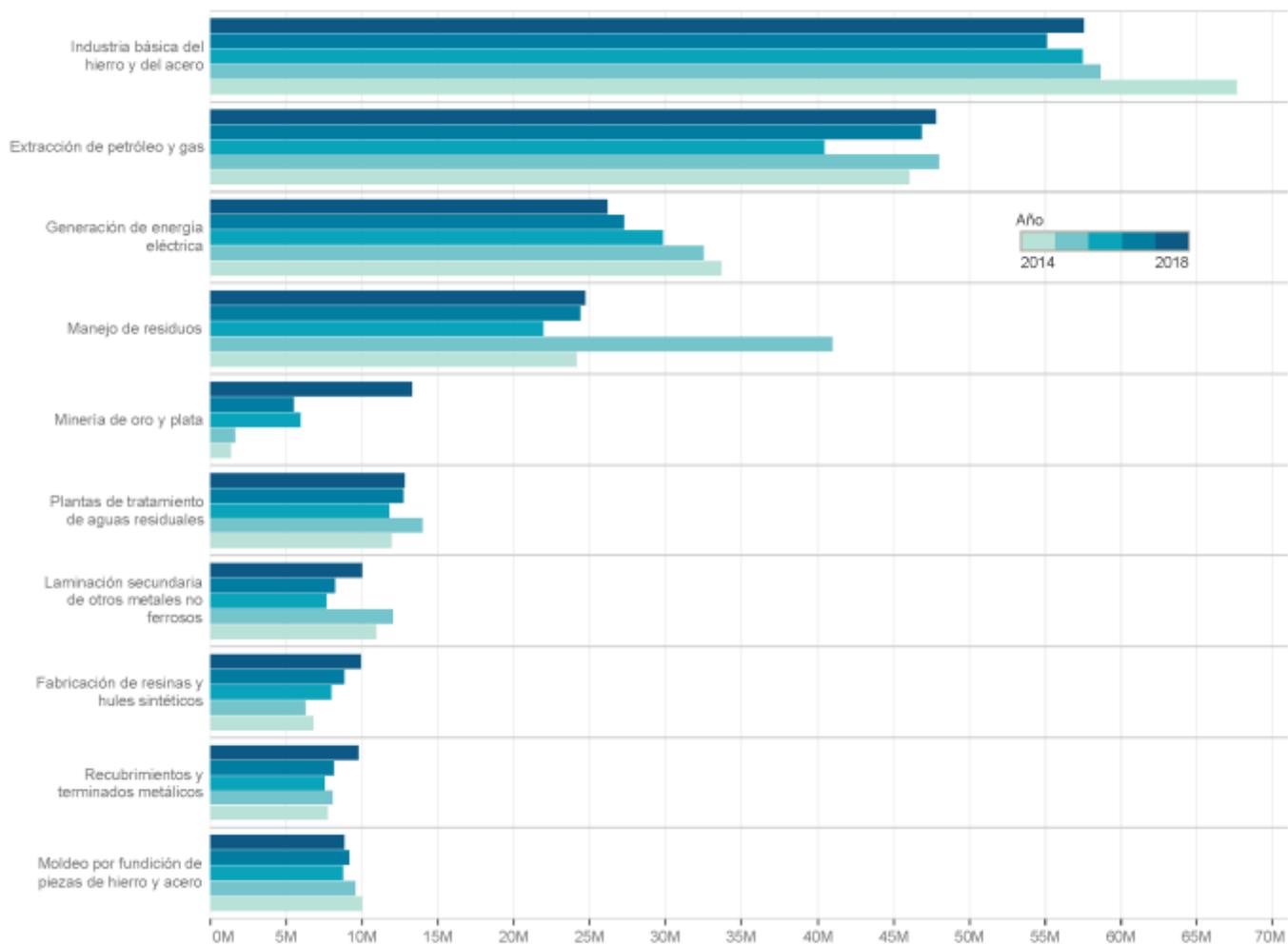
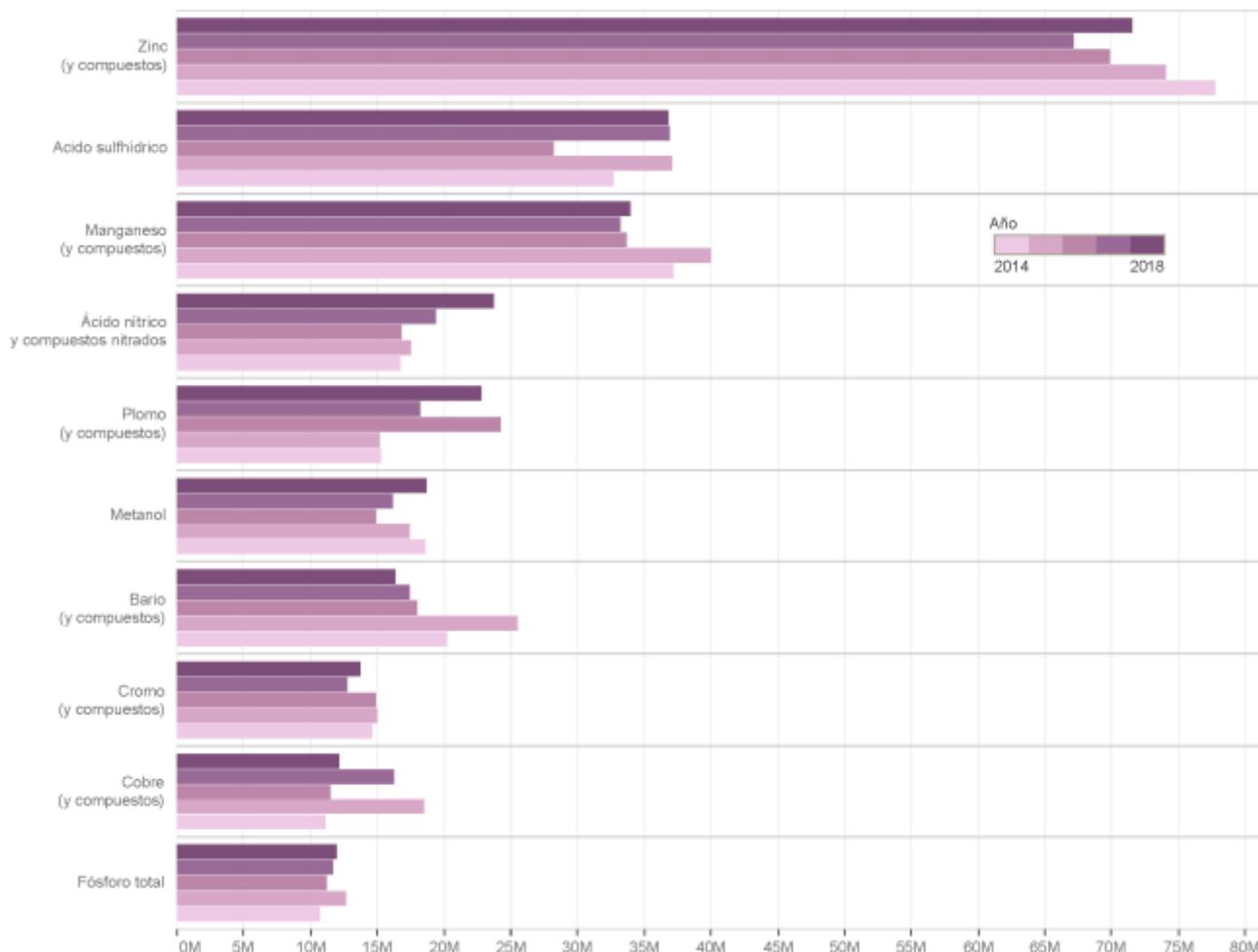


Figura 15b. Transferencias para disposición final en América del Norte: principales contaminantes, 2014-2018



Entre 2014 y 2018, 429 de los 538 contaminantes (o grupos de contaminantes) para los que las instalaciones de América del Norte presentaron registros a los RETC en general⁵⁴ fueron objeto de transferencias para eliminación o disposición final. El **cuadro 15** revela que, de los tres países, las instalaciones en Estados Unidos registraron la mayor cantidad de contaminantes en las distintas categorías o prácticas de disposición, con excepción de disposición por aplicación en suelos (donde la mayor cantidad de sustancias registradas correspondió a las instalaciones canadienses).

⁵⁴ Puesto que las instalaciones pueden declarar 0 kg de una sustancia, el número de sustancias a las que se hace referencia —y objeto de análisis— en este informe corresponde a aquellas registradas en cantidades de cuando menos 0.0001 kilogramos.

Cuadro 15. Número de sustancias registradas por categoría de disposición final en América del Norte, 2014-2018

Categoría de disposición final	Número de sustancias, 2014-2018			
	América del Norte	Canadá	Estados Unidos	México
Total (todas las categorías de disposición final)	429	133	392	42
Inyección subterránea	220	45	157	---
Rellenos sanitarios o embalses superficiales	380	110	259	---
Aplicación en suelos	109	62	57	---
Almacenamiento previo a la disposición final	196	14	178	5
Estabilización o tratamiento previo a la disposición final	293	52	111	32
Otro tipo de disposición final (desconocida)	247	---	181	17

Nota: Se recuerda al lector que en el *RETC* de México no se registran datos correspondientes a transferencias para inyección subterránea, transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales, y transferencias para aplicación en suelos; en tanto que el NPRI de Canadá carece de la categoría “Otro tipo de disposición final”. Al hacer interpretaciones de datos *RETC* de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

Además de reflejar el perfil industrial de cada país, estos datos reflejan el hecho de que más sustancias están sujetas a registro en el TRI de Estados Unidos que en los otros dos programas. Como se mencionó en el capítulo 1, debido a las diferencias entre los tres programas *RETC* nacionales en cuanto a las sustancias sujetas a registro, solamente 70 de los más de 500 contaminantes registrados en toda la región son comunes a los tres países.

Los impactos de estas diferencias en los requisitos de registro se muestran en el **cuadro 16**, que presenta los datos correspondientes a 2018 de las transferencias para disposición final de contaminantes que son exclusivos de Canadá o de Estados Unidos (los países que dan cuenta de la mayoría de estas transferencias en la región).

Cuadro 16. Transferencias para disposición final de contaminantes exclusivos del TRI o NPRI, 2018

TRI de Estados Unidos	Transferencias para disposición final, 2018 (kg)	NPRI de Canadá	Transferencias para disposición final, 2018 (kg)
Bario (y compuestos)	16,358,220	Fósforo total	11,934,250
Total, 132 contaminantes	18,864,011	Total, 28 contaminantes	13,338,156
<i>Bario (y compuestos) como % del total de 132 contaminantes</i>	87	<i>Fósforo total como % del total de 28 contaminantes</i>	89

El cuadro 16 también revela que en 2018 las instalaciones de Estados Unidos registraron cerca de 19 millones de kg en transferencias para disposición final de 132 sustancias que no están sujetas a registro en Canadá, con el bario (y compuestos) en primer lugar (87% del total), registrados en mayor proporción por las centrales eléctricas. Por su parte, las instalaciones canadienses registraron más de 13 millones de kg de 28 sustancias que no están sujetas a notificación en Estados Unidos (fósforo total en primer lugar, proveniente principalmente de instalaciones de tratamiento de aguas residuales).

Cabe señalar que durante este periodo se realizaron ciertos cambios en las listas de contaminantes del TRI estadounidense y del NPRI de Canadá, incluidos:

- la incorporación al TRI de nonilfenol y sus etoxilatos en 2015, y de 1-bromopropano en 2016, lo que se tradujo en incrementos de aproximadamente 100,000 kg en transferencias para disposición final cada año;
- la exclusión del NPRI, en 2016, de 21 contaminantes que en años anteriores fueron transferidos para disposición final en cantidades que oscilaron entre 1 y 10,000 kilogramos.

2.4.3 Transferencias para disposición final en Canadá

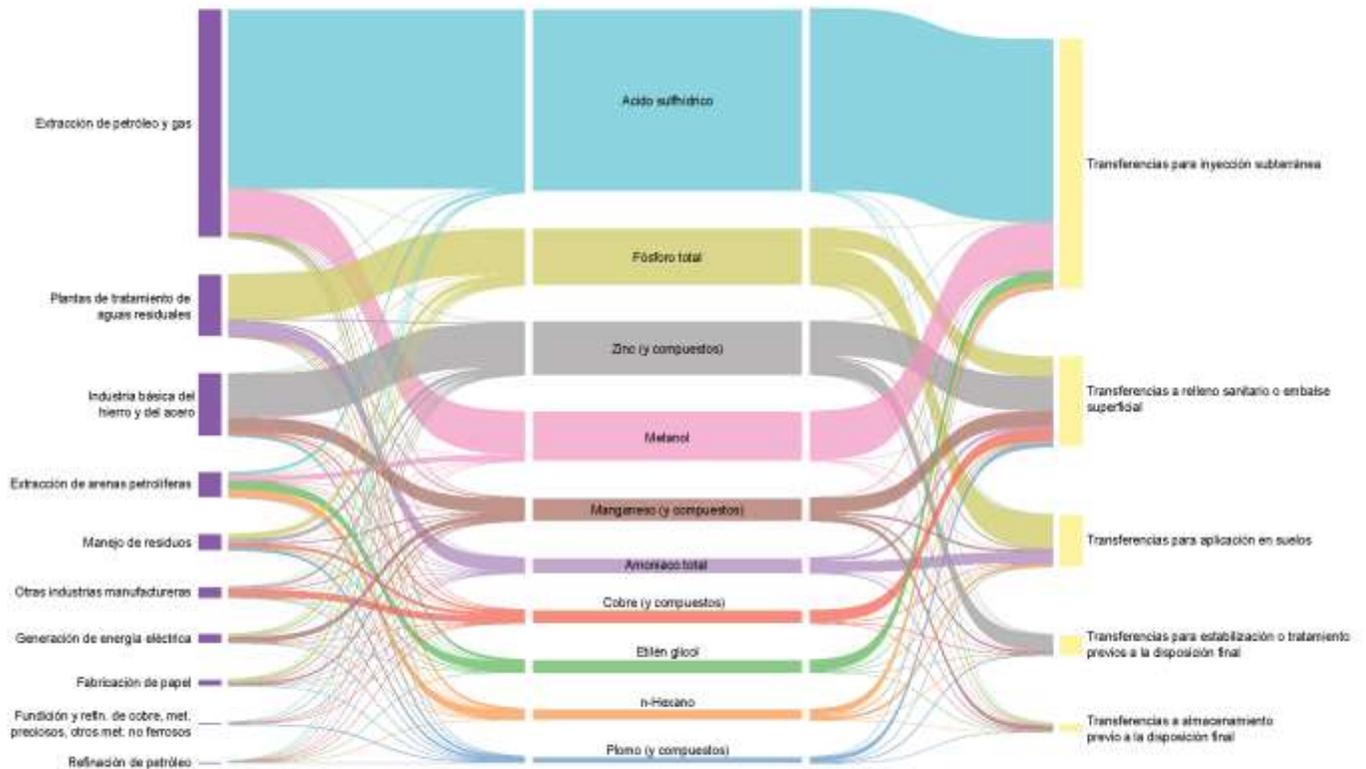
Las transferencias para disposición final registradas por las instalaciones canadienses para el periodo 2014-2018 oscilaron entre aproximadamente 97 millones y 109 millones de kilogramos cada año (véase el **cuadro 13**) y representaron aproximadamente 130 sectores industriales y 120 contaminantes.

El diagrama de Sankey presentado en la **figura 16** muestra que tan sólo cuatro sectores dieron cuenta de 79% del total de estas transmisiones en 2018: extracción de petróleo y gas (incluida la extracción de petróleo y gas no convencional, o arenas bituminosas),⁵⁵ industria básica del hierro y del acero, tratamiento de aguas residuales, y manejo de residuos.

También revela que un pequeño número de contaminantes, como el ácido sulfhídrico (o sulfuro de hidrógeno), el fósforo total, los compuestos de zinc y el metanol, representaron una gran proporción del total, y que de todas las prácticas de eliminación fuera de sitio, las transferencias para inyección subterránea fueron las que predominaron.

⁵⁵ El sector de extracción de petróleo y gas no convencional (o arenas bituminosas) se muestra por separado del sector de extracción de petróleo y gas convencional en esta figura; sin embargo, a lo largo del informe *En balance* ambos sectores se analizan conjuntamente.

Figura 16. Transferencias para disposición final en Canadá por sector, contaminante y categoría de disposición final, 2018



Los principales sectores y contaminantes en cuanto a transferencias para disposición final en Canadá también se reflejan en las **figuras 17a y 17b**, respectivamente, que muestran los cambios registrados entre 2014 y 2018.

Figura 17a. Transferencias para disposición final en Canadá: principales sectores, 2014-2018

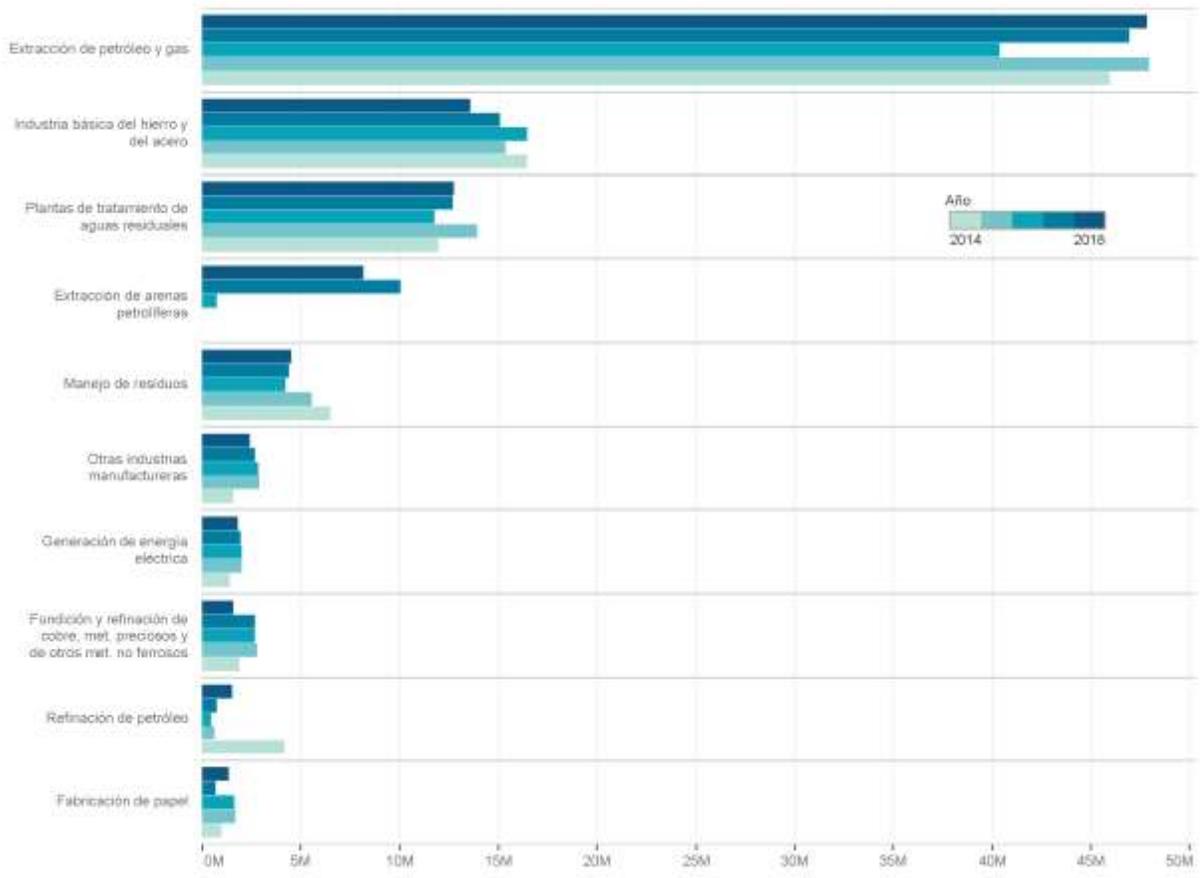
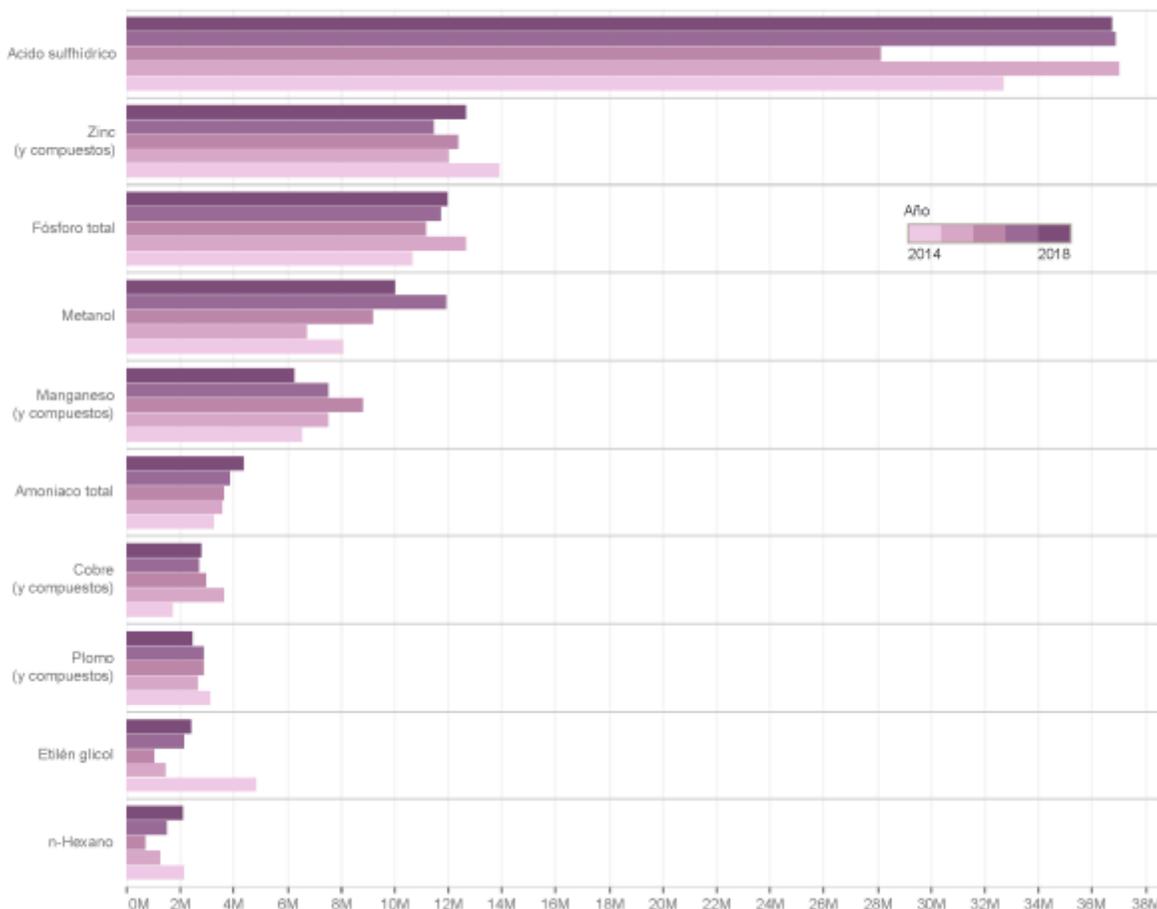


Figura 17b. Transferencias para disposición final en Canadá: principales contaminantes, 2014-2018



Las transferencias para inyección subterránea en Canadá correspondieron en su mayor parte al **sector de extracción de petróleo y gas**, que incluye actividades de extracción tanto convencionales como no convencionales —es decir, extracción de arenas petrolíferas (petróleo de arenas de alquitrán o arenas bituminosas) (**SCIAN 21111 y 21114, respectivamente**).⁵⁶ Entre 150 y 200 instalaciones, ubicadas principalmente en las provincias de Alberta, Columbia Británica y Saskatchewan, registraron de 39.7 a 53.1 millones de kilogramos en dichas transferencias cada año (91-98% del total de transferencias para inyección subterránea por todos los sectores). Cabe señalar que, a pesar de tales volúmenes, las plantas que registraron

⁵⁶ A partir del año de registro 2017, las actividades de extracción de arenas petrolíferas en Canadá se desglosaron aún más: en extracción *in situ* de arenas bituminosas (SCIAN 211141) y extracción minera [a cielo abierto] de arenas bituminosas (SCIAN 211142).

las mayores emisiones y transferencias cada año tendieron a eliminar sus residuos en sitio, ya sea mediante inyección subterránea o disposición en el suelo (véase el **cuadro 17**).

Aproximadamente 17% de estas transferencias se pueden atribuir a instalaciones de extracción de arenas bituminosas. La producción de petróleo y gas en Canadá ha aumentado en más de 75% desde 2000, sobre todo debido a un aumento de 300% en la producción de arenas bituminosas en Alberta. Se espera que la producción de este sector aumente aún más, de alrededor de 2.5 millones de barriles por día en 2016 a casi 4 millones en 2026.⁵⁷

Cuadro 17. Transferencias para inyección subterránea por parte del sector canadiense de extracción de petróleo y gas (SCIAN 21111/4) y principales prácticas empleadas por los establecimientos con mayores registros, 2014-2018

Establecimiento	Número de identificación RETC	Provincia o territorio	Sector (código SCIAN)	Práctica principal de eliminación	2014 (kg)	2015 (kg)	2016 (kg)	2017 (kg)	2018 (kg)
NuVista Energy Ltd. - Wembley Gas Plant	0000000536	Alberta	Extracción de petróleo y gas (SCIAN 21111)	Inyección subterránea en sitio	37,045,192	46,361,276	42,732,036	42,647,230	50,101,068
Canadian Natural Resources Ltd - West Stoddart Gas Processing Plant	0000005286	Columbia Británica	Extracción de petróleo y gas (SCIAN 21111)	Inyección subterránea en sitio	33,164,496	29,430,143	26,118,041	33,399,501	25,250,643
Canadian Natural Upgrading Ltd - Muskeg River Mine & Jackpine Mine*	0000006647	Alberta	Extracción de petróleo y gas, Extracción de arenas petrolíferas (SCIAN 21111, 21114)	Emisiones o disposición al suelo en sitio	15,356,542	14,587,503	17,349,162	20,022,308	22,554,236
Husky Oil Operations Ltd - Rainbow Lake Gas Plant	0000001439	Alberta	Extracción de petróleo y gas (SCIAN 21111)	Transferencias para inyección subterránea	25,092,757	28,373,154	21,954,566	21,607,231	19,631,302
Syncrude Canada Ltd. - Mildred Lake Plant Site*	0000002274	Alberta	Extracción de petróleo y gas, Extracción de arenas petrolíferas (SCIAN 21111, 21114)	Emisiones o disposición al suelo en sitio	18,201,111	18,625,883	18,351,898	13,831,273	14,556,624
Total para el sector de extracción de petróleo y gas					31,157,626	36,234,868	28,642,046	37,606,709	39,043,561
5 principales establecimientos (% del total del sector)					73	78	72	71	75

* Estos establecimientos informaron bajo los SCIAN 21111 y 21114.

Entre las sustancias registradas en mayor proporción por este sector se encuentran el ácido sulfhídrico (alrededor de 70% de los totales anuales), el metanol (alrededor de 20%) y otras sustancias como el etilenglicol y el n-hexano. El ácido sulfhídrico (o sulfuro de hidrógeno) se encuentra de forma natural en el petróleo crudo y debido a su naturaleza corrosiva, debe separarse y eliminarse; para ello, las empresas petroleras suelen inyectarlo bajo tierra como alternativa a la quema, práctica que se desaconseja debido a las emisiones tóxicas resultantes.

Como se mencionó en el capítulo 1, el sector de extracción de petróleo y gas no está sujeto a registro en el TRI de Estados Unidos, en tanto que en México no todas las instalaciones petroleras presentan informes, a pesar de que el sector sí está sujeto a registro en el *RETC*. Por ejemplo, de los 149 establecimientos mexicanos de extracción de petróleo y gas incluidos en la base de datos *En balance en línea*, solamente alrededor de 20% ha declarado cada año.

⁵⁷ CCA (2020), [Estanques de residuos en Alberta II: expediente de hechos relativo a la petición SEM-17-001](#), Comisión para la Cooperación Ambiental.

El **cuadro 18** muestra que tres sectores canadienses (de aproximadamente 115) dieron cuenta de un poco más de la mitad de todas las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales cada año.

Cuadro 18. Tres principales sectores en cuanto a transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales en Canadá, 2014-2018

Sector industrial	Transferencias a relleno sanitario o embalse superficial [kg]				
	2014	2015	2016	2017	2018
Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)	14,905,518	13,321,580	13,795,071	12,036,827	9,898,567
Manejo de residuos (SCIAN 562)	6,470,752	4,834,730	4,423,723	3,897,181	4,290,357
Plantas de tratamiento de aguas residuales (SCIAN 22132)	4,686,407	5,594,110	4,586,142	3,174,038	3,299,986
Subtotal (tres principales sectores)	26,062,677	23,750,420	22,804,936	19,108,046	17,488,910
Total (todos los sectores)	42,301,274	39,991,435	38,205,781	34,334,502	31,860,382
% del total, tres principales sectores	62%	59%	60%	56%	55%

De un total de 20 establecimientos del **sector de la industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)**, diez ubicados en las provincias de Ontario, Quebec, Saskatchewan y Alberta registraron transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales durante este periodo, y en conjunto los compuestos de zinc y manganeso representan la mayor proporción de estas transferencias anuales (véase el **cuadro 19**). El manganeso, sustancia de gran importancia para este sector, se utiliza para eliminar el oxígeno y el azufre durante la producción de hierro, además de ser una aleación esencial que ayuda a convertir el hierro en acero (USGS, 2014). Alrededor de tres cuartas partes del zinc utilizado en la industria sirve como revestimiento para proteger el hierro y el acero de la corrosión y como aleación para fabricar bronce y latón, entre otros (USGS, 2021).

Alrededor de 40% de las instalaciones de este sector también reciclaron porciones de sus residuos de zinc y manganeso. Sería interesante comprender los factores que influyen en la gestión de estos residuos por parte de las instalaciones; por ejemplo, la calidad de los residuos generados (incluido el grado en que pueden reciclarse), la disponibilidad de instalaciones de reciclaje, u otros factores.

Cuadro 19. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte de la industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111) en Canadá, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Provincia o territorio	Contaminantes	Transferencias a rellenos sanitarios y embalses superficiales (kg)					Otras emisiones o transferencias
				2014	2015	2016	2017	2018	
Evraz Inc. NA Canada, Regina Facilities	0000002740	Saskatchewan	Total, todos los contaminantes	3,539,424	2,219,722	3,150,444	3,075,716	2,575,135	N/A
			Zinc (y compuestos) (% del total)	77	66	78	70	67	
			Manganeso (y compuestos) (% del total)	10	15	10	14	13	
ArcelorMittal Montréal, Contrecoeur Ouest	0000002986	Quebec	Total, todos los contaminantes	175	237	400	867,440	1,649,943	Emisiones o disposición al suelo en sitio
			Zinc (y compuestos) (% del total)	1	1	0	74	73	
			Manganeso (y compuestos) (% del total)	58	57	57	14	14	
ArcelorMittal Dofasco, Dofasco Hamilton	0000003713	Ontario	Total, todos los contaminantes	3,914,341	5,109,287	6,854,836	5,146,841	3,218,638	Transferencias para reciclaje
			Zinc (y compuestos) (% del total)	49	38	31	41	56	
			Manganeso (y compuestos) (% del total)	41	49	57	49	37	
Subtotal, tres principales establecimientos (todos los contaminantes)				7,453,940	7,329,246	10,005,680	9,089,997	7,443,716	
Total de todos los establecimientos (todos los contaminantes)				14,905,518	13,321,580	13,795,071	12,036,827	9,898,567	
Porcentaje (%) del total, tres principales establecimientos				50	55	73	76	75	

Las transferencias para disposición final por parte del **sector de manejo de residuos (SCIAN 562)**, que ocupó el segundo lugar en Canadá, disminuyeron entre 2014 y 2018, con un correspondiente aumento de las transferencias para reciclaje, tratamiento o recuperación de energía (véase el **cuadro 20**).

Cuadro 20. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte del sector de manejo de residuos (SCIAN 562) en Canadá, 2014-2018

Sector de manejo de residuos (SCIAN 562)	2014 (kg)	2015 (kg)	2016 (kg)	2017 (kg)	2018 (kg)
Transferencias a rellenos sanitarios y embalses superficiales	6,470,752	4,834,730	4,423,723	3,897,181	4,290,357
Transferencias para reciclaje, tratamiento o recuperación de energía	26,451,625	24,396,557	32,937,816	35,300,906	34,528,447
Emisiones y transferencias totales	86,976,902	70,497,060	75,991,801	79,936,693	86,793,676

En conjunto, diez instalaciones de manejo de residuos dieron cuenta de la mayor parte de las transferencias anuales a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte de este sector (véase el **cuadro 21**). Éstas registraron fósforo total, zinc, cobre, plomo, manganeso y otros compuestos metálicos, así como tetracloroetileno, etilenglicol, metanol y muchos otros contaminantes. El sector de manejo de residuos se ocupa de residuos generados por una gran variedad de actividades industriales, algunas de las cuales requieren manejo o tratamiento especializado. Dado que la capacidad instalada de los establecimientos de este sector varía ampliamente, a menudo sirven como intermediarios y más bien transfirieron parte de los residuos que reciben a otras instalaciones, incluso más allá de las fronteras nacionales. En consecuencia, la posibilidad de rastrear la disposición final de estos contaminantes puede ser muy difícil. Esta dificultad se aborda más adelante en el presente apartado.

Cuadro 21. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte de las principales instalaciones del sector de manejo de residuos (SCIAN 562) en Canadá, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y provincia o territorio	Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Greater Vancouver Sewerage and Drainage District - Metro Vancouver Waste-to-Energy Facility	000000362	Burnaby, Columbia Británica	1,099,296	966,213	1,004,648	1,042,486	1,023,042
Safety-Kleen Canada Inc. - Centre de recyclage et succursale Chambly	0000008645	Chambly, Québec	1,449,837	649,406	676,834	496,365	285,859
Clean Harbors Canada, Inc.	0000004948	Mississauga, Ontario	577,317	708,585	498,530	703,423	467,875
Revolution Environmental Solutions Acquisition GP Inc.	0000001928	Hamilton, Ontario	1,297,317	1,013,991	188,298	174,828	214,510
Covanta Durham York Renewable Energy Limited Partnership - Durham York Energy Centre	0000029003	Courtice, Ontario	0	319,371	424,958	472,169	514,746
Emerald EFW - Algonquin Power Energy from Waste Inc.	0000004768	Brampton, Ontario	147,372	119,413	144,331	307,723	398,191
Ville de Québec - Incinérateur	0000000211	Québec, Québec	105,055	294,012	322,013	0	219,000
Revolution Environmental Solutions Acquisition GP Inc.	0000005647	Barrie, Ontario	224,300	120,800	124,298	83,161	143,592
PEI Energy Systems - Energy From Waste Plant	0000005015	Charlottetown, Isla del Príncipe Eduardo	100,191	158,960	142,399	135,535	142,423
Revolution Environmental Solutions Acquisition GP Inc. - Calgary Service Centre	0000006797	Calgary, Alberta	532,598	11,339	30,833	1,280	491
Subtotal, diez principales establecimientos			5,533,284	4,362,090	3,557,142	3,416,970	3,409,727
Total de todos los establecimientos			6,470,752	4,834,730	4,423,723	3,897,181	4,290,357
Porcentaje (%) del total, diez principales establecimientos			86	90	80	88	79

El sector de tratamiento de aguas residuales (SCIAN 22132) ocupó el tercer lugar en transferencias para disposición final en Canadá, sobre todo por el envío de residuos contaminantes (en forma de biosólidos) para su aplicación en suelos. Tres contaminantes —fósforo total, ácido nítrico y compuestos de nitrato, y amoníaco— representaron alrededor de 99% de todas las emisiones y transferencias de este sector, siendo también el fósforo total y el amoníaco los principales contaminantes transferidos para aplicación en suelos.

El cuadro 22, que presenta las transferencias para aplicación en suelos por parte de las cinco plantas de tratamiento de aguas residuales con mayores volúmenes registrados, muestra que el aumento durante este periodo fue impulsado por la planta de tratamiento Ashbridges Bay de Toronto, que antes de 2017 transfería sus residuos a rellenos sanitarios o embalses superficiales, incluido un sitio ubicado en Estados Unidos.

Además de fósforo total y amoníaco, estas instalaciones registraron transferencias de compuestos metálicos como cobre, plomo, manganeso, zinc, selenio, cadmio y mercurio, junto con muchos otros contaminantes. De las más de 150 plantas de tratamiento de aguas residuales que declararon al NPRI durante este periodo, las ubicadas en las ciudades de Toronto, Calgary, Montreal y Vancouver dieron cuenta de alrededor de un tercio de las emisiones y transferencias totales de este sector, lo cual es de esperar dado que se trata de las ciudades más pobladas de Canadá, con fuentes residenciales, comerciales e industriales que generan cantidades significativas de aguas residuales que requieren ser tratadas.

Cuadro 22. Transferencias para aplicación en suelos por parte del sector de tratamiento de aguas residuales (SCIAN 22132) en Canadá, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Provincia o territorio	Transferencias para aplicación en suelos (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
City of Toronto - Ashbridges Bay Treatment Plant*	0000002240	Ontario	0	0	0	1,571,666	1,782,142
City of Hamilton - Woodward Avenue Wastewater Treatment Plant	0000005970	Ontario	1,189,949	1,269,418	1,270,604	1,233,451	1,191,677
EPCOR Water Services Inc. - Gold Bar Wastewater Treatment Plant	0000005390	Alberta	868,601	1,208,597	965,957	1,012,009	1,128,603
City of Calgary - Shepard Lagoons - CALGRO	0000005307	Alberta	1,215,845	1,375,164	1,060,556	625,229	665,223
Alberta Capital Region Wastewater Commission Treatment Plant	0000006648	Alberta	389,819	441,314	419,395	399,080	399,963
Subtotal, cinco principales establecimientos			3,664,214	4,294,494	3,716,512	4,841,434	5,167,610
Total de todos los establecimientos			6,489,319	7,699,531	6,731,522	8,841,218	9,079,686
Porcentaje (%) del total, cinco principales establecimientos			56	56	55	55	57

* Nota: Entre 2014 y 2016, esta instalación transfirió sus contaminantes a rellenos sanitarios o embalses superficiales.

El [volumen 13](#) de *En balance* proporciona información sobre la complejidad de las necesidades del tratamiento de aguas residuales en América del Norte y la amplia variedad de tecnologías necesarias para tratar la enorme cantidad de contaminantes (actuales y de nueva aparición) contenidos en las aguas residuales.

Como se mencionó en el capítulo 1, en Estados Unidos las instalaciones municipales y otras de propiedad pública en este sector —también conocidas como plantas de tratamiento de propiedad pública (*publicly owned treatment works* o POTW, por sus siglas en inglés)— no están sujetas a la presentación de informes al TRI. En México, el sector de tratamiento de aguas residuales tampoco está sujeto a registro en el *RETC* por ser de jurisdicción municipal (aunque toda instalación mexicana que descargue aguas residuales a cuerpos de agua nacionales debe registrar estas descargas).

Otros dos sectores contribuyeron al aumento de las transferencias para aplicación en suelos en Canadá durante este periodo:

- el **sector de extracción no convencional de petróleo (arenas bituminosas o de alquitrán) (SCIAN 21114)**, que registró transferencias (de tolueno, n-hexano, xilenos y benceno) para aplicación en suelos por aproximadamente 700,000 kg en 2017 y 2.2 millones de kg en 2018, y
- el **sector de fabricación de papel (SCIAN 32212)**, que en 2014 registró el envío de casi 600,000 kg de fósforo total, humo (o polvo) de aluminio y compuestos de manganeso, zinc y plomo, y más de un millón de kg en 2018.

El **cuadro 23** presenta los datos correspondientes a las transferencias para estabilización o tratamiento, así como para almacenamiento, previo a la disposición final: categorías ambas que representaron proporciones relativamente pequeñas de las transferencias totales para eliminación o disposición en Canadá durante el periodo en cuestión.

Cuadro 23. Transferencias para estabilización o tratamiento y para almacenamiento previo a la disposición final en Canadá, 2014-2018

Transferencias para estabilización o tratamiento previo a la disposición final	2014 (kg)	2015 (kg)	2016 (kg)	2017 (kg)	2018 (kg)
Todos los sectores (% del total de transferencias para eliminación)	7,370,914 (7%)	4,485,539 (4%)	5,562,313 (6%)	6,065,006 (6%)	7,009,230 (6%)
Refinación de petróleo (SCIAN 32411)	3,741,114	62,318	22,690	345,224	274,498
Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)	1,550,574	2,025,079	2,658,403	2,996,409	3,657,941
Transferencias a almacenamiento previo a la disposición final	2014 (kg)	2015 (kg)	2016 (kg)	2017 (kg)	2018 (kg)
Todos los sectores (% del total de transferencias para eliminación)	2,915,301 (3%)	2,707,665 (3%)	2,106,570 (2%)	2,309,679 (2%)	2,349,118 (2%)
Manejo de residuos (SCIAN 562)	1,085,232	393,985	52,446	85,576	59,887
Generación de energía eléctrica (SCIAN 22111)	889,367	1,691,740	1,609,414	1,565,629	1,413,527

Los datos muestran que las **refinerías de petróleo (SCIAN 32411)**, junto con la **industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)**, dieron cuenta de una gran proporción de las transferencias totales para estabilización o tratamiento previo a la eliminación. La disminución registrada para el sector de refinación de petróleo durante este periodo parece corresponder a una disminución en las emisiones y transferencias totales, particularmente de humo o polvo de aluminio, por parte de la refinería North Atlantic, ubicada en el poblado Come by Chance, Terranova.⁵⁸ Por su parte, el incremento para la industria básica del hierro y del acero estuvo impulsado por la planta de Ivaco Rolling Mills (Ontario), que más que duplicó sus transferencias de compuestos de zinc.

En cuanto a las transferencias para almacenamiento previo a la eliminación, los sectores con mayores volúmenes de registro durante el periodo en cuestión fueron los de **manejo de residuos (SCIAN 562)** y de **generación de energía eléctrica (SCIAN 22111)**. El primero registró una disminución que parece corresponder a un gran aumento en sus transferencias de tolueno, xilenos, metiletilcetona y otros contaminantes para reciclaje, tratamiento o recuperación de energía; en tanto que el aumento registrado por las empresas eléctricas se puede atribuir principalmente a las mayores transferencias para almacenamiento de compuestos de manganeso y fósforo total declaradas por la termoeléctrica Capital Power–Genesee Thermal Generating Station, en Alberta.

2.4.4 Transferencias para disposición final en México

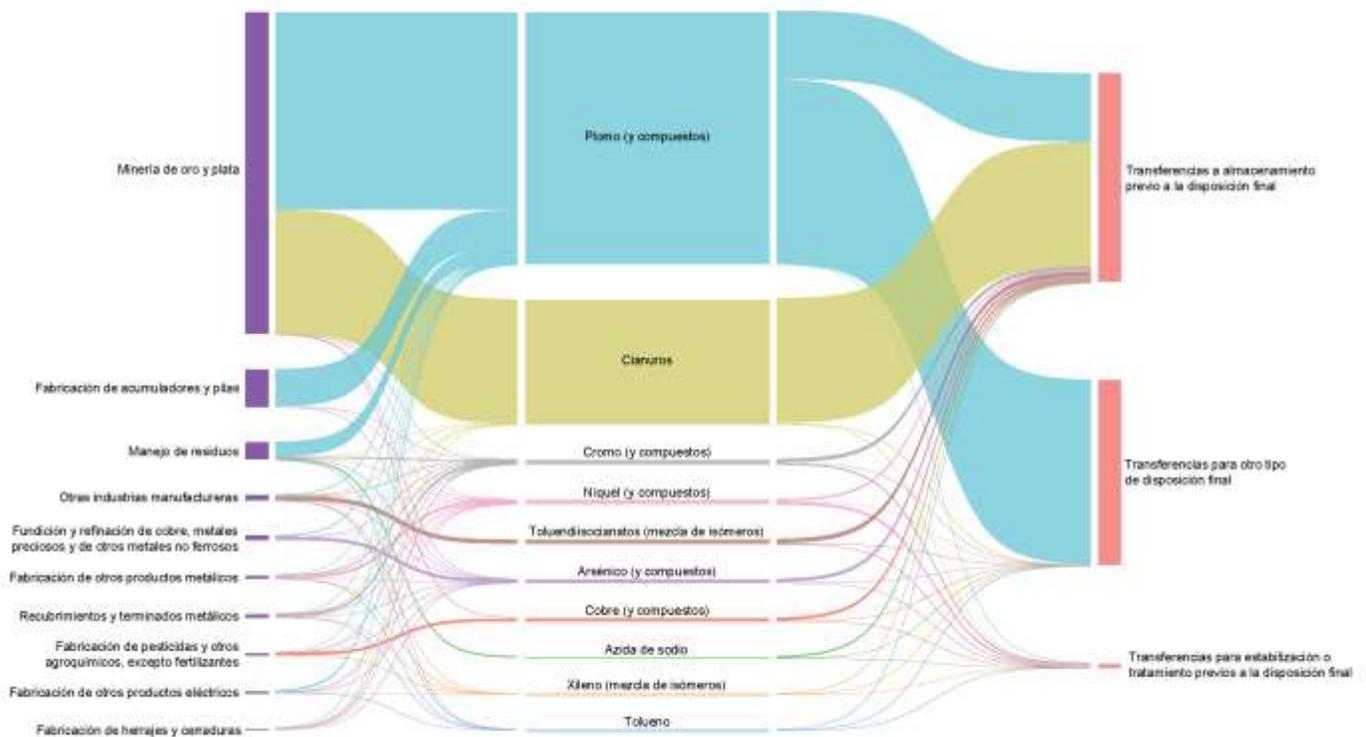
Las transferencias para disposición final registradas por las plantas mexicanas para el periodo 2014-2018 oscilaron entre poco más de 3.2 millones de kg en 2014 a casi 16.5 millones de kg en 2018 (véase el **cuadro 13**) y representaron aproximadamente 160 sectores industriales y 35 contaminantes.

La **figura 18** muestra los principales sectores industriales y contaminantes en cuanto a transferencias para disposición final en México, en 2018. Revela que las transferencias para

⁵⁸ De acuerdo con el programa NPRI, esta planta declaró al inicio del periodo grandes cantidades de humo o polvo de aluminio que probablemente fueron, en realidad, un error de registro.

almacenamiento previo a la disposición final representaron más de 50% del total de ese año, seguidas de las transferencias para “otro tipo de disposición final (desconocida)”. También se transfirieron proporciones relativamente pequeñas de residuos para tratamiento o estabilización previo a su eliminación. Se recuerda al lector que únicamente tres de las seis prácticas de disposición final fuera de sitio analizadas en este informe están cubiertas por el *RETC* mexicano.

Figura 18. Transferencias para disposición final en México por sector, contaminante y categoría de disposición final, 2018



En conjunto, tres sectores dieron cuenta en 2018 de alrededor de 15 millones de kg de transferencias para disposición final (94% del total ese año): minería de oro y plata; fabricación de acumuladores y pilas [baterías], y manejo de residuos. Ahora bien, las **figuras 19a y 19b**, que muestran cómo cambiaron las transferencias para disposición final en México entre 2014 y 2018 en cuanto a sectores y contaminantes transferidos, revelan datos que distan mucho de ser uniformes.

Figura 19a. Transferencias para disposición final en México: principales sectores, 2014-2018

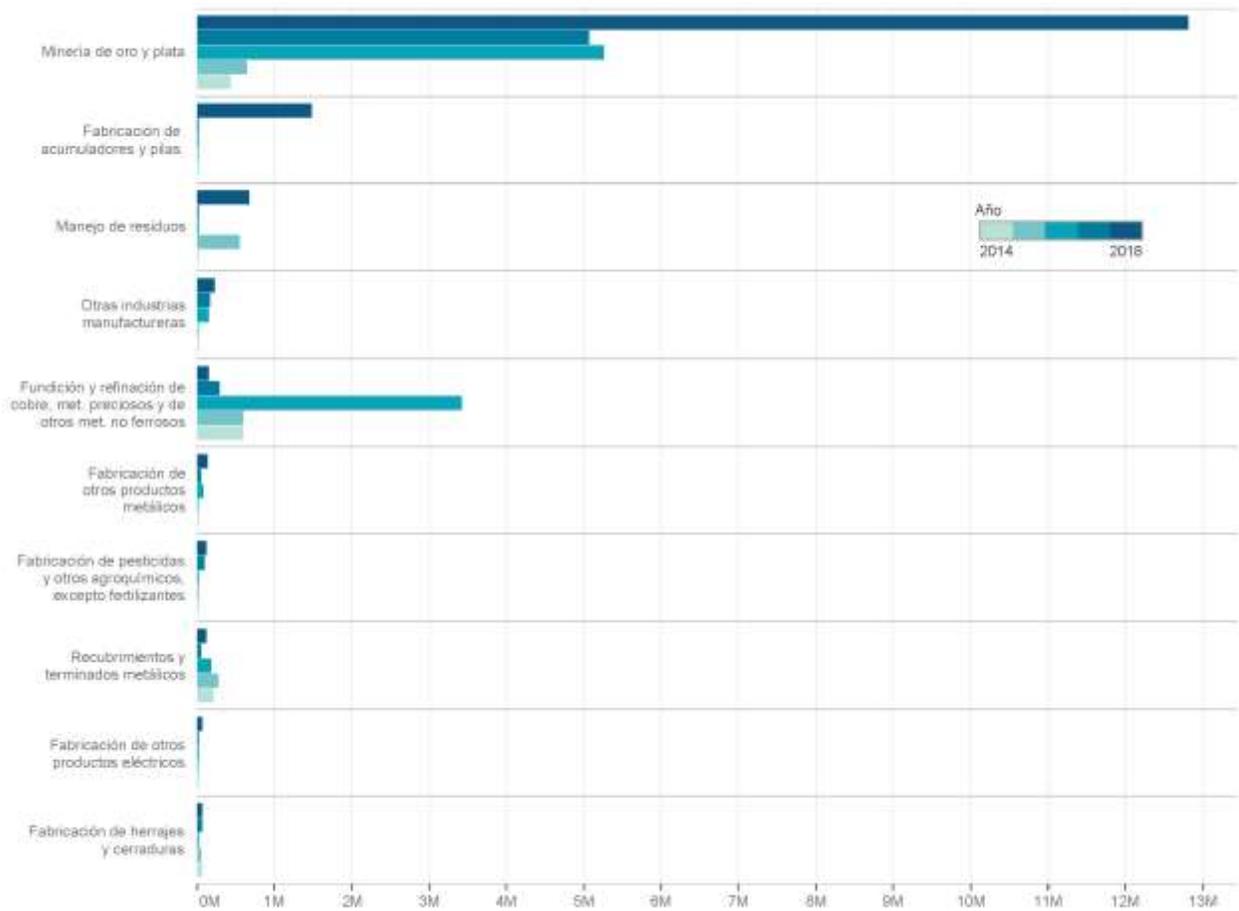


Figura 19b. Transferencias para disposición final en México: principales contaminantes, 2014-2018



Entre los contaminantes que se muestran en la figura 19b se encuentran algunos que empezaron a estar sujetos a registro en México a partir de 2014, incluidos compuestos de cobre, tolueno, xilenos y azida de sodio. Como se muestra en el **cuadro 24**, 13 de estas “nuevas sustancias” fueron transferidas para disposición final por instalaciones mexicanas entre 2014 y 2018.

Cuadro 24. Transferencias para disposición final de nuevas sustancias sujetas a registro en el RETC, 2014-2018

Contaminante	Transferencias fuera de sitio para disposición final (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Cobre (y compuestos)	0	95,148	100	4,523,192	117,600
Tolueno	2,139	362,983	4,889	43,588	35,137
Xileno (mezcla de isómeros)	51,474	66,471	100,866	57,062	80,841
Diisocianatos	39,320	23,661	24,756	19,509	31,233
Plata (y compuestos)	23,420	20,382	24,100	31,230	0
Azida de sodio	0	0	0	0	54,580
Acetato de vinilo	2,526	0	7,989	7,252	7,756
Cloroacetato de etilo	0	0	0	0	12,000
Clorpirifos	577	924	505	2,642	4,704
Óxido de etileno	900	900	900	900	900
Clorotalonil	400	636	171	375	181
Monocrotofos	0	0	0	1,761	0
Acenafteno	0	0	0	0	1,650
Total, 13 contaminantes	120,755	571,105	164,275	4,687,510	346,583

Aproximadamente 20 sectores industriales y un total de 35 instalaciones registraron transferencias para disposición final de estos nuevos contaminantes, en cantidades que oscilan entre 120,000 y casi 600,000 kilogramos cada año.⁵⁹

Los tres sectores que se muestran en el **cuadro 25** declararon entre 2014 y 2018 datos que guardan bastante coherencia entre sí; en conjunto, estos sectores dieron cuenta de entre 47 y 79 por ciento de las transferencias anuales para disposición final en México. El aumento registrado durante este periodo fue impulsado por el **sector de minería de oro y plata (SCIAN 21222)**.

Cuadro 25. Principales sectores en cuanto a transferencias para disposición final en México, 2014-2018

Sector industrial	Transferencias para disposición [kg]				
	2014	2015	2016	2017	2018
Fundición y refinación de cobre, metales preciosos y de otros metales no ferrosos (SCIAN 33141/2/9)	1,114,307	1,413,401	3,412,630	830,460	145,729
Minería de oro y plata (SCIAN 21222)	438,983	644,358	5,259,480	5,069,766	12,814,810
Recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281)	210,974	269,154	178,757	46,609	104,299
Subtotal (tres principales sectores)	1,766,278	2,328,927	8,852,883	5,948,852	13,066,857
Total (todos los sectores)	3,241,106	4,915,557	14,444,940	11,907,141	16,446,851
% del total, tres principales sectores	54%	47%	61%	50%	79%

⁵⁹ Con excepción de 2017, cuando una fábrica de fertilizantes ubicada en Jalisco —Cuprosa, planta Tlajomulco de Zúñiga— registró transferencias por más de 4.4 millones de kg de compuestos de cobre para estabilización o tratamiento previo a la disposición final. Cabe mencionar que el cobre se utiliza en la fabricación de fertilizantes y es un micronutriente esencial para la actividad vegetal, por su función en la producción de clorofila y semillas. Véase: University of Minnesota Extension (2018), “[Copper for crop production](#)” [Cobre para la producción agrícola].

El **cuadro 26** presenta las diez instalaciones con registros de volúmenes más elevados de transferencias para disposición final del sector **de minería de oro y plata**. Sus residuos (principalmente compuestos de plomo, níquel, cobre, plata y mercurio, así como cianuros) fueron transferidos a “otro tipo de disposición final (desconocida)” o a almacenamiento previo a la eliminación.

Cuadro 26. Transferencias para disposición final registradas por los principales establecimientos del sector de minería de oro y plata (SCIAN 21222) en México, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y estado	Transferencias para disposición final (kg)					Principal(es) práctica(s) de eliminación
			2014	2015	2016	2017	2018	
First Majestic Plata, S.A. de C.V.	FMRI141001611	Nombre de Dios, Durango	0	394,000	4,830,561	4,830,561	3,050,249	Almacenamiento previo a la disposición final; otra disposición (desconocida)
Molimentales del Noroeste, S.A. de C.V.	MNO2603000241	Hermosillo, Sonora	243,236	249,856	185,130	185,268	4,990,082	Almacenamiento previo a la disposición final
First Majestic del Toro, S.A. de C.V.	FMT3200900001	Chalchihuites, Zacatecas	0	0	2	0	4,347,985	Otra disposición (desconocida)
Minera El Piñón, S.A. de C.V., Unidad San Martín	MPIM11407611	San Martín de Bolaños, Jalisco	0	0	316	316	367,880	Almacenamiento previo a la disposición final
Minera Real del Oro, S.A. de C.V., Unidad Minera El Castillo	MRO121002811	San Juan del Río del Centauro del Norte, Durango	195,120	0	161,872	0	0	Almacenamiento previo a la disposición final
Compañía Minera Dolores, S.A. de C.V.	MDO120804011	Madera, Chihuahua	34	70	47,221	47,221	0	Almacenamiento previo a la disposición final
Nusantara de México, S.A. de C.V., Mina Santa Elena	NMEAE2601311	Hermosillo, Sonora	0	0	20,675	5	34,642	Almacenamiento previo a la disposición final
Minas de Oro Nacional, S.A. de C.V.	MON122605211	Sahuaripa, Sonora	4	8	7,582	6,341	5,352	Almacenamiento previo a la disposición final
Minera Media Luna, S.A. de C.V., Proyecto Minero Morelos	MML1201700009	Cocula, Guerrero	0	0	0	0	16,000	Otra disposición (desconocida)
Coeur Mexicana, S.A. de C.V.	CMER30802011	Chinipas de Almada, Chihuahua	0	0	6,116	0	0	Almacenamiento previo a la disposición final
Subtotal, diez principales establecimientos			438,393	643,934	5,259,474	5,069,712	12,812,189	
Total del sector de minería de oro y plata			438,983	644,358	5,259,479	5,069,766	12,814,810	
Porcentaje (%) del total, diez principales establecimientos			100	100	100	100	100	

Una de dichas instalaciones, First Majestic Plata, ubicada en el estado de Durango, transfirió grandes cantidades de compuestos de plomo para otro tipo de disposición final a partir de 2016. Esta empresa de propiedad canadiense ha ampliado sus operaciones en México en los últimos años. Su planta hermana, First Majestic del Toro, en Zacatecas, también transfirió 4.3 millones de kg de compuestos de plomo a otro tipo de disposición final en 2018. Asimismo, la mina de oro Molimentales del Noroeste, localizada en Sonora, registró transferencias de cianuro para almacenamiento previo a su disposición por 4.8 millones de kg en 2018, lo que significa un muy considerable aumento con respecto a años anteriores. Los lectores recordarán lo explicado en el **apartado 2.3.1**: que, en México, los residuos pueden almacenarse solamente por un máximo de seis meses.

Si bien las transferencias fuera de sitio para disposición final representaron casi 100% del total declarado por las minas mexicanas de oro y plata, sus contrapartes canadienses y estadounidenses eliminaron aproximadamente 99% de sus residuos —en forma de relaves (partículas finamente molidas que pueden contener productos químicos de proceso como el cianuro), roca residual y escombros o mineral gastado resultante de la lixiviación en pilas o escombreras— en rellenos sanitarios o embalses superficiales en sitio. Como se explica en *En*

balance, [volumen 15](#), en el programa *RETC* de México, la eliminación o disposición de residuos del sector minero se considera como transferencia fuera de sitio, lo que explica en gran medida la diferencia sustancial entre las emisiones y transferencias totales registradas por las minas de oro y plata en México y las de los otros dos países:⁶⁰

- 45 minas canadienses registraron alrededor de 352 millones de kg en emisiones y transferencias totales (de los cuales 350 millones de kg correspondieron a residuos eliminados o dispuestos en sitio, en rellenos sanitarios o embalses superficiales);
- 46 minas mexicanas dieron cuenta de casi 13 millones de kg en total (con más de 99% transferido fuera de sitio para disposición final), y
- 44 minas estadounidenses declararon casi 163 millones de kg en emisiones y transferencias totales (de los cuales alrededor de 162 millones de kg se eliminaron en el lugar, en vertederos o rellenos sanitarios o embalses superficiales).

En México, las actividades mineras (desde la exploración hasta el beneficio) están reguladas en términos de la Ley de Minería, bajo la jurisdicción de la Dirección General de Minas de la Secretaría de Economía y con la Semarnat involucrada en la aplicación de ciertas normas ambientales establecidas en las llamadas *normas oficiales mexicanas* (NOM). Esta separación de autoridad dificulta la tarea de determinar con precisión la naturaleza y escala (magnitud) de los residuos mineros depositados en el lugar (*in situ*) y fuera de sitio. Dado que la mayoría de los impactos ambientales difíciles de mitigar de las actividades mineras se relacionan con años de acumulación de residuos, contar con datos anuales sobre los tipos y cantidades de sustancias depositadas y contenidas en las áreas de eliminación o disposición final resulta fundamental para un adecuado manejo de riesgos en caso de accidente, y también para comunicar esta información a las comunidades potencialmente afectadas.⁶¹

Antes de 2016, las **industrias de metales no ferrosos [excepto aluminio] (SCIAN 3314)** conformaban el sector predominante en México en cuanto a transferencias para disposición final.⁶² De aproximadamente 30 establecimientos de este sector que declararon al *RETC* entre 2014 y 2018, cinco dieron cuenta en conjunto de la mayor parte de dichas transferencias (véase el **cuadro 27**), habiendo registrado grandes cantidades de compuestos de plomo y arsénico, junto con proporciones mucho más pequeñas de compuestos de mercurio, cadmio y cromo, al igual que asbesto, principalmente como transferencias para almacenamiento previo a su eliminación.

⁶⁰ Otro factor que incide en las diferencias en los datos regionales observadas para este sector es el hecho de que los compuestos de manganeso, vanadio y zinc no están sujetos a registro en México (excepto por un compuesto de zinc).

⁶¹ Véase: CCA (2018), [En balance: emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte: registros de la industria minera](#), volumen 15.

⁶² En el cuadro 27 se combinan los datos para tres sectores relacionados (SCIAN 33141, 33142, 33149) debido a que algunas instalaciones declararon emisiones y transferencias con los tres códigos.

Cuadro 27. Transferencias para disposición final por los principales establecimientos del sector de las industrias de metales no ferrosos (SCIAN 3314) en México, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y estado	Transferencias para almacenamiento previo a la disposición final (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Metalúrgica Met-Mex Peñoles, S.A. de C.V., Unidad Bermejillo	MMP1001300002	Bermejillo, Durango	241,545	225,681	176,629	95,812	114,067
Metalúrgica Met-Mex Peñoles, S.A. de C.V., Planta Refinería Plomo Plata	MMP0503500056	Torreón, Coahuila	9,017	10,233	25,605	27,424	27,738
Metalúrgica Met-Mex Peñoles, S.A. de C.V., Planta Fundición Plomo Plata	MMP0503500055	Torreón, Coahuila	0	45,801	112,944	114,464	3,540
M3 Resources México, S. de R.L de C.V.	MTRBD2803211	Reynosa, Tamaulipas	482,900	818,403	3,001,766	7	0
Recicladora Industrial de Acumuladores, S.A. de C.V. (Riasa)	RIALJ1904811	Ciudad Santa Catarina, Nuevo León	335,669	282,236	41	51,588	0
Subtotal, cinco principales establecimientos			1,069,131	1,382,354	3,316,986	289,296	145,345
Total del sector de industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio			1,114,307	1,413,401	3,412,630	830,460	145,729
Porcentaje (%) del total, cinco principales establecimientos			96	98	97	35	100

El sector de recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281) ocupó el tercer lugar en México en transferencias para disposición final, aun con cantidades que se redujeron a casi la mitad: de 210,974 kg en 2014 a 104,299 kg en 2018. Cerca de 50 instalaciones declararon al RETC durante este periodo, pero las que registraron las mayores cantidades en 2018 no fueron las mismas que en 2014, como se muestra en el cuadro 28.

Cuadro 28. Transferencias para disposición final por los principales establecimientos del sector de recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281) en México, 2014-2018

Núm. ID RETC	Establecimiento	Localización	Transferencias para disposición final [kg]					Principal método de eliminación
			2014	2015	2016	2017	2018	
CRO0803700414	Croni S.A. de C.V.	Juárez, Chihuahua	79,538	120,849	0	1	6	Almacenamiento previo a la disposición final
GOCBA1403912	Galvanizadora de Occidente, S.A. de C.V.	Guadalajara, Jalisco	45,400	45,400	28,800	0	0	Almacenamiento y tratamiento previos a la disposición final
GOCBA1403911	Galvanizadora de Occidente, S.A. de C.V.	Guadalajara, Jalisco	31,303	31,302	31,302	0	0	Treatment Prior to Disposal
CMBA1901811	Cromo Industrial Monterrey, S.A. de C.V.	Parque Ind'l Cd Mitras, Nuevo León	16,290	13,500	32,655	0	0	Almacenamiento y tratamiento previos a la disposición final
IME7X0801711	Intermetro de México, S. de R. L. de C.V.	Cuauhtémoc, Chihuahua	9,890	150	214	0	0	Tratamiento previo a la disposición final
HEL1100500001	Helvex, S.A. de C.V., "Acabados II"	Apaseo El Grande, Guanajuato	177	2,000	0	3,604	8,624	Almacenamiento y tratamiento previos a la disposición final
GAL8A2201421	Galnik, S.A. de C.V.	Santiago de Querétaro, Querétaro	162	2,116	4,350	7,700	7,700	Almacenamiento y tratamiento previos a la disposición final
MTM7X0803712	Microcast Technologies Mexicana, S. de R.L de C.V.	Juárez, Chihuahua	0	0	0	0	26,111	Almacenamiento previo a la disposición final
TME8A1904611	Ternium México, S.A. de C.V., Planta Juventud	San Nicolás de los Garza, Nuevo León	0	0	47,584	3,751	19,202	Almacenamiento previo a la disposición final
ROD7X1403911	Rodygan, S.A. de C.V.	Guadalajara, Jalisco	0	0	8,602	19	10,956	Almacenamiento previo a la disposición final
Subtotal (diez principales establecimientos)			182,761	215,317	153,507	15,076	72,599	
Total (todos los establecimientos)			210,974	269,154	178,757	46,609	104,299	
% del total, diez principales establecimientos			87%	80%	86%	32%	70%	

Varias de estas instalaciones operan dentro de la industria maquiladora, brindando servicios como cromado, galvanizado, pulido y pintura de partes de vehículos, entre otros. Las transferencias que registraron corresponden sobre todo a compuestos de cromo y níquel (que, en conjunto, representaron más de 90% de los totales anuales), así como cianuro, estireno y compuestos de cadmio y plomo. Algunos de estos contaminantes también fueron transferidos fuera de sitio para reciclaje. Cabe observar que los datos de este sector en Canadá y Estados Unidos muestran transferencias para disposición final de aproximadamente 40 contaminantes cada año; sin embargo, los principales contaminantes registrados en esos países (compuestos de zinc y ácido nítrico y compuestos nitrados) no están sujetos a registro en México.⁶³

El **cuadro 29** presenta las transferencias para almacenamiento previo a la disposición final registradas por las principales instalaciones del **sector de manejo de residuos (SCIAN 562)** en México. Las cinco instalaciones que dieron cuenta de casi la totalidad de estas transferencias declararon entre dos y ocho contaminantes cada año, siendo los compuestos de plomo y cromo, así como la azida de sodio, las sustancias con mayores volúmenes registrados. Sin embargo, estos datos también reflejan ciertos errores de registro en cuanto a los códigos de sectores industriales. Por ejemplo, el sitio web de Fundametz México indica que pertenece al sector de las industrias de metales no ferrosos (**SCIAN 3314**) y, de hecho, en 2017 esta planta registró bajo dicho código transferencias por poco más de 540,000 kg para almacenamiento previo a su disposición final. De manera similar, si bien el sitio web de la planta Recicladora Industrial de Acumuladores (Riasa) indica que, en efecto, se trata de una empresa de “remediación y otros servicios de manejo de residuos”, entre 2014 y 2017 esta planta registró sus transferencias para almacenamiento previo a la disposición final bajo el código correspondiente a las industrias de metales no ferrosos (**SCIAN 3314**) (véase el **cuadro 27**).

Cuadro 29. Transferencias para almacenamiento previo a la disposición final por los principales establecimientos del sector de manejo de residuos (SCIAN 562) en México, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y estado	Transferencias para almacenamiento previo a la disposición final (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Fundametz México, S.A. de C.V.	FMEZU2402811	San Luis Potosí, San Luis Potosí	--	540,410	--	--	540,410
Prodyservma, S.A. de C.V.	PRO0200400438	Tijuana, Baja California	--	--	--	--	95,232
Recicladora Industrial de Acumuladores, S.A. de C.V. (Riasa)	RIALJ1904811	Ciudad Santa Catarina, Nuevo León	--	--	--	--	39,632
Lavandería Industrial Maypa, S.A. de C.V.	LIMBB0200411	Tijuana, Baja California	--	--	--	2,324	43
Cleanmex, S.A. de C.V.	CLEPN2802211	Heroica Matamoros, Tamaulipas	--	1,942	0	790	0
Subtotal, cinco principales establecimientos			0	542,352	0	3,114	675,317
Total del sector de manejo de residuos			0	542,352	250	3,364	675,317
Porcentaje (%) del total, cinco principales establecimientos				100	0	93	100

⁶³ Se recuerda a los lectores que en México solamente un compuesto de zinc está sujeto a registro.

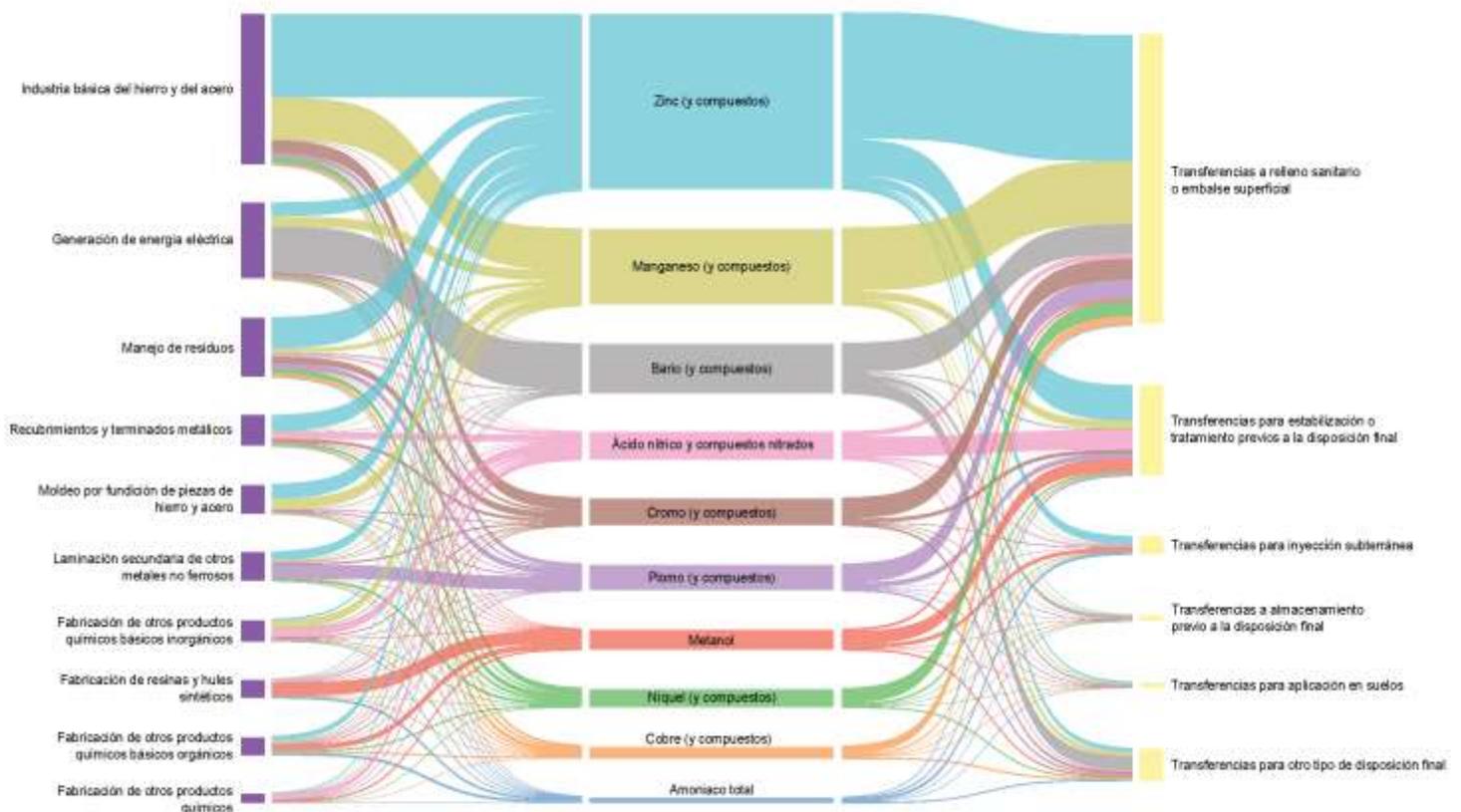
Los errores en los códigos SCIAN registrados por las plantas (o en algunos casos, asignados por el programa RETC correspondiente) y otras incoherencias o inexactitudes en los datos pueden tener un impacto significativo en nuestra capacidad para conocer las emisiones y transferencias generadas por las actividades industriales en la región. Estas cuestiones y problemática están siendo abordadas a través de un esfuerzo concertado, que entraña la colaboración de la CCA y los tres programas RETC nacionales, con el propósito de mejorar la calidad y la comparabilidad de los datos RETC de América del Norte.

2.4.5 Transferencias para disposición final en Estados Unidos

Las transferencias para disposición final registradas por las instalaciones estadounidenses disminuyeron alrededor de 5% durante el periodo 2014-2018: de aproximadamente 223 millones de kg en 2014 a alrededor de 211 millones de kg en 2018 (véase el **cuadro 13**), y representaron más de 200 sectores industriales y aproximadamente 300 contaminantes cada año. En comparación con Canadá y México, Estados Unidos se destaca en cuanto a la cantidad de instalaciones y contaminantes sujetos a registro en el programa RETC nacional, lo que refleja la importante base industrial del país, así como el hecho de que el TRI cubre más de 700 sustancias.

La **figura 20** muestra que, en conjunto, diez sectores industriales dieron cuenta de aproximadamente dos tercios de todas las transferencias para disposición final en 2018, con tres de ellos —la industria básica del hierro y del acero, la generación de energía eléctrica y el manejo de residuos— responsables de 42% del total de ese año. También refleja que las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales fueron la práctica de disposición final fuera de sitio predominante en este país.

Figura 20. Transferencias para disposición final en Estados Unidos por sector, contaminante y categoría de disposición final, 2018



Las **figuras 21a y 21b** ilustran cómo cambiaron las transferencias para disposición final en Estados Unidos entre 2014 y 2018, en cuanto a principales sectores y contaminantes. Tres sectores (industria básica del hierro y del acero, generación de energía eléctrica, y fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos) impulsaron la disminución de las transferencias para disposición final durante este periodo, con compuestos de zinc, manganeso y bario asociados a este decremento.

Figura 21a. Transferencias para disposición final en Estados Unidos: principales sectores, 2014-2018

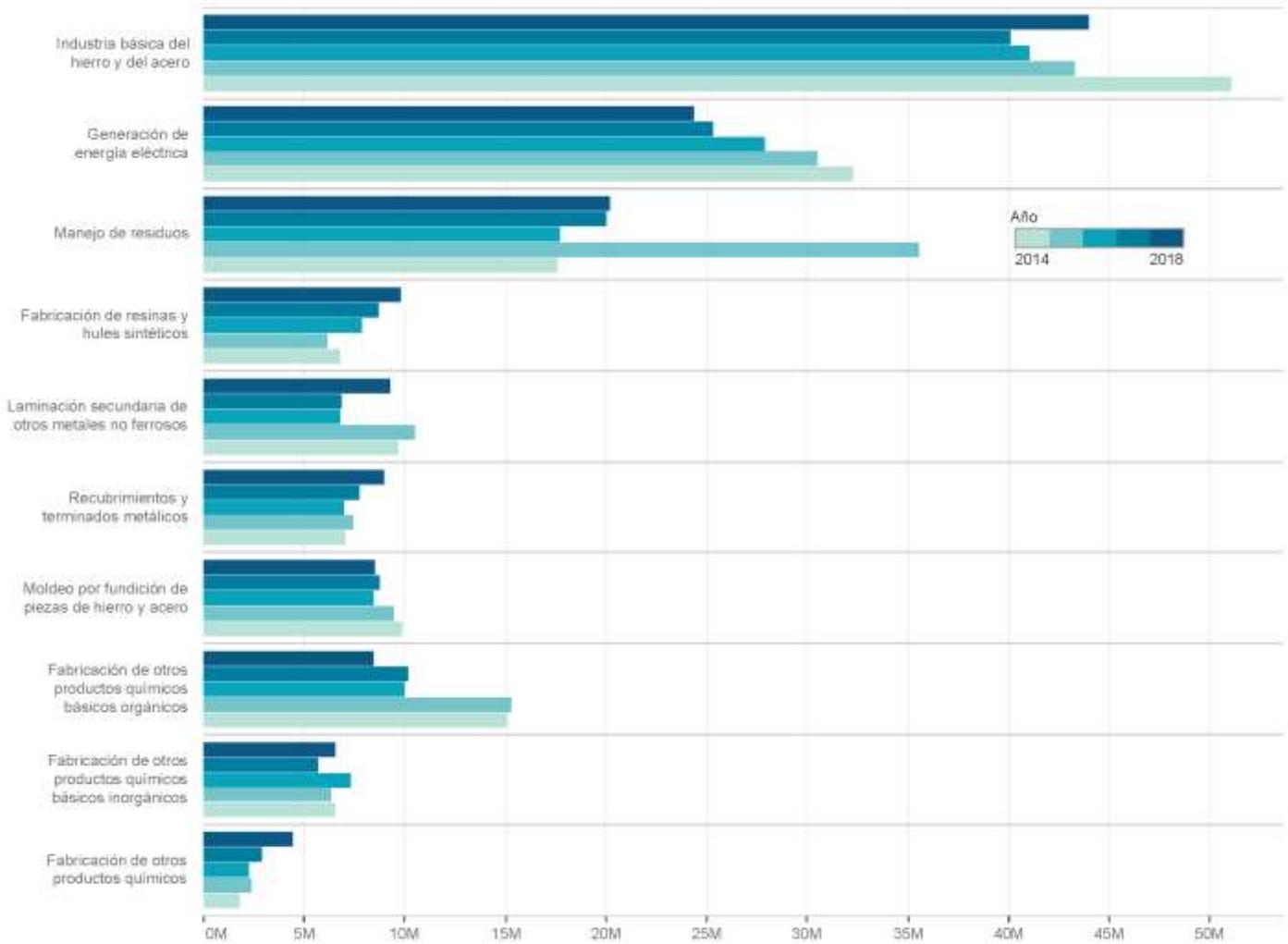
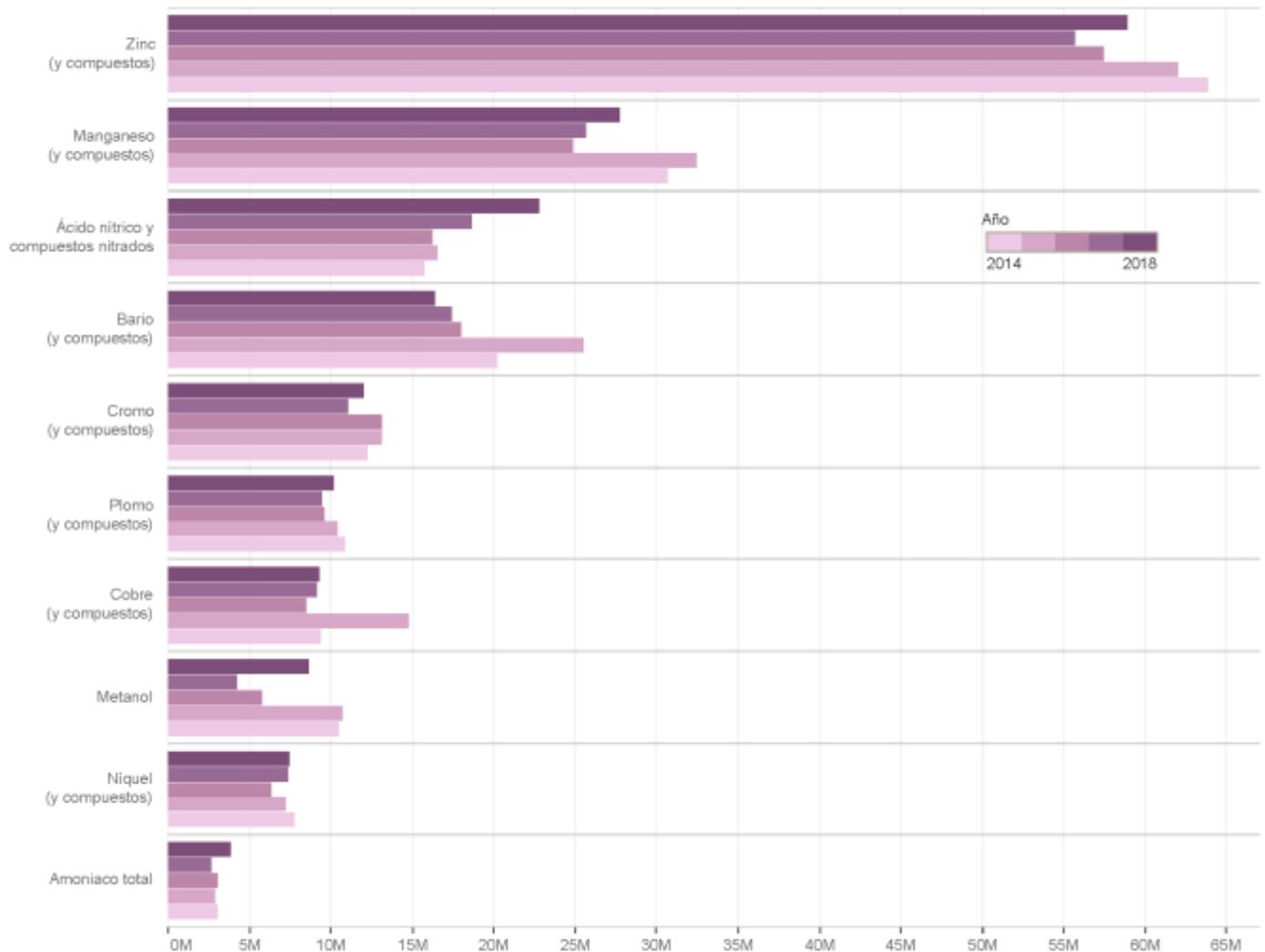


Figura 21b. Transferencias para disposición final en Estados Unidos: principales contaminantes, 2014-2018



Una comparación de los principales sectores tanto en Estados Unidos como en Canadá revela que ambos países tienen mucho en común, si se consideran los siguientes factores que influyen en sus datos RETC:

- El sector de generación de energía eléctrica, que ocupa el segundo lugar en transferencias para disposición final en Estados Unidos, es altamente dependiente de combustibles fósiles como el carbón. En comparación, una parte significativa de las necesidades energéticas de Canadá se abastece por hidroelectricidad y, por lo tanto, este sector ocupa un lugar menos

prominente en los datos RETC nacionales (55 centrales eléctricas canadienses informan al NPRI en contraste con unas 575 instalaciones que declaran al TRI en Estados Unidos).

- Los sectores de extracción de petróleo y gas, y tratamiento de aguas residuales, dos de los principales sectores en cuanto a transferencias para disposición final en Canadá, no están sujetos a la presentación de informes en Estados Unidos.

Si se excluyen los sectores anteriores, puede observarse que la industria básica del hierro y del acero y el manejo de residuos son ambos los principales sectores en cuanto a transferencias para disposición final tanto en Estados Unidos como en Canadá. El uso de los datos RETC y de otra información disponible para los sectores industriales comunes de la región —en relación con sus procesos, la generación de residuos que requieren un manejo adecuado y las estrategias para reducirlos— puede orientar políticas y acciones con miras a impulsar los esfuerzos de prevención de la contaminación y apoyar la transición hacia una economía más sostenible.

Entre 2014 y 2018, 139 instalaciones de la **industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)** registraron transferencias para disposición final, principalmente a rellenos sanitarios o embalses superficiales, o para estabilización o tratamiento previo a la disposición. El **cuadro 30** muestra las cinco instalaciones con mayores volúmenes registrados para cada una de estas categorías de eliminación.

Cuadro 30. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales, o para estabilización o tratamiento previo a la disposición final, por parte de los principales establecimientos de la industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111) en Estados Unidos, 2014-2018

Núm. ID RETC	Establecimiento	Localización	Transferencias a relleno sanitario o embalse superficial (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
151045SDGRBRADD	USS MON VALLEY WORKS - EDGAR THOMSON PLANT	Braddock, Pensilvania	2,728,623	2,689,419	2,090,405	1,981,579	2,014,547
3651WTHY5S1THYS	OUTOKUMPU STAINLESS USA, LLC	Calvert, Alabama	1,634,775	1,589,409	2,576,148	2,956,103	2,632,656
46312NLNDS3210W	ARCELORMITTAL USA LLC	East Chicago, Indiana	4,854,085	6,631,600	4,899,787	3,152,365	1,833,393
48121RGSTL3001M	AK STEEL DEARBORN WORKS	Dearborn, Michigan	2,246,564	1,931,468	3,307,549	3,153,118	7,032,816
48229GRTLKNO1QU	US STEEL CORP GREAT LAKES WORKS	Ecorse, Michigan	2,390,498	2,407,199	3,015,855	1,981,898	1,838,837
Subtotal (cinco principales establecimientos)			13,854,545	15,249,095	15,889,744	13,225,063	15,352,249
Total (todos los establecimientos)			38,289,864	31,746,028	29,951,129	30,147,234	32,998,361
% del total, cinco principales establecimientos			36%	48%	53%	44%	47%

Núm. ID RETC	Establecimiento	Localización	Transf. para estabilización o tratamiento previos a la disp. final (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
41045NRTHMUS42E	NORTH AMERICAN STAINLESS	Ghent, Kentucky	2,039,727	1,389,257	1,298,921	1,554,304	1,177,102
48121RGSTL3001M	AK STEEL DEARBORN WORKS	Dearborn, Michigan	1,480,735	1,462,448	460,283	294,972	236,534
61081STRLN101AV	STERLING STEEL CO LLC	Sterling, Illinois	2,274,779	2,183,605	2,820,539	2,384,543	2,649,443
61641KYSTN70005	KEYSTONE STEEL & WIRE CO., D/B/A LIBERTY STEEL & WIRE, PEORIA	Bartonville, Illinois	2,377,329	2,847,653	3,043,098	2,665,393	2,983,771
62002LCLDSCUTST	ALTON STEEL INC	Alton, Illinois	755,839	511,567	608,136	544,079	922,981
Subtotal (cinco principales establecimientos)			8,928,408	8,394,530	8,230,978	7,443,291	7,969,831
Total (todos los establecimientos)			12,070,502	10,675,928	10,451,568	9,528,021	10,753,273
% del total, cinco principales establecimientos			74%	79%	79%	78%	74%

De manera similar a lo que ocurre en Canadá, las principales sustancias registradas por las instalaciones de este sector en Estados Unidos fueron compuestos de zinc y manganeso, seguidas de compuestos de plomo, cobre y cromo. Sin embargo, a diferencia de las instalaciones canadienses de la industria básica del hierro y del acero, las instalaciones estadounidenses enviaron las proporciones más grandes (más de 80% cada año) de sus compuestos de zinc —sustancia con mayores volúmenes registrados para este sector— como transferencias fuera de sitio para reciclaje (véase el **cuadro 31**). Como se mencionó en el análisis de los datos canadienses para este sector (**apartado 2.4.3**), sería de utilidad conocer las razones de esta diferencia en los métodos de manejo de residuos por parte de un mismo sector en la región (por ejemplo, la disponibilidad local de infraestructura de reciclaje o el marco reglamentario aplicable).

Cuadro 31. Disposición final (en el lugar y fuera de sitio) y transferencias para reciclaje de compuestos de zinc por parte de la industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111) en Canadá y Estados Unidos, 2014-2018

Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)		2014 (kg)	2015 (kg)	2016 (kg)	2017 (kg)	2018 (kg)
Canadá (Compuestos de zinc)	Emisiones y transferencias totales	27,028,696	21,462,704	21,280,719	19,747,134	21,917,451
	Transferencias para reciclaje (%)	38	28	32	26	27
	Eliminación (en sitio y fuera de sitio) (%)	62	71	67	74	72
Estados Unidos (Compuestos de zinc)	Emisiones y transferencias totales	211,351,649	189,596,933	192,321,562	210,315,628	221,226,266
	Transferencias para reciclaje (%)	83	84	85	86	86
	Eliminación (en sitio y fuera de sitio) (%)	17	17	15	14	14

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales.

El **sector de generación de energía eléctrica (SCIAN 22111)** ocupó el segundo lugar en Estados Unidos en cuanto a transferencias fuera de sitio para disposición final, principalmente a rellenos sanitarios o embalses superficiales. Hubo una disminución significativa (de casi 25%) en tales transferencias durante el periodo 2014-2018, lo cual refleja no solamente la reducción progresiva en las emisiones y transferencias totales de este sector, sino también la disminución en el número de instalaciones industriales que presentaron informes, de 540 en 2014 a 461 en 2018. Como se describe en [En balance, volumen 14](#), muchas carboeléctricas han tenido que cambiar a fuentes de combustible más limpias o incluso cerrar como resultado de las normas más estrictas sobre emisiones de mercurio y otros contaminantes atmosféricos peligrosos establecidas en Estados Unidos en la última década.⁶⁴

Los contaminantes registrados por estas instalaciones —como compuestos de bario, zinc, manganeso, vanadio, cobre y cromo— están contenidos en las cenizas generadas por la quema de carbón. Aun cuando el uso de dispositivos de control permite evitar que proporciones importantes de estos contaminantes se liberen al aire, lo cierto es que la ceniza resultante debe eliminarse de alguna manera.

⁶⁴ Véase: [En balance, volumen 14](#).

El **cuadro 32** muestra las diez centrales eléctricas que, en conjunto, dieron cuenta de aproximadamente 70% de todas las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales entre 2014 y 2018 (con una instalación, la planta de San Juan, en Nuevo México, que también envió proporciones significativas de sus residuos a almacenamiento previo a la disposición final). Sin embargo, con todo y estas transferencias fuera de sitio, la mayoría de las plantas eléctricas estadounidenses eliminan sus residuos *in situ*, en rellenos sanitarios o embalses superficiales en el lugar mismo.

Cuadro 32. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte de los principales establecimientos del sector de generación de energía eléctrica (SCIAN 22111) en Estados Unidos, 2014-2018

Núm. ID RETC	Establecimiento	Localización	Transferencias a relleno sanitario o embalse superficial (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
15077FRSTNOFFRT	BRUCE MANSFIELD POWER PLANT	Shippingport, Pensilvania	940,493	694,359	636,468	2,735	8,288
25213JHNMS1530W	AMERICAN ELECTRIC POWER AMOS PLANT	Winfield, Virginia Occidental	883,180	958,722	893,281	804,290	677,614
2654WLNQVW1375F	LONGVIEW POWER	Maidsville, Virginia Occidental	637,745	528,277	941,363	791,248	660,797
27573CGNTR331AL	CPI USA NORTH CAROLINA LLC	Roxboro, Carolina del Norte	692,899	880,134	995,006	1,110,038	1,006,890
28461CGNTR1281C	CPI USA NORTH CAROLINA LLC	Southport, Dakota del Norte	2,191,151	2,541,036	2,053,878	1,700,982	1,823,538
32226STJHN11201	ST JOHNS RIVER POWER PARK/ NORTHSIDE	Jacksonville, Florida	1,112,098	1,301,423	1,599,424	958,304	787,959
49445BCCBB151NC	BC COBB GENERATING PLANT	Muskegon, Michigan	317,989	202,772	0	0	0
54474WSTNP2501M	WESTON POWER PLANT	Mosinee, Wisconsin	371,720	199,410	635,330	409,426	300,868
58523NTLPV294CO	BASIN ELECTRIC ANTELOPE VALLEY STATION	Beulah, Dakota del Norte	3,351,789	5,184,781	5,006,173	4,975,345	4,874,828
87421SNJNGCOUNT	SAN JUAN GENERATING STATION	Waterflow, Nuevo México	1,435,192	0	0	0	0
Subtotal (diez principales establecimientos)			11,936,270	12,492,929	12,762,938	10,754,385	10,142,800
Total (todos los establecimientos)			17,026,645	18,083,798	18,542,347	15,782,046	15,281,546
% del total, diez principales establecimientos			70%	69%	69%	68%	66%

Ciertas centrales eléctricas también registraron transferencias a “otro tipo de disposición final (desconocida)” durante el periodo en cuestión, las cuales, de acuerdo con la tendencia general del sector, se redujeron de poco más de 12 millones de kg en 2014 a aproximadamente 6 millones de kg en 2018 (véase el **cuadro 33**). Tal decremento se puede atribuir a un menor número de plantas que declararon (como se mencionó ya), así como a reducciones específicas de ciertos establecimientos en particular, como la planta de energía Duke Energy–Asheville, en Carolina del Norte, que en 2014 registró un poco más de un millón de kg en transferencias a otro tipo de disposición final, pero que en los años subsiguientes transfirió la mayor parte de sus residuos de bario, vanadio y otros compuestos metálicos a rellenos sanitarios o embalses superficiales.⁶⁵

⁶⁵ En 2017, la empresa construyó una estación de gas natural sumamente eficiente para sustituir su unidad a base de carbón, lo que supuso una importante reducción en las emisiones. Véase: Duke Energy, “[Ashville Plant](#)”.

Cuadro 33. Transferencias a “otro tipo de disposición final (desconocido)” por parte de los principales establecimientos del sector de generación de energía eléctrica (SCIAN 22111) en Estados Unidos, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y estado	Transferencias para otro tipo de disposición final (desconocida) (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
DUKE ENERGY PROGRESS LLC-ASHEVILLE STEAM ELECTRIC PLANT	28704SHVLL200CP	Arden, Carolina del Norte	1,075,639	401,308	49	25	20
NORTHAMPTON GENERATING PLANT	18067NRTHM1HORW	Northampton, Pensilvania	848,658	796,042	440,200	24,421	0
TRI-STATE GENERATION AND TRANSMISSION - CRAIG STATION	81626TRSTT2201R	Craig, Colorado	710,983	510,069	595,114	479,954	444,808
US TVA ALLEN COMBINED CYCLE PLANT	38109STVLL2574P	Memphis, Tennessee	688,717	668	8	29	27
JOLIET GENERATING STATION (#9 & #29)	60436JLTGN1800C	Joliet, Illinois	662,548	677,004	101,444	0	0
WH SAMMIS PLANT	43961FRSTNSTATE	Stratton, Ohio	659,211	535,988	432,349	406,980	297,461
PACIFICORP WYODAK PLANT	82718WYDKP48WYO	Gillette, Wyoming	612,596	581,422	438,029	580,054	563,498
IPL PETERSBURG	47567NDNPLRTE1	Petersburg, Indiana	581,938	657,748	154,404	217,636	252,934
POWERTON GENERATING STATION	61554NCRNC13082	Pekin, Illinois	574,244	412,971	325,441	8,981	70,098
MINNKOTA POWER COOPERATIVE INC., MILTON R YOUNG STATION	58530MLTNR34012	Center, Dakota del Norte	563,353	688,164	530,370	427,036	434,229
Subtotal, diez principales establecimientos			6,977,888	5,261,385	3,017,407	2,145,115	2,063,074
Total del sector de generación de energía eléctrica			12,068,806	8,935,670	5,988,503	5,743,064	6,107,344
Porcentaje (%) del total del sector, diez principales establecimientos			58	59	50	37	34

Las centrales eléctricas también fueron el sector con registro de volúmenes más elevados en cuanto a transferencias para aplicación en suelos (principalmente de compuestos metálicos como bario, manganeso, vanadio y zinc) durante este periodo. Las cantidades declaradas por este sector, junto con las del **sector de elaboración de leche y derivados lácteos (SCIAN 31151)** —99% de las cuales fueron de ácido nítrico y compuestos nitrados— representaron aproximadamente un tercio de todas las transferencias para aplicación en suelos en Estados Unidos (véase el **cuadro 34**).

Cuadro 34. Transferencias para aplicación en suelos (para tratamiento o remediación de tierras) por parte de los principales sectores en Estados Unidos, 2014-2018

Sector	Transferencias para aplicación en suelos (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Generación de energía eléctrica (SCIAN 22111)	719,696	753,369	659,697	774,919	1,254,051
Elaboración de leche y derivados lácteos (SCIAN 31151)	587,099	496,480	435,658	262,945	250,768
Subtotal, dos principales sectores	1,306,795	1,249,849	1,095,355	1,037,863	1,504,819
Total de todos los sectores	3,728,159	2,903,122	3,511,802	2,658,698	3,147,996
Porcentaje (%) del total de todos los sectores, dos principales sectores	35	43	31	39	48

De las más de 600 instalaciones del **sector de fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos (SCIAN 32519)** que declararon durante el periodo, cinco dieron cuenta de 7.6 millones de kg en 2014 (lo que corresponde a alrededor de 96% de todas las transferencias para inyección subterránea para el sector ese año). Estas transferencias disminuyeron en más de 82% durante el periodo, ubicándose en alrededor de 1.3 millones de kg en 2018 (véase el **cuadro 35**).

Entre los principales contaminantes transferidos para inyección subterránea por este sector cada año se encuentran metanol, amoníaco, metacrilato de metilo, ciclohexano, acrilamida y formaldehído, seguidos una 40 sustancias más. La gran disminución registrada durante el periodo en cuestión fue impulsada por una instalación, KMTEX LLC, ubicada en Texas, como resultado de la corrección de una sobreestimación de la cantidad de metanol declarada en 2014 y 2015 (según una consulta de los datos del TRI).

Cuadro 35. Transferencias para inyección subterránea por los principales establecimientos del sector de fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos (SCIAN 32519) en Estados Unidos, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad y estado	Transferencias para inyección subterránea (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
KMTEX LLC	77641KMCNC2450S	Port Arthur, Texas	6,830,618	7,425,307	0	1,386,088	244,632
Huntsman Petrochemical LLC	77301TXCCHJEFFE	Conroe, Texas	257,019	260,623	198,466	209,728	250,246
Lucite International Inc.	77627CCRYL6350N	Nederland, Texas	217,919	274,331	11,866	848,080	619,981
Invista Sarl - Orange Site	77630NVSTS355AF	Orange, Texas	195,566	46,085	17,335	27,713	33,655
Fort Amanda Specialties LLC	45804HMPSH1747F	Lima, Ohio	178,028	160,190	104,464	170,241	194,804
Subtotal, cinco principales establecimientos			7,679,150	8,166,536	332,131	2,641,849	1,343,319
Total del sector de fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos			8,018,348	8,774,124	3,090,859	3,795,525	2,338,797
<i>Porcentaje (%) del total del sector, cinco principales establecimientos</i>			<i>96</i>	<i>93</i>	<i>11</i>	<i>70</i>	<i>57</i>

El sector estadounidense con mayores transferencias para estabilización o tratamiento previo a la eliminación durante este periodo fue el de **elaboración de leche y derivados lácteos (SCIAN 31151)**, cuyos volúmenes registrados aumentaron de aproximadamente 725,000 kg en 2014 a más de 3.6 millones de kg en 2018, aumento impulsado principalmente por unas cuantas instalaciones (véase el **cuadro 36**) y sus transferencias de ácido nítrico y compuestos nitrados, sustancias que se utilizan como conservantes o agentes antibacterianos para el queso y que representaron más de 95% del total de dichas transferencias. Este sector también registró otros contaminantes, incluidos nitrito de sodio, amoníaco, ácido periacético, compuestos de zinc, metanol, tolueno y ciertos éteres de glicol.

Cuadro 36. Transferencias para estabilización o tratamiento previo a la eliminación por parte de los principales establecimientos del sector de elaboración de leche y derivados lácteos (SCIAN 31151) en Estados Unidos, 2014-2018

Establecimiento	Núm. ID RETC	Ciudad, Estado	Transferencias para estabilización o tratamiento previo a la disposición final (kg)				
			2014	2015	2016	2017	2018
Saputo Cheese USA Inc.	93274KRFTG800EP	Tulare, California	0	698,339	737,369	735,338	717,185
Continental Dairy Facilities LLC	49404RCHST999RA	Coopersville, Michigan	19,838	16,101	3,326	0	504,700
Kraft Heinz Foods Co.	93275LSRCH10800	Tulare, California	0	0	21,575	21,277	256,754
Kerry Ingredients & Flavours Inc.	55901STFFR24027	Rochester, Minnesota	1,714	1,329	18,766	24,909	247,420
Saputo Cheese USA Inc.	95360FDRYF691IN	Newman, California	0	125,135	115,906	116,086	115,994
Saputo Cheese USA Inc.	93274STLLF901LE	Tulare, California	0	83,808	111,649	89,581	87,529
Darigold - Sunnyside	98944DRGLD400AL	Sunnyside, Washington	28,065	38,362	43,442	36,447	73,446
Saputo Cheese USA Inc.	54106TGMPR307NC	Black Creek, Wisconsin	52,750	55,124	52,917	50,238	51,246
Gehl Foods LLC	53022GHLSGN116W	Germantown, Wisconsin	63,888	86,872	117,746	134,574	13,892
Agri-Mark Inc. McCadam Plant	12920MCCDM23COL	Chateaugay, Nueva York	105,658	115,386	121,666	106,960	10,683
Subtotal, diez principales establecimientos			271,913	1,220,455	1,344,364	1,315,409	2,078,848
Total del sector de elaboración de leche y derivados lácteos			725,033	2,091,645	2,245,091	2,337,213	3,634,765
Porcentaje (%) del total del sector, diez principales establecimientos			38	58	60	56	57

El tercer sector en cuanto a transferencias para disposición final en Estados Unidos fue el de **manejo de residuos (SCIAN 562)**, en particular en lo concerniente a transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales. Alrededor de 65 instalaciones de este sector declararon transferencias en esta categoría cada año, con cantidades que aumentaron de unos 14.7 millones de kg en 2014 a aproximadamente 19.6 millones de kg en 2018, con la excepción de 2015 (véase el **cuadro 37**).

Cuadro 37. Transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales por parte de los principales establecimientos del sector de manejo de residuos (SCIAN 562) en Estados Unidos, 2014-2018

PRTR ID	Facility	Location	Transfers to Landfill or Surface Impoundment [kg]				
			2014	2015	2016	2017	2018
07032SWWST115JA	CLEAN EARTH OF NORTH JERSEY, INC.	Kearny, New Jersey	250,711	18,300,892	735,076	930,952	681,037
17404NVRTF730VO	ENVIRITE OF PENNSYLVANIA, INC.	York, Pennsylvania	731,251	478,040	252,467	525,294	367,647
38054PLLTN5485T	TRADEBE TREATMENT & RECYCLING OF TENNESSEE LLC	Millington, Tennessee	217,345	713,014	349,147	1,185,001	923,742
44707NVRTF2050C	ENVIRITE OF OHIO, INC.	Canton, Ohio	764,573	446,122	634,617	630,104	740,297
46231HRTGN7901W	HERITAGE ENVIRONMENTAL SERVICES, LLC	Indianapolis, Indiana	3,140,575	2,695,681	2,107,208	2,407,918	2,328,838
46312PLLTN4343K	TRADEBE TREATMENT & RECYCLING, LLC	East Chicago, Indiana	649,289	324,990	273,729	669,485	339,302
48211SLCTY1923F	EQ DETROIT, INC.	Detroit, Michigan	1,195,540	2,227,288	1,699,777	1,682,573	3,146,630
60426NVRTF16435	ENVIRITE OF ILLINOIS, INC.	Harvey, Illinois	309,421	333,569	342,067	324,030	357,007
61615PRDSP4349W	PEORIA DISPOSAL CO #1	Peoria, Illinois	4,889,516	4,500,624	6,421,242	7,419,006	8,360,754
84029SFTYK11600	CLEAN HARBORS ARAGONITE, LLC	Grantsville, Utah	166,404	126,667	1,020,503	340,788	434,208
Top 10 Facilities			12,314,624	30,146,889	13,835,833	16,115,152	17,679,461
All Facilities			14,666,289	31,589,625	15,421,358	18,693,823	19,535,934
Top 10 as % of All Facilities			84%	95%	90%	86%	90%

Este cuadro muestra que diez instalaciones dieron cuenta de más de 80% del total cada año y que el gran aumento registrado en 2015 provino de una instalación, Clean Earth of North Jersey, Inc., que ese año declaró 18.3 millones de kg, luego de la implementación de un proyecto de remediación que involucró varias instalaciones petroquímicas. Dicho establecimiento registró alrededor de 5 millones de kg cada uno de compuestos de cobre, bario y manganeso, junto con proporciones más pequeñas de compuestos de plomo, níquel y cromo.

Otros contaminantes transferidos a rellenos sanitarios o embalses superficiales por este sector fueron zinc (y sus compuestos), óxido de aluminio, ácido nítrico y compuestos nitrados, ciertos éteres de glicol, diisocianatos, etilenglicol y otros. Si bien estas transferencias aumentaron durante el periodo en cuestión, es interesante observar que la cantidad de contaminantes disminuyó (de 229 en 2014 a poco más de 160 en cada uno de los años siguientes). En muchos casos, estos contaminantes se eliminaron en rellenos sanitarios o embalses superficiales en el sitio mismo, o bien se transfirieron fuera de sitio para tratamiento.⁶⁶

Como se mencionó anteriormente, el sector de manejo de residuos (**SCIAN 562**) a menudo maneja sustancias peligrosas que requieren algún tipo de tratamiento o estabilización antes de su eliminación. Sin embargo, no todas las instalaciones de este sector cuentan con procesos y tecnologías especializados que les permitan manejar, tratar y eliminar la gran variedad de residuos que reciben, como proveedores de servicios para muchas industrias diferentes, incluidas refinerías de petróleo, instalaciones de extracción de petróleo y gas, minas, centrales eléctricas e instalaciones de tratamiento de aguas residuales, además de una amplia gama de sectores manufactureros. Por lo tanto, resulta común que muchas instalaciones de manejo de residuos actúen como intermediarios, transfiriendo parte de los residuos que reciben a otros establecimientos para su tratamiento o eliminación. Tales transferencias fuera de sitio, que involucran a un tercero como un proveedor de servicios adicionales o complementarios de manejo de residuos, pueden complicar e incluso llegar a impedir el seguimiento de la disposición final de los contaminantes luego de que salen del establecimiento de origen. Esta situación se ilustra en el siguiente ejemplo.

Metales de desecho de la fabricación de acumuladores y pilas [baterías]

Los metales utilizados para producir acumuladores y pilas, como el cobre, el plomo y el cadmio, suelen ser costosos y, por lo tanto, los fabricantes de baterías a menudo los reciclan y reutilizan. Esto puede implicar la transferencia de residuos de plomo y otros compuestos metálicos a una instalación de manejo de residuos, que luego podría, a su vez, transferir la totalidad o parte de dichos residuos a una fundición secundaria de plomo para su refinación. Sin embargo, las porciones de los desechos metálicos que están contaminadas (por ejemplo, desechos de plomo contaminados con cadmio) no pueden usarse en acumuladores o pilas nuevas, de manera que es posible que se les transfiriera a un establecimiento diferente para su estabilización o reutilización (por ejemplo, en cemento o materiales de construcción). Asimismo, una parte o la totalidad de las cenizas o polvo del horno cargados de metal podrían también enviarse a este segundo establecimiento o bien transferirse a un relleno sanitario para su eliminación.⁶⁷

⁶⁶ [Búsqueda de datos en *En balance en línea*.](#)

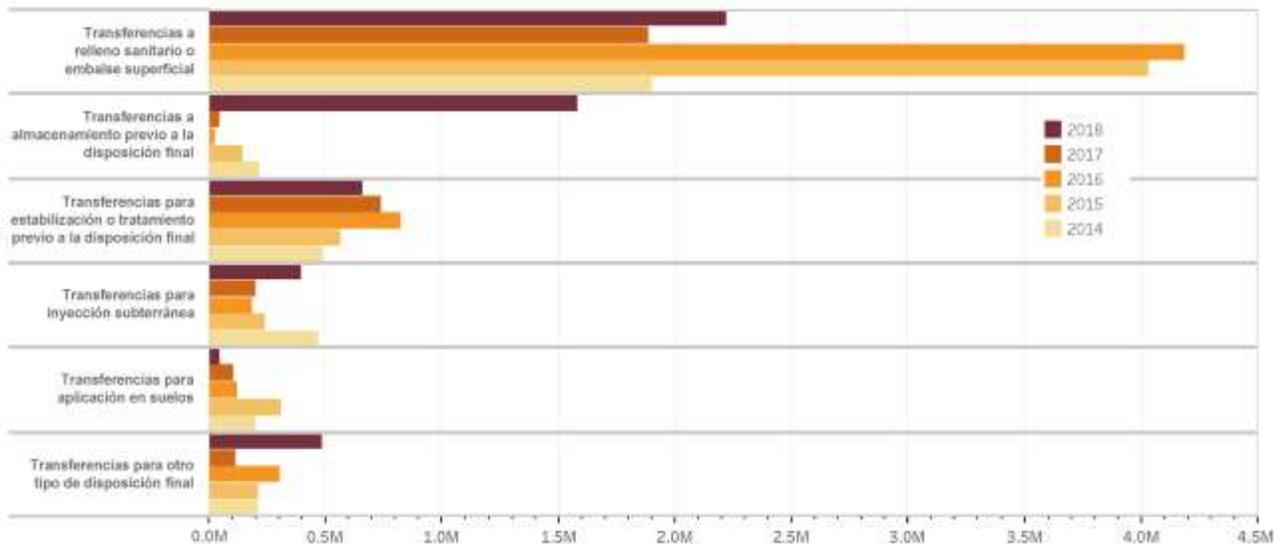
⁶⁷ Aevitas, “[Battery Recycling](#)”.

Por muy diversas razones, los residuos derivados de cualquiera de estas operaciones podrían no ser registrados en el correspondiente programa RETC nacional. Es posible —por ilustrar tan sólo un caso— que se les hubiera mezclado con otros residuos compatibles, a fin de minimizar sus efectos negativos, y que, por lo tanto, dejaran de cumplir con los requisitos de registro. Factores como el mencionado contribuyen a la dificultad para rastrear el destino de los contaminantes una vez transferidos fuera del establecimiento de origen. En el siguiente apartado se presentan ejemplos de datos de transferencias transfronterizas que ilustran mejor esta problemática.

2.4.6 Transferencias transfronterizas para disposición final en América del Norte, 2014-2018

Como se mencionó en el capítulo 1, una parte de los residuos industriales que año con año las instalaciones de América del Norte transfieren fuera de sitio para eliminación o disposición final se envía a otros países de la región. Durante el periodo 2014-2018, las transferencias transfronterizas para disposición final anuales (mostradas por categoría en la **figura 22**) totalizaron entre 3.4 y 5.6 millones de kilogramos, lo que representa aproximadamente 2% del total de las transferencias transfronterizas (véase la **figura 9**).⁶⁸

Figura 22. Transferencias transfronterizas para disposición final, por categoría, en América del Norte, 2014-2018



Los datos RETC sobre transferencias transfronterizas de contaminantes en América del Norte representan cuatro patrones de flujo: Canadá a Estados Unidos, México a Estados Unidos,

⁶⁸ Como se señaló ya en el capítulo 1, el más reciente conjunto de datos del sistema NPRI incluye actualizaciones a los registros de transferencias transfronterizas canadienses correspondientes al periodo 2014-2018 que no se reflejan en el presente informe. Se invita al lector a consultar el sitio web del NPRI para obtener información detallada al respecto.

Estados Unidos a Canadá, y Estados Unidos a México. El **cuadro 38** muestra que las transferencias para disposición final en Estados Unidos de residuos provenientes de establecimientos canadienses representaron las proporciones más grandes de todas las transferencias de este tipo en la región, lo que a su vez refleja también la prominencia de Canadá entre los tres países en cuanto a las transferencias transfronterizas totales durante el periodo en cuestión (**capítulo 1**).

Cuadro 38. Transferencias transfronterizas para disposición final en América del Norte, 2014-2018

País fuente a país destinatario	Transferencias transfronterizas para disposición final (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Canadá a Estados Unidos	2,797,669	4,744,946	4,921,316	2,405,334	2,758,382
México a Estados Unidos	64,093	5,217	26,951	41,321	1,585,214
Estados Unidos a Canadá	615,031	742,431	698,701	642,154	1,033,138
Estados Unidos a México	1,315	1,218	3,498	1,821	1,644
Total, América del Norte	3,478,108	5,493,812	5,650,466	3,090,630	5,378,378

Nota: Al hacer interpretaciones de datos RETC de América del Norte es preciso tener en cuenta las diferencias entre los requisitos de registro nacionales. Por otra parte, el NPRI contiene datos recientemente actualizados correspondientes al periodo 2014-2018, mismos que pueden consultarse directamente en el sitio web del NPRI.

Transferencias de Canadá a Estados Unidos para disposición final

Las transferencias canadienses a Estados Unidos para disposición final (principalmente a rellenos sanitarios o embalses superficiales) oscilaron entre 2.4 y 2.8 millones de kilogramos anuales, excepto en 2015 y 2016, cuando aumentaron a casi 5 millones. De aproximadamente 25 sectores que declararon este tipo de transferencia, los cinco incluidos en el **cuadro 39** dieron cuenta de al menos 83% de los totales anuales registrados.

Cuadro 39. Transferencias de Canadá a Estados Unidos para disposición final, 2014-2018

Sector	Transferencias para disposición final (kg)					Práctica principal de eliminación
	2014	2015	2016	2017	2018	
Fabricación de otros productos a base de minerales no metálicos (SCIAN 32799)	0	2,737,305	2,737,305	97,910	136,400	Rellenos sanitarios y embalses superficiales
Manejo de residuos (SCIAN 562)	1,242,803	731,718	770,787	835,929	823,470	Rellenos sanitarios y embalses superficiales
Laminación secundaria de otros metales no ferrosos (SCIAN 33149)	760,625	694,056	738,562	705,875	744,533	Rellenos sanitarios y embalses superficiales
Industria básica del aluminio (SCIAN 33131)	115,072	111,160	357,103	496,753	545,331	Rellenos sanitarios y embalses superficiales
Fabricación de pulpa (SCIAN 32211)	197,264	301,902	120,833	103,520	41,747	Aplicación en suelos
Subtotal, cinco principales sectores	2,315,763	4,576,141	4,724,590	2,239,987	2,291,481	
Total de todos los sectores	2,797,669	4,744,946	4,921,316	2,405,334	2,758,382	
Porcentaje (%) del total de todos los sectores, cinco principales sectores	83	96	96	93	83	

Nota: El lector puede consultar los datos del NPRI recientemente actualizados en el sitio web del sistema canadiense.

Los aumentos registrados en 2015 y 2016 fueron impulsados por grandes transferencias de fluoruro de sodio de la planta de procesamiento y fundición electroquímica de aluminio primario de Rio Tinto Alcan en Jonquière (Quebec), instalación del **sector de fabricación de otros productos a base de minerales no metálicos (SCIAN 32799)**, a EQ Detroit, Inc., sitio de almacenamiento, tratamiento y eliminación de residuos peligrosos en Detroit, Míchigan. Anteriormente, el establecimiento de Rio Tinto había transferido cantidades similares de fluoruro de sodio a una instalación canadiense, Newalta Corporation, en Chateaugay, Quebec.

Establecimientos del **sector de manejo de residuos (SCIAN 562)**, como Revolution Environmental Solutions, Clean Harbors Canada, Toxco Waste Management y Greater Vancouver Sewerage Waste-to-Energy, transfirieron una amplia gama de compuestos metálicos como zinc, cadmio, plomo y níquel, junto con fósforo total, tolueno, xilenos y otros, a rellenos sanitarios o embalses superficiales ubicados en Míchigan, Oregón, Washington y otras entidades estadounidenses.

Varias instalaciones de Safety-Kleen y Clean Harbors en Canadá también transfirieron entre 200,000 y 500,000 kilogramos cada año (principalmente de cromo, plomo y otros compuestos metálicos) a las instalaciones de Clean Harbors y EQ Detroit ubicadas en Arkansas, Texas y Nebraska, para su estabilización o tratamiento previo a disposición final. Dos instalaciones de Revolution Environmental Solutions ubicadas en Ontario también transfirieron aproximadamente 175,000 kg cada año (sobre todo de ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido nítrico y compuestos nitrados) a instalaciones como Environmental Geo Technologies (Míchigan) y Vickery Environmental (Ohio) para inyección subterránea.

Las transferencias transfronterizas para disposición final por parte del **sector de laminación secundaria de otros metales no ferrosos (SCIAN 33149)** fueron impulsadas por Tonolli Canada, planta de reciclaje de baterías en Ontario, que transfirió contaminantes como compuestos de arsénico, antimonio, plomo, zinc y vanadio a rellenos sanitarios o embalses superficiales en varios estados, incluidos Míchigan, Pensilvania, Nueva York y Ohio.

Establecimientos de la **industria básica del aluminio (SCIAN 33131)**, como Aluminerie de Bécancour y Sceptre–Baie Comeau (Quebec), Kaiser Aluminium (Ontario) y Rio Tinto Alcan–Kitimat (Columbia Británica), transfirieron diversos contaminantes —incluidos fluoruro de calcio, compuestos de zinc, benzo(b)fluoranteno, criseno y otros— a rellenos sanitarios o embalses superficiales de Estados Unidos durante este periodo. Sin embargo, a partir de 2016, la mayoría de las transferencias de este sector (principalmente humo y polvo de aluminio, manganeso, zinc, vanadio y otros compuestos metálicos) correspondieron a la planta Sceptre Aluminium en Saguenay, Quebec.

Y en el **sector de fabricación de pulpa (SCIAN 32211)**, la planta Twin Rivers en Edmunston, Nuevo Brunswick, registró transferencias a Estados Unidos para su aplicación en suelos. Esta instalación envió cada año, a un lugar identificado como “tierra agrícola de Maine” en Madawaska, Maine (justo al otro lado de la frontera, colindante con Edmunston), volúmenes que variaron de alrededor de 40,000 a más de 200,000 kilogramos de fósforo total, cloro, manganeso y otros compuestos metálicos.

Transferencias de México a Estados Unidos para disposición final

Las transferencias mexicanas a establecimientos estadounidenses para disposición final (casi todas para almacenamiento previo a la disposición) fueron inferiores a 65,000 kg cada año excepto en 2018, año en que aumentaron a casi 1.6 millones de kilogramos. Catorce sectores declararon este tipo de transferencias durante el periodo 2014-2018, pero los que registraron las mayores proporciones en 2014 no fueron los mismos que en 2018. En el **cuadro 40** se presentan los seis sectores industriales que, en conjunto, dieron cuenta de cuando menos 50% del total cada año.

Cuadro 40. Transferencias de México a Estados Unidos para disposición final, 2014-2018

Sector	Transferencias (principalmente, para almacenamiento previo a la eliminación) (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Fabricación de herrajes y cerraduras (SCIAN 33251)	52,170	1	0	0	313
Recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281)	9,732	0	0	170	0
Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices (SCIAN 33633)	2,190	4,407	0	0	0
[Desconocido] (SCIAN 99999)	0	1	22,013	0	12
Fabricación de acumuladores y pilas (SCIAN 33591)	0	0	0	0	1,469,344
Fabricación de otros productos eléctricos (SCIAN 33599)	0	0	0	22,013	59,255
Subtotal, seis principales sectores	64,093	4,408	22,014	22,183	1,528,923
Total de todos los sectores	64,093	5,217	26,951	41,321	1,585,214
Porcentaje (%) del total de todos los sectores, seis principales sectores	100	84	82	54	96

Es interesante notar que el total de las transferencias registradas para cada uno de estos sectores industriales correspondió en su mayor parte a una sola instalación:

- **Sector de fabricación de herrajes y cerraduras (SCIAN 33251):** Schlage de México, ubicada en Tecate, Baja California, transfirió en 2014 compuestos de níquel y cromo (ambos en una cantidad de 26,085 kg cada cual) a la planta de World Resources en Arizona, que produce concentrados de metal a partir de residuos manufactureros.
- **Sector de recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281)** – Intermetro de México, con sede en Chihuahua, declaró en 2014 transferencias de compuestos de cromo y níquel por un total de 9,732 kg enviados a Heritage Environmental Services, establecimiento de manejo de residuos peligrosos en Arizona. Cabe señalar, sin embargo, que la información en línea sobre Intermetro indica que se trata de un fabricante de muebles, por lo que debería haber registrado bajo el código SCIAN 33721.⁶⁹

⁶⁹ [Intermetro de México, S. de R.L. de C.V.](#)

- **Sector de fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices (SCIAN 33633)** – Key Automotive Accessories de México, ubicada en el estado de Tamaulipas, transfirió un total de más de 6,000 kg de xilenos y tolueno a la planta de Clean Harbors en La Porte, Texas, en 2014 y 2015.
- **Sector desconocido (SCIAN 99999)** – Grupo Schumex, ubicado en el estado de Tamaulipas, registró 22,013 kg en compuestos de plomo transferidos en 2016 a All Star Metals, planta de procesamiento de metales y reciclaje de barcos en Brownsville, Texas. Si bien el informe presentado por Grupo Schumex al *RETC* no indica el sector industrial correspondiente, la información empresarial en línea indica que se trata de una maquiladora en el **sector de fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica (SCIAN 33531)**.⁷⁰
- **Sector de fabricación acumuladores y pilas [baterías] (SCIAN 33591)** – La planta industrial C&D Technologies Reynosa, ubicada en Tamaulipas, transfirió casi 1.5 millones de kg de compuestos de plomo a la planta Buick Resource Recycling en Misuri, que recicla baterías de plomo-ácido gastadas y otros residuos con contenido de plomo.
- **Sector de fabricación de otros productos eléctricos (SCIAN 33599)** – En 2017 y 2018, la planta industrial de Grupo Schumex en Tamaulipas (mencionada anteriormente) registró transferencias de compuestos de plomo por alrededor de 80,000 kg a la planta All Star Metals en Texas.

Transferencias de Estados Unidos a Canadá para disposición final

Las transferencias de Estados Unidos a Canadá para disposición final oscilaron entre 615,000 y poco más de un millón de kilogramos cada año, y se dividieron de manera bastante equitativa entre transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales, transferencias para estabilización o tratamiento previo a la disposición, y transferencias para “otro tipo de disposición final (desconocida)”. También se transfirieron pequeñas proporciones para inyección subterránea. De los 46 sectores industriales que declararon tales transferencias transfronterizas durante el periodo 2014-2018, los cinco que se muestran en el **cuadro 41** dieron cuenta de cuando menos 50% del total cada año.

⁷⁰ [Grupo Schumex, S.A. de C.V.](#)

Cuadro 41. Transferencias de Estados Unidos a Canadá para disposición final, 2014-2018

Sector	Transferencias para disposición final (kg)					Práctica(s) principal(es) de eliminación
	2014	2015	2016	2017	2018	
Manejo de residuos (SCIAN 562)	180,336	216,073	200,247	222,783	329,647	Rellenos sanitarios y embalses superficiales; estabilización o tratamiento previos a la disposición final; inyección subterránea
Laminación secundaria de otros metales no ferrosos (SCIAN 33149)	85,380	100,774	45,859	55,020	89,492	Rellenos sanitarios y embalses superficiales; estabilización o tratamiento previos a la disposición final; inyección subterránea
Recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281)	46,457	63,146	58,375	62,281	106,011	Estabilización o tratamiento previos a la disposición final
Laminación secundaria de cobre (SCIAN 33142)	2,621	1,251	130,043	92,980	93,640	Otro tipo de disposición final (desconocida)
Fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes (SCIAN 32532)	0	0	58,967	0	217,724	Otro tipo de disposición final (desconocida)
Subtotal, cinco sectores principales	314,794	381,244	493,491	433,064	836,513	
Total de todos los sectores	615,031	742,431	698,701	642,154	1,033,138	
<i>Porcentaje (%) del total de todos los sectores, cinco principales sectores</i>	<i>51</i>	<i>51</i>	<i>71</i>	<i>67</i>	<i>81</i>	

Unas cuantas instalaciones en el **sector de manejo de residuos (SCIAN 562)**, como Heritage Environmental Services de Indiana, Clean Earth de Nueva Jersey y las instalaciones de Clean Harbors en Massachusetts y Texas, dominaron las transferencias a Canadá para eliminación en rellenos sanitarios o embalses superficiales, sobre todo con envío de compuestos de níquel, cobre, cromo, plomo, zinc y arsénico a Stablex, una instalación de tratamiento y eliminación segura de residuos peligrosos ubicada en Blainville, Quebec. Clean Earth de Nueva Jersey también transfirió tricloroetileno a las instalaciones de Englobe en Montreal, que se especializa en la remediación de suelos.

Establecimientos como Retrie Technologies en Ohio, y Cycle Chem Inc. y Veolia Technical Solutions (Nueva Jersey) también transfirieron compuestos de cadmio, arsénico, zinc, plomo y cromo para estabilización o tratamiento previo a la eliminación a instalaciones como Stablex y Revolution Environmental Solutions (Midhurst, Ontario). Varias instalaciones —por ejemplo, US Ecology (Texas) y Vickery Environmental (Ohio)— transfirieron contaminantes como etilenglicol, nitrato de sodio, mercurio, zinc y otros compuestos metálicos para “otro tipo de disposición final (desconocida)”, principalmente a Stablex y la instalación de Clean Harbors en Corunna, Ontario.

Las transferencias del **sector de laminación secundaria de otros metales no ferrosos (SCIAN 33149)** registradas en 2014 correspondieron a una instalación, Revere Smelting and Refining (Nueva York), que transfirió compuestos de plomo, cromo, antimonio y arsénico a Stablex (Quebec) para su eliminación. Las transferencias a rellenos sanitarios o embalses superficiales en 2018 fueron impulsadas por la planta de American Zinc and Recycling en Pensilvania, que transfirió compuestos de zinc, manganeso, plomo, níquel y cadmio a las instalaciones de Stablex y Clean Harbors (Corunna, Ontario).

En 2017 y 2018, Supercon Inc., fabricante de alambre superconductor, transfirió ácido nítrico y compuestos nitrados, así como compuestos de cobre, a Stablex (Quebec) para inyección subterránea. Asimismo, las transferencias de este sector para “otro tipo de disposición final (desconocida)” en 2018 fueron impulsadas por la instalación de BASF en Carolina del Sur, que transfirió casi 7,000 kg de compuestos de bario al complejo de fundición de níquel de Vale Canada en Copper Cliff, Ontario.

Algunas instalaciones en el **sector de recubrimientos y terminados metálicos (SCIAN 33281)** impulsaron las transferencias registradas por el sector entre 2014 y 2018: Unimetal Surface Finishing, Pape Electroplating y Waterbury Plating (todas ubicadas en Connecticut) transfirieron compuestos de zinc, cobre, níquel y plomo a la instalación de Stablex para su estabilización o tratamiento previo a la disposición.

Phelps Dodge Copper Products, instalación del **sector de laminación secundaria de cobre (SCIAN 33142)** ubicada en El Paso, Texas, dio cuenta de todas las transferencias para “otro tipo de disposición final (desconocida)” registradas por este sector entre 2014 y 2016. Envío compuestos de selenio, antimonio, níquel y arsénico a la refinería de cobre y metales preciosos Glencore Canada ubicada en Montreal, Quebec. Antes de 2016, tres instalaciones de IWG Nest Inc. ubicadas en Nueva York transfirieron algunos miles de kilogramos de compuestos de cobre a Stablex para su estabilización o tratamiento previo a la disposición final.

En 2016 y 2018, Dow Chemical de Midland, Míchigan, instalación del **sector de fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes (SCIAN 32532)**, registró transferencias por un total de casi 280,000 kg de compuestos de manganeso a la instalación de Clean Harbors en Corunna, Ontario, para “otro tipo de disposición final (desconocida)”.

Transferencias de Estados Unidos a México para disposición final

Las transferencias de Estados Unidos a México durante este periodo fueron registradas por 14 establecimientos en once sectores industriales y oscilaron entre 1,315 y poco menos de 3,500 kilogramos cada año. El **cuadro 42** muestra los tres sectores que, en conjunto, dieron cuenta de la mayor parte de estas transferencias, principalmente para “otro tipo de disposición final (desconocida)”.

Cuadro 42. Transferencias de Estados Unidos a México para disposición final, 2014-2018

Sector	Transferencias (principalmente, para otro tipo de disposición [desconocida]) (kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)	1,105	693	983	0	0
Fabricación de telas recubiertas (SCIAN 31332)	110	151	141	113	136
Fabricación de tubos y postes de hierro y acero (SCIAN 33121)	0	0	1,682	1,675	1,490
Subtotal, tres sectores principales	1,215	844	2,805	1,789	1,627
Total de todos los sectores	1,315	1,218	3,498	1,821	1,644
Porcentaje (%) del total de todos los sectores, tres principales sectores	92	69	80	98	99

Resulta interesante observar que las transferencias registradas para cada uno de estos tres sectores industriales correspondieron en su mayor parte a una sola instalación:

- **Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)** – Desde 2014 hasta 2016, la planta Gerdau-Fort Smith en Arkansas transfirió un total de casi 3,000 kg de

compuestos de bario a Zinc Nacional, instalación ubicada en el estado de Nuevo León que produce óxido de zinc y recicla polvo de horno de arco eléctrico.

- **Fabricación de telas recubiertas (SCIAN 31332)** – Flexfirm Products Inc., planta industrial ubicada en South El Monte, California, transfirió entre 100 y 150 kilogramos de compuestos de antimonio cada año a Recicladora Temarry de México, establecimiento de manejo de residuos ubicado en Baja California.
- **Fabricación de tubos y postes de hierro y acero (SCIAN 33121)** – Desde 2016 hasta 2018, Western Tube and Conduit en Long Beach, California, transfirió un total de más de 4,000 kg de compuestos de zinc a la planta de Recicladora Temarry de México en Baja California.

Los datos sobre transferencias transfronterizas examinados en este apartado brindan cierta luz sobre las fuentes y los tipos de transferencias registradas. En muchos casos, una consideración clave en la elección de la planta receptora es su habilidad para tratar y disponer adecuadamente el o los residuos en cuestión; ésta es probablemente la razón por la que ciertas instalaciones de Estados Unidos optan por enviar sus residuos a una planta canadiense especializada como Stalex o Clean Harbors que, a pesar de localizarse más allá de la frontera nacional, constituye la opción más cercana disponible que ofrece los servicios especializados necesarios. También es posible que la decisión se base en otros factores (por ejemplo, relaciones establecidas, economías de escala, falta de capacidad local para el procesamiento). De cualquier manera, transferir residuos a través de las fronteras nacionales para su eliminación puede resultar costoso, dependiendo de la naturaleza del residuo, los requisitos de manejo, los costos de combustible y las tarifas de eliminación o disposición.⁷¹ Como se mencionó en el **apartado 2.3**, las instalaciones —y los países mismos—deben también asumir el costo social del transporte de residuos peligrosos a través de las fronteras.

Para algunos residuos, las opciones de manejo son muy limitadas. Tal es el caso de los residuos de revestimiento de celdas electrolíticas gastadas (en inglés: *spent pot lining*, SPL), generados por la industria del aluminio y considerados un importante desafío en cuanto a su manejo debido a su contenido de cianuro y flúor altamente tóxicos. El aluminio primario se produce por reducción electrolítica de alúmina (óxido de aluminio) en celdas o cubas revestidas, las cuales deben eliminarse una vez gastadas, cuando no pueden ya seguirse utilizando. Desde 2008, la planta de procesamiento de Rio Tinto Alcan en Jonquière, Quebec, ha tratado y reciclado sus residuos SPL. Sin embargo, las tecnologías necesarias para ello aún son incipientes y muy caras, como costosos también pueden ser los pasivos y responsabilidades ambientales asociados con la eliminación inadecuada en vertederos o rellenos sanitarios. El resultado de esta situación es que muchas fundiciones de aluminio han simplemente almacenado sus residuos SPL durante décadas, esperando una tecnología de reciclaje que pueda agregarles valor o una opción de eliminación más económica y segura.⁷² En el caso del proceso de reciclaje de Rio Tinto Alcan, la ceniza residual —considerada inerte y no

⁷¹ MCF (2022), “[Hazardous Waste Disposal Costs—What to Know about Transportation Fees](#)” [Costos de la disposición de residuos peligrosos: tarifas de transporte], MCF Environmental Services, 6 de abril de 2022.

⁷² Pyrotek y “[The SPL Waste Management Challenge in Primary Aluminum](#)”, *Light Metal Age*, March 16, 2021.

peligrosa— generalmente se envía a cementeras para su utilización en la producción de concreto.

En algunos casos, los datos sobre transferencias transfronterizas plantean ciertas preguntas sobre la naturaleza y la gestión de los residuos enviados para disposición final. Un ejemplo es la transferencia para aplicación en suelos de entre 100,000 y 200,000 kilogramos de contaminantes cada año por parte de la fábrica de pasta de papel (pulpa) Twin Rivers, localizada en Nuevo Brunswick, hacia un lugar identificado únicamente como “tierras agrícolas de Maine.” En los registros no se cuenta con ninguna otra información sobre este sitio, por lo que se desconoce la entidad responsable de garantizar que los residuos se manejen de manera ambientalmente racional.

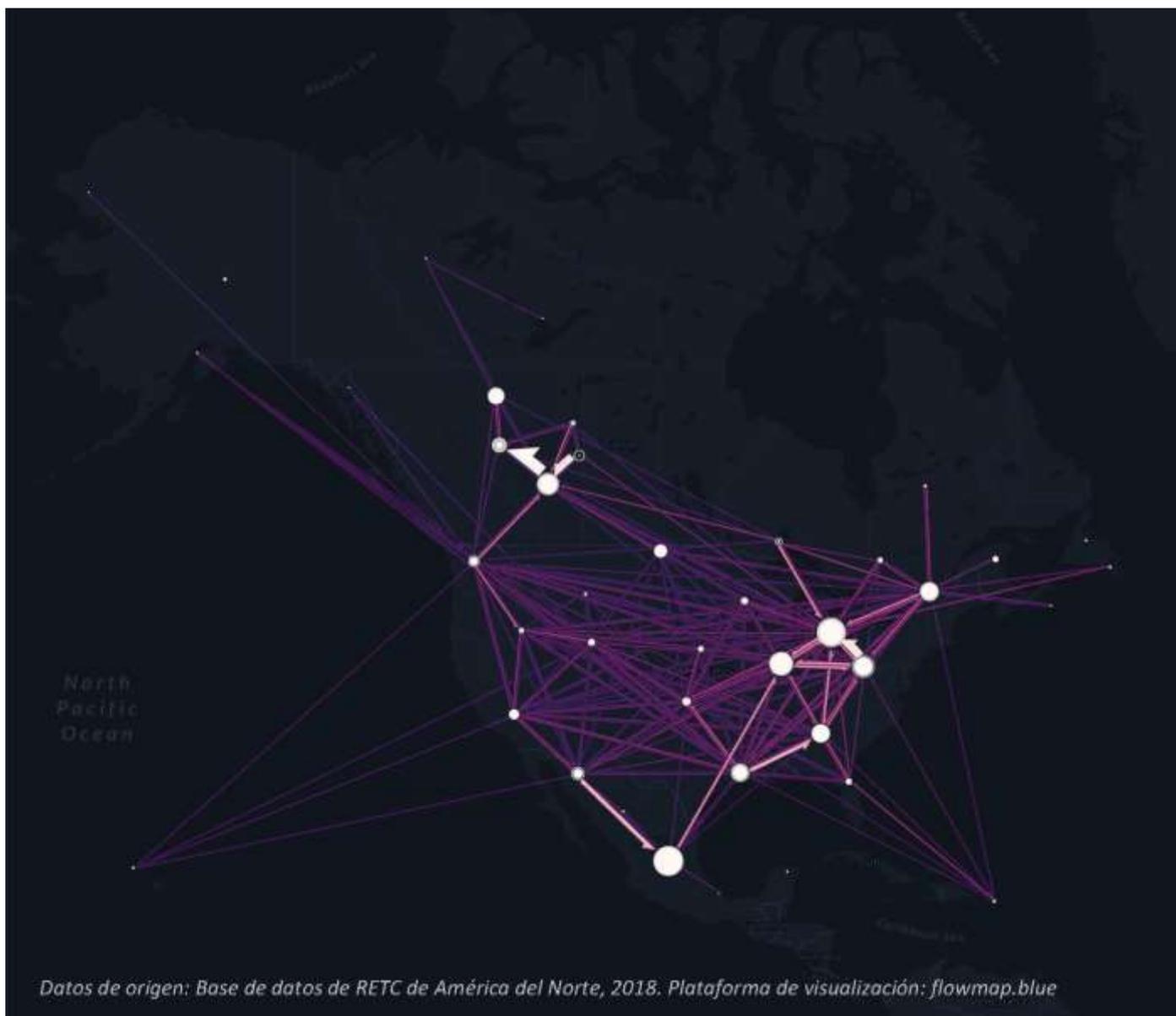
Estos datos también plantean la cuestión más amplia de las prácticas de disposición final de residuos registradas y si los datos reflejan errores en los registros, o una deficiencia en las categorías de eliminación disponibles, de forma que no reflejan o corresponden a las prácticas reales de los establecimientos. Por ejemplo, ciertas transferencias de metales registradas en las categorías de almacenamiento previo a la eliminación u “otro tipo de disposición final (desconocida)” parecerían más bien haber tenido un fin de reciclaje o reutilización (tal es el caso de las transferencias de compuestos de plomo de C&D Technologies Reynosa a la instalación de Buick Resource Recycling, o las transferencias de compuestos de zinc de Western Tube and Conduit a la planta de Recicladora Temarry de México). Sin embargo, una parte del problema estriba probablemente en el hecho de que, como se mencionó ya, los datos RETC a menudo no permiten el seguimiento de los contaminantes más allá del primer receptor indicado por la instalación de origen.

2.4.7 Seguimiento de las transferencias para disposición final, desde el origen hasta el destinatario

Este capítulo especial sobre transferencias para disposición final se ha centrado en las cantidades registradas y, por lo tanto, en los establecimientos de origen (o de envío). Sin embargo, como se mencionó antes, es igualmente importante contar con información precisa sobre los destinos (o destinatarios) finales de tales residuos transferidos. Por primera vez, la CCA ha recopilado datos RETC trinacionales correspondientes a todas las instalaciones tanto de origen como de destino involucradas en transferencias para disposición final, dentro y fuera de las fronteras. El mapa de la **figura 23** ilustra los flujos de tales transferencias en América del Norte en 2018.⁷³

⁷³ Cabe señalar que estos datos son preliminares.

Figura 23. Flujos de transferencias para disposición final dentro de América del Norte, 2018



Nota: Estos datos son preliminares, única y exclusivamente con fines ilustrativos.

Una exploración inicial de los datos recabados aporta información interesante sobre las fuentes y los destinatarios de las transferencias para disposición final. Por ejemplo, en muchos casos, las instalaciones de origen indican información de ubicación (ciudad, provincia/estado/territorio) inexacta o inexistente para el destinatario, o proporcionan descripciones genéricas de las instalaciones receptoras en lugar de un nombre oficial (“vertedero”, “tierra agrícola”, “pozo de inyección núm. 2”, “estación de transferencia”, “basura”, entre otros).

Entre los destinatarios claramente identificados de las transferencias para disposición final figuran instalaciones de manejo de residuos, plantas de cemento, fundiciones, rellenos sanitarios, pozos de inyección subterráneos, plantas de tratamiento de aguas residuales, fabricantes de productos químicos, granjas y tierras agrícolas, y estaciones de transferencia. Sin embargo, en muchos casos la información disponible en el sitio web de algunos de estos destinatarios plantea dudas sobre su idoneidad o capacidad para recibir y manejar adecuadamente los residuos que se les transfieren. Por ejemplo, ciertos rellenos sanitarios especifican que no están diseñados para recibir residuos peligrosos, pero los datos RETC muestran que reciben contaminantes —a menudo en grandes cantidades— que pueden presentar riesgos para la salud humana o el medio ambiente, dependiendo de la forma o estado en que se encuentren (únicamente estabilizados o inertes podrían ser aptos para eliminación en áreas no diseñadas para residuos peligrosos).

Priorización de contaminantes de preocupación común

Los análisis de datos de transferencias para disposición final han revelado similitudes entre los tres países en cuanto a los sectores y contaminantes reflejados, así como importantes lagunas en los datos en toda la región. Si bien ciertamente existen diferencias en su alcance y tamaño, la mayoría de los principales sectores informantes (por ejemplo, industria básica del hierro y del acero, extracción de petróleo y gas, manejo de residuos, y centrales eléctricas) operan en los tres países. Por lo tanto, se puede concluir que los vacíos y omisiones en los datos correspondientes a estos sectores en toda la región se deben en gran parte a las diferencias en los requisitos de registro de los RETC de Canadá, Estados Unidos y México.

Gran parte del énfasis en estos análisis se halla en las sustancias registradas en mayores proporciones; por ejemplo, compuestos metálicos como zinc y manganeso, junto con ácido sulfhídrico, ácido nítrico y compuestos nitrados, y fósforo total. Sin embargo, como se mencionó ya, si bien las instalaciones industriales de América del Norte transfirieron más de 400 contaminantes para su eliminación entre 2014 y 2018, existen grandes disparidades en la cantidad de sustancias sujetas a notificación en cada país y, por tanto, en los datos disponibles para el análisis.

De igual o mayor importancia que el volumen de contaminantes transferidos para eliminación o disposición final es su potencial para afectar negativamente la salud humana o el medio ambiente. Como se señaló anteriormente, al intentar evaluar el riesgo de una sustancia contaminante deben considerarse factores como su toxicidad inherente, su potencial para persistir en el medio ambiente o alterarlo de alguna manera, y la vía de exposición, entre otros. Del conjunto de contaminantes transferidos para disposición final por los establecimientos de América del Norte entre 2014 y 2018, 210 son sustancias tóxicas conocidas por su potencial para causar daño a la salud humana o el medio ambiente; es decir, pueden afectar el desarrollo humano o la reproducción, son carcinógenos presuntos o conocidos, o tienen el potencial de persistir en el medio ambiente, bioacumulándose (magnificándose) a lo largo de la cadena alimentaria.

Los diferentes requisitos de registro de los programas RETC nacionales para estas sustancias dificultan la capacidad para comprender cabalmente los riesgos asociados con su eliminación. Un aspecto relacionado es el hecho de que, dependiendo del país, ciertos contaminantes se registran como grupos de sustancias; por ejemplo, el grupo de compuestos de cromo incluye

compuestos de cromo hexavalente, que son extremadamente tóxicos, junto con otros compuestos de cromo menos tóxicos (solamente en el NPRI se registran los compuestos de cromo hexavalente por separado). Ello aumenta la dificultad de conocer con mayor precisión posibles problemas de contaminación asociados a la eliminación de sustancias muy tóxicas (sin mencionar los riesgos que plantea su acumulación en el tiempo).

Los RETC ofrecen la posibilidad de rastrear las emisiones y transferencias de contaminantes, además de contribuir a generar conciencia sobre los problemas conocidos o emergentes asociados a los mismos. Así por ejemplo, ha salido a la luz información sobre los impactos ambientales y en la salud humana de las sustancias per y polifluoroalquiladas (PFAS), un grupo de sustancias químicas sintéticas fabricadas y ampliamente utilizadas en envases de alimentos, espumas contra incendios, productos repelentes de calor, agua y manchas, y otros procesos industriales en todo el mundo desde hace más de 50 años. Ciertas PFAS —también conocidas como “productos químicos eternos” porque pueden acumularse y permanecer en el cuerpo humano durante muy largos periodos— se han asociado con resultados adversos para la salud humana, como cáncer, problemas de tiroides e hígado y malformaciones congénitas.⁷⁴ Recientemente, se han encontrado niveles elevados de PFAS en los biosólidos a base de lodos de aguas residuales aplicados a tierras agrícolas en Estados Unidos y otros lugares del mundo (OCDE, 2013).⁷⁵

El Grupo Internacional de Coordinación de RETC de la UNECE ayuda a coordinar los esfuerzos de organizaciones internacionales, gobiernos y otras partes interesadas en relación con el desarrollo de sistemas de registro de emisiones y transferencias de contaminantes. Durante la reunión del grupo celebrada en 2021, se recomendó la inclusión de ciertas PFAS en las listas de contaminantes RETC. De hecho, en reconocimiento de esta problemática emergente, Estados Unidos agregó 172 PFAS al TRI para el año de registro 2020.

El acceso a datos precisos y completos relativos a la gestión de contaminantes de interés común por parte de los sectores industriales de América del Norte puede respaldar políticas y acciones encaminadas a evitar no solamente su liberación inadvertida como resultado de una eliminación inadecuada, sino también —y en primer lugar— su utilización. En el siguiente apartado se analizan las alternativas en curso y emergentes en cuanto a la generación y eliminación de residuos industriales.

2.5 Producción sostenible y alternativas a la generación y eliminación de residuos industriales

Como se mencionó anteriormente, los principales objetivos de la Iniciativa RETC de América del Norte y de la serie de informes *En balance* consisten en:

- promover mayores conciencia y acceso a los datos e información de los RETC, a fin de mejorar el conocimiento de las fuentes y la gestión de los contaminantes de interés común, y

⁷⁴ OCDE, “[About PFASs](#)” [Acerca de las sustancias per y polifluoroalquiladas], portal de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos sobre compuestos químicos per y polifluorados.

⁷⁵ Tom Perkins, “[‘I don’t know how we’ll survive’: the farmers facing ruin in Maine’s ‘forever chemicals’ crisis](#)”, *The Guardian*, 22 de marzo de 2022.

- apoyar las decisiones en materia de prevención de la contaminación y desarrollo sostenible en los tres países.

El presente volumen de *En balance* presenta datos e información referentes a las sustancias químicas utilizadas en los procesos industriales en América del Norte. Las instalaciones en una amplia gama de sectores extractivos y manufactureros que producen y suministran nuestros bienes de consumo —derivados de petróleo, productos químicos y agroquímicos, alimentos, ropa, electrónica y automóviles, por mencionar algunos— generan residuos en forma líquida, sólida o de lodos que pueden ser peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. El riesgo puede estar presente durante el procesamiento o uso de una sustancia, o cuando se libera al medio ambiente, ya sea directamente o luego de su eliminación.

En este apartado se examinan los desafíos ambientales y de salud humana relacionados con nuestros patrones de consumo cada vez más insostenibles. Si bien los problemas relacionados con el final de la vida útil de los productos constituyen una preocupación cada vez mayor en todo el mundo, el enfoque del análisis del presente informe se centra en la etapa de la producción, como parte del paradigma “producir-usar-tirar”, y en cómo la industria puede contribuir a la modificación de los patrones insostenibles predominantes, cambiando a escala de sociedad los enfoques y estrategias tradicionales en relación con el uso, la generación y la gestión de contaminantes (véase la **figura 24**). Se presentan ejemplos de alternativas en el contexto de los sectores productivos, las actividades industriales y los contaminantes examinados en los análisis de datos precedentes.

Figura 24. Jerarquía de gestión de residuos



Fuente: Gobierno de Maine (2019), [What is Pollution Prevention?](#) [¿Qué es la prevención de la contaminación?]

2.5.1 Producción sostenible y el concepto de economía circular

Para comprender mejor la necesidad de abordar los patrones de consumo actuales, es preciso reconocer que la tasa de crecimiento de la población mundial se ha acelerado, al igual que ha ocurrido con la demanda de productos y servicios para satisfacer las necesidades básicas. El poder adquisitivo de los consumidores, incluido el consumo de productos de corta duración

por parte de quienes pueden adquirirlos, ha aumentado. Las tendencias en los patrones de consumo creciente ponen en juego la capacidad del planeta para proporcionar materias primas, además de dar lugar a impactos ambientales y sociales que a la larga (de hecho, lo están haciendo ya) excederán los beneficios económicos derivados del desarrollo en el sector productivo, haciéndolo insostenible. El modelo “producir-usar-tirar”, conocido como modelo de *economía lineal* (véase la **figura 25**), consiste en una secuencia de etapas que van desde la extracción, producción y consumo de recursos hasta la eliminación de residuos o desechos.

Figura 25. Modelo de economía lineal



Para abordar los problemas derivados de un modelo de economía lineal, así como otros aspectos relacionados con el desarrollo humano y el medio ambiente, los líderes mundiales han adoptado un conjunto de objetivos para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos, como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible (Agenda 2030): los llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Uno de los ODS que reviste particular relevancia para el presente informe es el ODS 12, relacionado con procesos sostenibles de producción y consumo, y la prevención, reducción y gestión adecuada de residuos (ONU, 2015).

Figura 26. Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: producción y consumo responsables

<p>12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p>	<p>12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los residuos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.</p> <p>12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de residuos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.</p> <p>12.6 Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes.</p>
--	---

Fuente: ONU (2021), “[Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles](#)”, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas.

Varios instrumentos y acuerdos internacionales relacionados con el manejo de residuos peligrosos (algunos de los cuales se mencionaron en el **apartado 2.3.3**) respaldan estos objetivos:

- Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM, por sus siglas en inglés)
- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes
- Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación
- Acuerdo de París (sobre GEI)

- Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional
- Convenio de Minamata sobre el Mercurio
- Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono
- Acuerdo de la Paz entre México y Estados Unidos (región fronteriza)

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) apoya la implementación de proyectos dirigidos a fortalecer las capacidades institucionales y de gestión. Por su parte, la CCA ha abordado cuestiones relacionadas con sustancias químicas de interés mundial a través del programa Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas (MASQ) y la formulación de Planes de Acción Regionales de América del Norte (PARAN) que han contribuido al manejo ambiental adecuado de sustancias como dioxinas y furanos, DDT y mercurio, así como al monitoreo de contaminantes orgánicos persistentes (COP). La CCA también ha coordinado proyectos relacionados con los movimientos transfronterizos de residuos en América del Norte y la elaboración de guías para fortalecer las prácticas de manejo de residuos (por ejemplo, baterías de plomo-ácido usadas) (CCA, 2016).

El Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés) se centra en el consumo como una de las fuerzas impulsoras para una producción más sostenible. La producción y el consumo sostenibles deben ser inclusivos e integrar la participación de gobiernos, empresas y la sociedad en general a fin de minimizar la huella ambiental humana a través de la producción racional y el uso eficiente de los recursos naturales, al mismo tiempo que se reduce la generación de residuos y se fortalece la oferta de productos y servicios. Con base en la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) de las Naciones Unidas, el WBCSD define la producción y consumo sostenibles como:

“El uso de bienes y servicios que responden a las necesidades esenciales y brindan una mejor calidad de vida, al mismo tiempo que se minimizan el uso de recursos naturales, el manejo de materiales tóxicos y las emisiones de residuos y contaminantes a lo largo del ciclo de vida, para no poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras.”⁷⁶

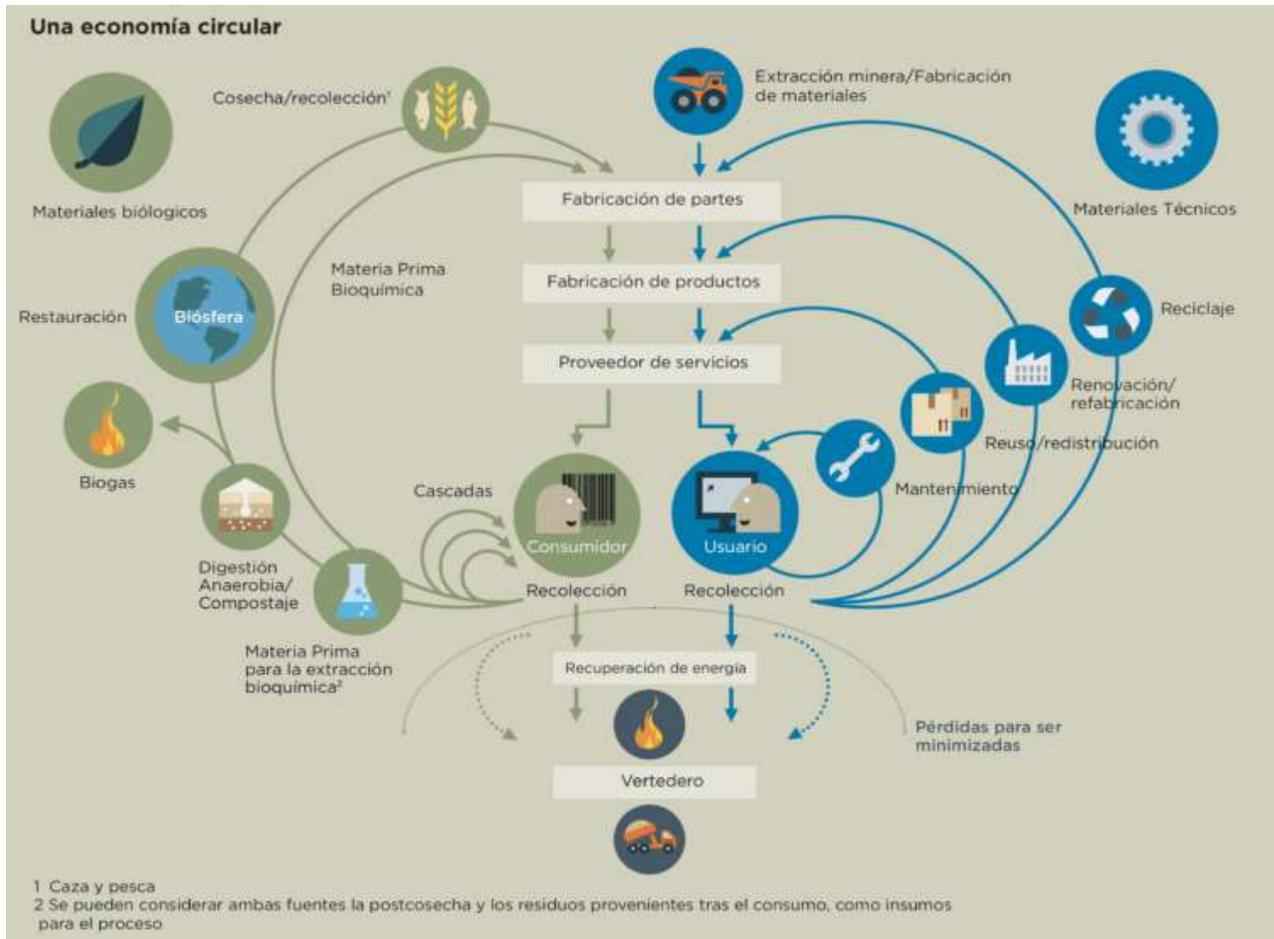
La producción sostenible puede impulsarse mediante el etiquetado de productos certificados, lo que permite a los consumidores tomar decisiones informadas sobre sus compras; los pagos directos por el uso o aprovechamiento de los recursos naturales, y la negociación de permisos para la extracción y uso de materias primas. Estas alternativas al modelo “producir-usar-tirar” se adhieren a los principios de la *economía circular*, que procura un mayor grado de sostenibilidad a partir de la consideración del ciclo de vida de los productos o servicios producidos.

Un modelo de economía circular ampliamente reconocido es el que promueve la Fundación Ellen MacArthur (véase la **figura 27**) como alternativa a la producción y el consumo irracionales a escala mundial. Este modelo se centra en reducir el consumo y fomentar la

⁷⁶ Adaptado de: [Nuestro futuro común](#) (Informe Brundtland), Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, ONU.

creación de valor a través de la extensión de la vida útil de un producto, así como el aprovechamiento de los materiales y componentes del producto al final de su vida útil.

Figura 27. Esquema de economía circular



Fuente: Fundación Ellen MacArthur (2014).

Actualmente, los gobiernos contemplan varias estrategias para pasar de una economía lineal a una circular. Una de estas estrategias es la implementación de incentivos económicos que sirvan de complemento a los instrumentos de regulación; incentivos entre los que pueden incluirse:

- Establecer precios adecuados para los recursos mediante políticas fiscales orientadas a reducir el daño ambiental y, simultáneamente, generar ingresos internos sustanciales. Por ejemplo, eliminar los subsidios a los combustibles fósiles generaría 2.9 billones de dólares anuales, además de reducir las emisiones globales de carbono en más de 20% y las muertes prematuras por contaminación del aire en 55% (PNUMA, 2017). Los ingresos generados podrían utilizarse para respaldar inversiones en tecnologías limpias, capital natural e infraestructura social.

- Establecer impuestos que impongan una mayor carga sobre el uso de los recursos y la generación de contaminación, y que favorezcan la producción sostenible, así como la reutilización, reparación y reciclaje de bienes y productos.
- Adoptar cargos y tarifas por contaminación y enfoques o estrategias de “quien contamina paga”, en los que la prevención y minimización de la contaminación sean elementos fundamentales para la toma de decisiones. Los cargos por contaminación se basan en la cantidad de contaminantes vertidos al medio ambiente, mientras que los cargos al usuario se cobran, por ejemplo, por la recolección o eliminación de residuos, o el tratamiento de aguas y suelos contaminados (PNUMA, 2017).

2.5.2 El papel de la industria en la economía circular

Si bien los incentivos y los instrumentos de regulación afectan las formas y la medida en que los sectores industriales y manufactureros adoptan un enfoque más circular para sus operaciones, otros factores también desempeñan un importante papel en este proceso. La implementación de un modelo de economía circular al interior de la industria exige un cambio en la mentalidad tanto de los consumidores como de los productores, lo que a su vez ejercerá una influencia en el diseño de los productos, en coherencia con los principios de la economía circular: es decir, favoreciendo la utilización de desechos y residuos como materia prima al tiempo de reducir el uso de productos tóxicos y no reutilizables.

Los esfuerzos en favor de la sostenibilidad ambiental emprendidos por la industria han sido desencadenados por preocupaciones globales sobre los impactos en la salud humana y el medio ambiente. Algunas industrias han adoptado prácticas como la prohibición de sustancias específicas, la mejora de la eficiencia de sus procesos y el fomento de una cultura de responsabilidad social y ambiental empresarial, al tiempo que buscan evitar impactos económicos negativos. Estas prácticas pueden estar orientadas hacia objetivos específicos, pero se reconocen como sostenibles si contribuyen a minimizar los riesgos e impactos ambientales y de salud humana. Los aspectos financieros, regulativos, operativos y de reputación son factores clave que influyen en la adopción de la sostenibilidad al interior de la industria.

Un estudio realizado en 2019 por Accenture, proveedor global de servicios para una amplia gama de industrias, incluido el sector de fabricación de productos químicos, mostró que aproximadamente la mitad de los 6,000 consumidores encuestados estarían dispuestos a pagar más por productos sostenibles: alrededor de 70% indicó mayor probabilidad de adquirir productos orgánicos que hace cinco años.⁷⁷ Este cambio en la mentalidad del consumidor está teniendo un impacto en toda la cadena de suministro. Los fabricantes de automóviles, ropa, equipos y componentes electrónicos, alimentos y juguetes, entre otros sectores productivos, están adoptando un enfoque de economía circular (o ciclo de vida del producto). Esto implica modificar la forma en que diseñan sus productos y embalajes, al igual que su utilización de sustancias químicas. Como resultado, la industria química —eslabón indispensable en la

⁷⁷ Accenture (2019), *Chemical (Re)action: Growth Opportunities in a Circular Economy* [(Re)acción química: oportunidades de crecimiento en una economía circular], informe de investigación, 30 de agosto de 2019.

cadena de suministro para muchos de estos sectores industriales— también se está viendo afectada por tales transformaciones.

Diseñar para reducir y prevenir la generación de residuos

Las empresas están rediseñando sus productos teniendo en cuenta el uso de materias primas recicladas y reciclables. Las nuevas tendencias apuntan también a una reducción en el consumo de energía y otros recursos (por ejemplo, agua) en los procesos productivos. Cada vez más, los residuos generados en las etapas de producción y posconsumo se reintegran en los procesos de producción; y cuando esto no es posible, los residuos se envían a empresas asociadas para que se utilicen en otras partes de la cadena de valor (por ejemplo, transferencias a empresas cementeras donde escorias y polvos pueden utilizarse como sustituto del mineral ferruginoso en el proceso de producción de clínker).

Diseño de productos más duraderos

De lo anterior se desprende que las empresas también deben diseñar sus productos de manera que contrarreste la “obsolescencia programada”, característica demasiado común de los bienes de consumo en décadas recientes. Hay cuatro formas principales en las que una empresa suele lograr la obsolescencia programada: durabilidad artificial, actualizaciones de software, obsolescencia percibida y prevención de reparación.⁷⁸

En 2017, el Parlamento Europeo aprobó la “Resolución sobre una vida útil más larga de los productos: beneficios para los consumidores y las empresas”, destinada a contrarrestar la obsolescencia programada (Parlamento Europeo, 2017). Aparte de los beneficios medioambientales asociados al combate de la obsolescencia programada, se estimó que si tan sólo 1% de todos los productos manufacturados que se encuentran en los vertederos se reciclara, se crearían 200,000 nuevos puestos de trabajo.⁷⁹ En España, la FENISS (Fundación Energía e Innovación Sostenible sin Obsolescencia Programada) certifica a las empresas que producen bienes y servicios respetuosos del medio ambiente y diseñados para ser duraderos.⁸⁰ Las empresas que han tomado la delantera en la lucha contra la obsolescencia programada están vendiendo productos que los consumidores “compran de por vida” (lo que significa que son de alta calidad, pero también reparables en caso necesario).

Química verde

El manejo de un residuo industrial o peligroso depende de su ciclo de vida: cómo se extrae o produce; su uso, y si se puede —y cómo— tratar al final de su primera vida útil. Lo anterior presupone que ciertas sustancias pueden reincorporarse en los procesos productivos para su reutilización o reciclaje.

Utilizando los principios de la llamada “química verde”, concepto desarrollado en 1998 por Anastas y Warner para referirse a la fabricación de sustancias químicas con el objetivo de reducir la formulación, producción y uso de sustancias tóxicas, la industria química puede

⁷⁸ Durability Matters (2019), “[Nine Products You Only Need To Buy Once](#)” [Nueve productos a comprar una única vez].

⁷⁹ Parlamento Europeo (2016), [Informe sobre una vida útil más larga para los productos: ventajas para los consumidores y las empresas](#), Informe - A8-0214/2017.

⁸⁰ [Feniss](#), Fundación Energía e Innovación Sostenible sin Obsolescencia Programada.

“capturar” moléculas recirculantes valiosas a partir de compuestos químicos usados al final de su vida útil, lo que significa que puede utilizar más materia prima renovable. Ello tiene el potencial de generar enormes ahorros, ya que las materias primas pueden representar aproximadamente 60% de los costos totales de una empresa química. Los principios clave de la química verde son la prevención de residuos; el aumento de la eficiencia energética; el uso de materias primas renovables; el diseño de productos químicos más seguros, y la reducción de la posibilidad de accidentes (Parlamento Europeo, 2017; PNUMA, 2019).

Agregar valor a los materiales residuales

El Instituto de Química Verde (*Green Chemistry Institute*) de la Asociación de Química de Estados Unidos (*American Chemical Society*) brinda ejemplos de la transformación de residuos en energía, combustibles y otros materiales útiles y valiosos. Por ejemplo, la empresa Biofine Technology LLC (ahora DPS Biometrics, Inc.) desarrolló un proceso para convertir biomasa (residuos de celulosa contenidos en lodos residuales generados por las fábricas de papel, residuos sólidos municipales, papel de desecho no reciclable, residuos de madera y residuos agrícolas) en combustibles y sustancias químicas de valor (por ejemplo, ácido levulínico, sustancia que puede utilizarse como base para productos químicos contenidos en muchos materiales de gran utilidad, como productos farmacéuticos, aditivos alimentarios y plásticos). Este proceso reduce el uso de combustibles fósiles, así como el costo del ácido levulínico.⁸¹

Modelo de arrendamiento de productos químicos

El arrendamiento de productos químicos es un modelo comercial de servicio que facilita el reciclaje, la devolución y la reutilización de sustancias químicas, lo que da como resultado una reducción del consumo de recursos, los residuos y las emisiones. Este modelo también da lugar a procesos más rentables (de mayor costoefectividad) al orientar de mejor manera los productos químicos hacia usos o productos específicos (por ejemplo, un limpiador a base de solventes para autopartes), al tiempo de recuperar los productos químicos desechados para su reciclaje y reutilización.⁸²

2.5.3 El papel de los programas RETC en la economía circular

A medida que los gobiernos reconocen la necesidad de un cambio profundo de paradigma en nuestros patrones de producción y consumo —es decir, pasar de una economía lineal a una economía circular—, se hace patente la necesidad correspondiente de apoyar la transición al interior de la industria: de la mera gestión de los contaminantes a evitar en primera instancia la creación de contaminación, a fin de proteger eficazmente el medio ambiente y la salud humana, eliminar la generación de residuos costosos y lograr el desarrollo sostenible. Para apoyar esta transición, los tres gobiernos de América del Norte han formulado e implementado estrategias, políticas, programas y recursos, entre los que se incluyen —como se describe con mayor detalle a continuación— programas de certificación, reconocimientos y galardones, al

⁸¹ ACS, “[Green Chemistry/ Waste to Chemicals](#)” [Desechos y residuos transformados en energía, combustible y otros materiales de utilidad].

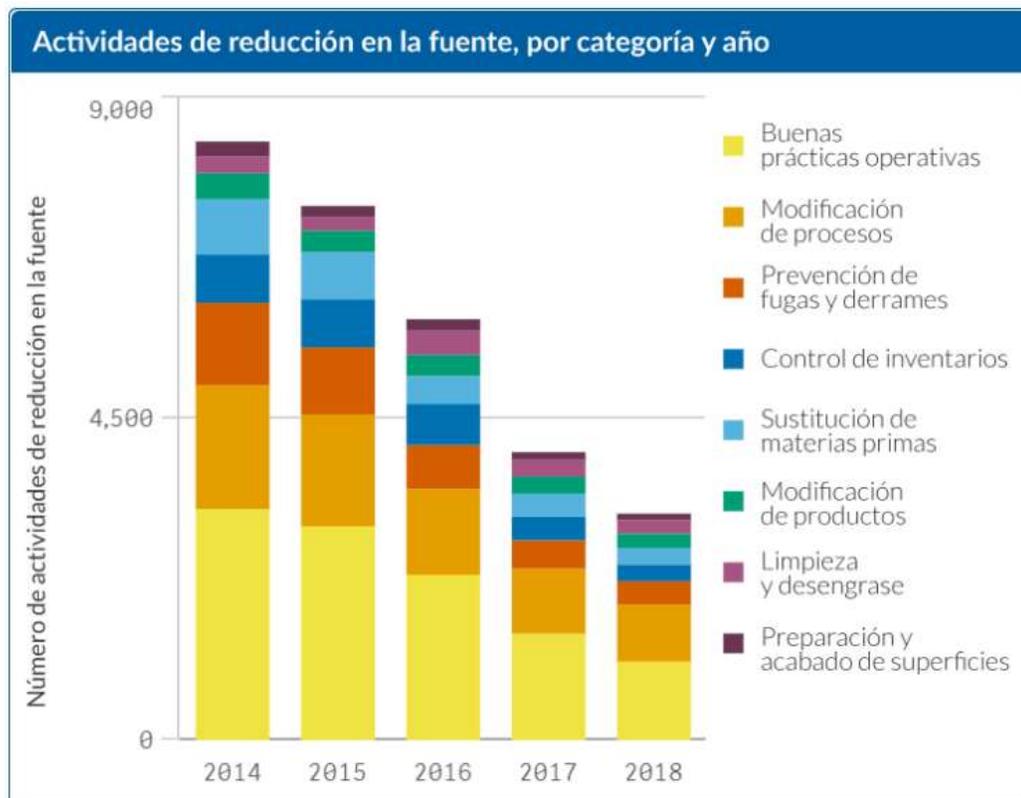
⁸² ONUDI, [Global Chemical Leasing Program: The Performance Based Business Model For Sustainable Chemicals Management](#) [Programa mundial de [arrendamiento de productos químicos: modelo de negocio basado en el desempeño para la gestión sostenible de productos químicos](#)].

igual que orientación para los múltiples sectores de la industria sobre las mejores prácticas disponibles.

Las características únicas de los programas RETC nacionales permiten el seguimiento de las fuentes, tipos y cantidades de contaminantes generados y utilizados en los procesos industriales, y posteriormente liberados o transferidos como residuos. En ese sentido, los RETC de América del Norte desempeñan un importante y creciente papel en apoyo a la implementación de prácticas sostenibles.⁸³ Como se mencionó en el **apartado 2.3**, parte de la información declarada se relaciona con la implementación de estrategias y acciones de prevención de la contaminación y producción sostenible por parte de las instalaciones en la región. Esta información es compilada y, más recientemente, utilizada por los programas RETC de los tres países para rastrear los avances hacia la sostenibilidad industrial y comprender mejor tanto los desafíos relacionados como las posibles soluciones.

La **figura 28** presenta las actividades de reducción en la fuente que las instalaciones de Estados Unidos declararon para el periodo 2014-2018.

Figura 28. Actividades de reducción en la fuente registradas por instalaciones de Estados Unidos, 2014-2018



Fuente: [TRI Toxics Tracker Tool](#), número de actividades de reducción en la fuente, 2014-2018 (consulta realizada el 10 de junio de 2022).

⁸³ Véase el [informe de la OCDE \(2021\)](#) sobre la forma en que los RETC pueden apoyar el avance hacia la sustentabilidad.

De manera similar, en el “Buscador de recursos en materia de prevención de la contaminación” (*Pollution Prevention Resource Finder*, “*P2 Finder*”), herramienta en línea alojada en el sitio web de ECCC, se presentan ejemplos de la implementación de prácticas de “química verde” y prevención de la contaminación (P2 en inglés, de: *pollution prevention*) en instalaciones canadienses. El **cuadro 43** muestra ejemplos de prácticas P2 declaradas al NPRI para 2017.⁸⁴ Cabe señalar que el registro de las actividades de prevención de la contaminación específicas por contaminante se volvió obligatorio en el programa canadiense a partir de 2021.

Cuadro 43. Ejemplos de actividades de prevención de la contaminación registradas en el NPRI, 2017

Sustitución de materiales: 154 instalaciones, 160 acciones identificadas	<ul style="list-style-type: none"> • una instalación de recubrimiento y grabado usó un compuesto zinc-níquel menos tóxico en lugar de cadmio en sus procesos • una planta de fabricación de piezas y productos aeroespaciales reemplazó el 95% de sus revestimientos por otras sin cromato • una planta de fabricación de productos plásticos utilizó gomas sin disolventes para algunos de sus productos
Rediseñar o reformular productos: 121 instalaciones, 140 acciones identificadas	<ul style="list-style-type: none"> • una planta de fabricación de jabón y compuestos de limpieza reformuló algunos de sus productos para eliminar el contenido cancerígeno • una planta de fabricación de productos de espuma de poliestireno aumentó la cantidad de material reciclado en sus productos • una instalación de fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos recicló su solvente usado y lo reincorporó a sus alquídicos
Cambios en equipos o procesos: 281 instalaciones, 420 acciones identificadas	<ul style="list-style-type: none"> • una instalación convencional de extracción de petróleo y gas instaló turbinas de generación de energía para utilizar el gas que de otro modo se quemaría • una instalación de fabricación de productos químicos básicos dejó de usar amoníaco en su suspensión al cambiar una de sus enzimas • una planta de pulpa, papel y cartón usó biogás producido por un tratamiento anaeróbico en lugar de petróleo/aceite ligero

Fuente: Gobierno de Canadá (2019), [Pollution Prevention \(P2\) Resource Finder](#) [Buscador de recursos en materia de prevención de la contaminación], ECCC (consultado el 10 de junio de 2022).

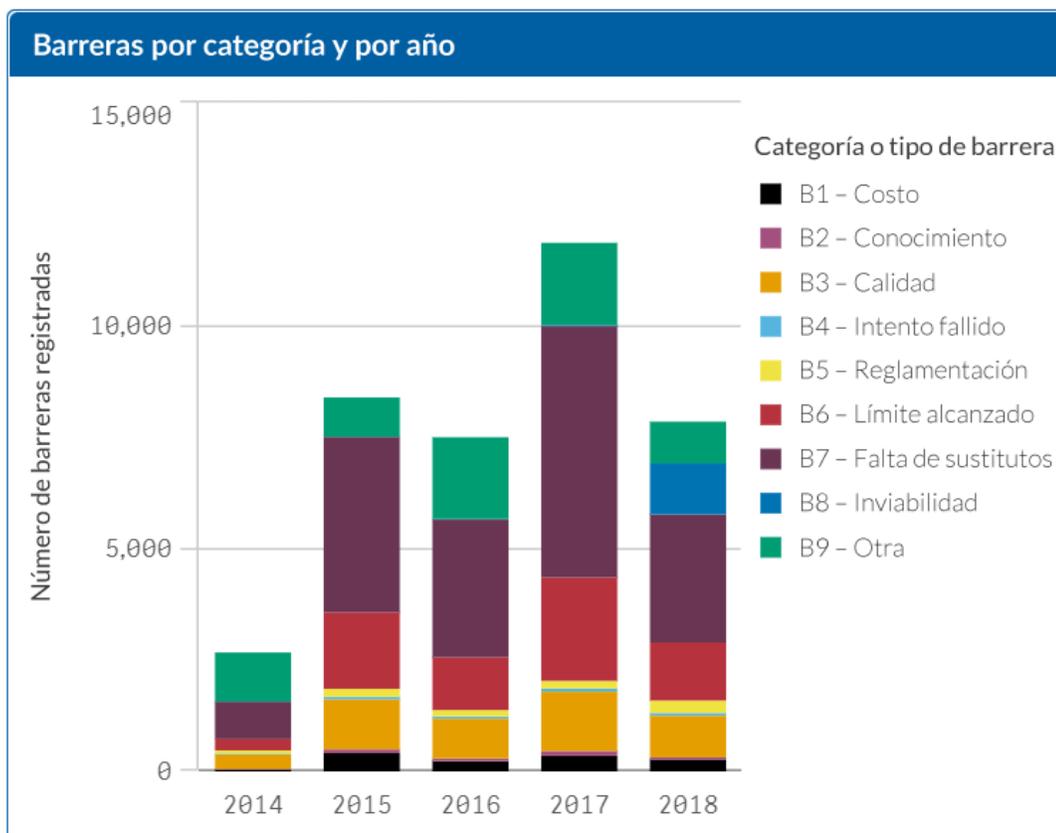
Sin embargo, a pesar de los ejemplos anteriores, la adopción al interior de la industria de prácticas sostenibles en una escala más amplia enfrenta múltiples desafíos, incluidos el costo de implementación; la falta de conocimiento sobre las mejores prácticas y tecnologías disponibles; restricciones relacionadas tanto con las especificaciones de materiales y productos, como con las preferencias de los consumidores, y renuencia por parte de líderes y directivos empresariales, entre otros. A estos desafíos se suman la escasa disponibilidad de información y el conocimiento limitado por parte de los gobiernos en torno a las necesidades de los sectores industriales y productivos y la gama de posibles enfoques y soluciones.

En todo el mundo, algunos programas RETC están ayudando a arrojar luz sobre estos temas. Por ejemplo, desde 2014, el TRI de Estados Unidos ha estado compilando y poniendo a disposición pública información en línea proporcionada por las instalaciones en relación con

⁸⁴ Gobierno de Canadá (2019), [“Pollution Prevention: How to green your business by preventing pollution”](#), [Prevención de la contaminación: cómo ecologizar su negocio mediante prácticas de prevención de la contaminación].

las barreras que enfrentan cuando intentan implementar actividades de reducción en la fuente y otras prácticas sostenibles (véase la **figura 29**).

Figura 29. Barreras para la implementación de actividades de reducción en la fuente y prácticas de química verde registradas en el TRI estadounidense, 2014-2018



Fuente: [TRI Toxics Tracker Tool](#), análisis de barreras para la implementación de actividades de reducción en la fuente y prácticas de química verde, 2014-2018 (consulta realizada el 10 de junio de 2022).

Esta información puede ser utilizada por la industria, los gobiernos y otras partes interesadas a fin de comprender mejor las necesidades de sectores específicos y desarrollar estrategias y recursos para atenderlas. Asimismo, los recursos y experiencias de la industria en todo el mundo son cada vez más accesibles: se encuentran disponibles para consulta en línea y pueden compartirse con facilidad. Algunos ejemplos incluyen los estudios de caso, hojas informativas, manuales y bases de datos sobre prevención de la contaminación disponibles a través de las herramientas de búsqueda de recursos en la materia, tanto de la EPA (*P2 Resources Search*) como de ECCC (*Pollution Prevention Resource Finder*), las cuales presentan información correspondiente no solamente a América del Norte, sino también a otros lugares.⁸⁵

⁸⁵ EPA, "[P2 Resources Search](#)" [Búsqueda de recursos sobre prevención de la contaminación]; ECCC, "[P2 Resource Finder](#)" [Buscador de recursos en materia de prevención de la contaminación].

2.5.4 Ejemplos de prácticas sostenibles en la industria en América del Norte

Los establecimientos y sectores industriales de América del Norte han implementado una amplia variedad de estrategias y acciones con el objetivo de aumentar la sostenibilidad de sus operaciones. En este apartado se describen los esfuerzos realizados por empresas que representan a los principales sectores industriales en cuanto a transferencias fuera de sitio para disposición final registradas, mismos a los que se hizo referencia en los análisis de datos del **apartado 2.4**. Tales prácticas sostenibles adoptadas por la industria en América del Norte se agrupan en las categorías que se describen a continuación.

1. Compromisos globales

Alineación con la Agenda 2030 y el ODS 12

A través de sus informes de sostenibilidad corporativa y otros medios, algunas empresas de América del Norte demuestran su compromiso y avances en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible descritos en la Agenda 2030, incluido el ODS 12: Producción y consumo responsables.

2. Regulación

Manejo ambientalmente adecuado de sustancias químicas

El manejo ambiental adecuado de las sustancias reguladas o controladas puede involucrar una variedad de actividades destinadas a aumentar las operaciones eficientes, seguras y ordenadas, desde la contratación de personal calificado y la capacitación constante en la materia, hasta inspecciones periódicas para garantizar el cumplimiento de normas y reglamentos sobre manipulación y eliminación de sustancias.

3. Eficacia de procesos

Mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales

Una estrategia clave de la economía circular se relaciona con el intercambio y la adopción (lo mismo a escala nacional que internacional) de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales específicas para cada industria o proceso, mismas que evolucionan con el tiempo a la luz de los avances tecnológicos; los cambios en la ciencia, el conocimiento y la comprensión, y otros factores (PNUMA, 2017).

Modificación de procesos y equipos

Las mejoras en los procesos y equipos industriales pueden incluir la implementación de nuevos procesos que produzcan menos residuos; la reutilización de productos químicos, y la implementación de cambios tecnológicos que afectan la síntesis, formulación, fabricación y ensamblaje, así como la preparación y el tratamiento de superficies, la limpieza, el desengrasado y el acabado.

Sustitución de materias primas y uso de materiales reciclados

El mercado ChemSec Marketplace del Secretariado Internacional sobre Sustancias Químicas (*International Chemicals Secretariat*) es un sitio web que proporciona información sobre la sustitución de sustancias químicas peligrosas en los productos. Presenta anuncios de alternativas más seguras por parte de los fabricantes y también sirve como una plataforma donde los usuarios intermedios pueden solicitar alternativas más seguras para sus necesidades industriales.⁸⁶

4. Procesos administrativos

a. Optimización de procesos logísticos

La optimización de los procesos de logística genera varios beneficios: por ejemplo, se minimizan el tiempo de inactividad, los retrasos y el uso del almacén; se identifican los medios óptimos de transporte y mejores canales de distribución, y se implementan indicadores de manejo, así como sistemas automatizados de almacenamiento, transporte y disposición de residuos, entre otros.

b. Creación de cadenas de valor ecológicas (“verdes”) entre proveedores y clientes

Se promueven sinergias y alianzas entre empresas proveedoras de materias primas y servicios, por un lado, y empresas cliente, por el otro.

c. Informes de responsabilidad social corporativa (RSC)

Los informes de responsabilidad social corporativa (RSC) permiten promover la transparencia acerca del papel de una empresa en la comunidad, sus consideraciones respecto de los impactos ambientales y sociales de sus operaciones, y los factores no-financieros que influyen en sus decisiones comerciales. Los informes de RSC también ayudan a las empresas a evaluar riesgos y facilitan su participación en el mercado de valores.

d. Certificación de sistemas de gestión y registro

Diversos programas y sistemas de gestión y registro contribuyen a la operación y cumplimiento de las responsabilidades ambientales de las empresas, incluidos:

Sistemas de gestión ISO – La Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) define a la certificación de sistemas como una declaración por una tercera parte (instancia certificadora) de que el sistema de gestión de una organización cumple con los requisitos establecidos en una norma o estándar de referencia. Las ISO pertinentes en relación con las instalaciones y sectores industriales en América del Norte comprenden: a) ISO 9001: Sistemas de Gestión

⁸⁶ ChemSec Market Place, “[Future-proof your business: Find safer alternatives to hazardous chemicals](#)” [Prepare el futuro de su negocio: alternativas más seguras para sustancias químicas peligrosas], Secretariado Internacional sobre Sustancias Químicas.

de la Calidad; b) ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental, y c) ISO 28001: Sistemas de Gestión de la Seguridad para la Cadena de Suministro.⁸⁷

Empresa Socialmente Responsable – Una empresa cumple e integra en su cultura organizacional un conjunto de normas y principios basados en valores sociales, económicos y ambientales reconocidos. Si bien dicho cumplimiento es voluntario, muchas empresas buscan esta certificación debido a la imagen favorable y la ventaja competitiva que genera.

Certificación en Industria Limpia (México) – Este programa apoya la integración de un sistema de gestión ambiental para permitir y estimular el cumplimiento normativo por parte de las empresas. El programa se extiende al personal, los procesos y el equipo de una empresa, y el cumplimiento se evalúa de manera integral, sistemática, objetiva y documentada.⁸⁸

Reconocimiento a la Excelencia Ambiental (México) – Es la más alta distinción que otorga el gobierno de México, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), a empresas certificadas por el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) que han demostrado un elevado nivel de compromiso y cumplimiento con la preservación del medio ambiente, así como una mejora continua de su desempeño ambiental.⁸⁹

Reconocimiento del Reto de Química Verde (Estados Unidos) – Otorgados por la EPA, en asociación con el Instituto de Química Verde (*Green Chemistry Institute*) y otras partes interesadas de la industria, el sector académico y el gobierno, los premios “Green Chemistry Challenge” promueven los beneficios ambientales y económicos del desarrollo e implementación de prácticas de química respetuosa del medio ambiente. Estos premios anuales reconocen las tecnologías que incorporan los principios de la química verde en el ciclo de vida de los productos (es decir, en el diseño, fabricación, uso y eliminación de productos químicos).⁹⁰

Programa Safer Choice [Elección más segura] (Estados Unidos) – Con el propósito de ayudar a consumidores y compradores comerciales a identificar y seleccionar productos con ingredientes químicos más seguros, sin sacrificar calidad ni rendimiento, este programa de la EPA proporciona información de interés público y un listado de sustancias químicas seguras.⁹¹

⁸⁷ ISO, Conformity Assessment: “[Certification](#)” [Evaluación de la conformidad: certificación], Organización Internacional de Normalización.

⁸⁸ Tramiteo México, “[Certificado de industria limpia](#)”.

⁸⁹ Profepa, [Programa Nacional de Auditoría Ambiental](#), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Gobierno de México.

⁹⁰ EPA, [Information About the Green Chemistry Challenge](#) [Información sobre el “Desafío por una industria química verde”], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

⁹¹ EPA, [Safer Choice](#) [Opción más segura: programa de prevención de la contaminación], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Programa regional de reconocimiento a la prevención de la contaminación (Estados Unidos) – Este programa anual reconoce los éxitos de las empresas en materia de prevención de la contaminación y busca alentar a otros actores a considerar enfoques similares. Ha demostrado ser un enfoque exitoso —no reglamentario, sino de carácter voluntario— para la conservación de energía y agua; la reducción de emisiones y materiales tóxicos, y la adopción de prácticas de reciclaje, en un marco de ahorro económico, para los estados de Iowa, Kansas, Misuri y Nebraska.⁹²

Premio al Liderazgo en la Consecución de los ODS (Canadá) – Patrocinados por la Red Canadiense para el Pacto Mundial (*Global Compact Network Canada*), este premio (*SDG Leadership Awards*) reconoce los esfuerzos excepcionales por parte de los sectores privado, académico y sin fines de lucro para integrar la acción y avanzar hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.⁹³

El cuadro 44 presenta una muestra de empresas que representan a los principales sectores industriales en la región en cuanto a transferencias para disposición final registradas entre 2014 y 2018, y que han adoptado estrategias y acciones con el objetivo de aumentar la sostenibilidad de sus operaciones. Estas empresas se identifican por sector y ubicación, y por una o más sustancias representativas para la(s) que han implementado alguna(s) práctica(s) sostenible(s), a fin de minimizar la generación de residuos y reducir sus emisiones y transferencias.

El cuadro muestra que cada una de estas empresas ha implementado prácticas en cuando menos tres de las categorías recién enumeradas, dirigidas a las sustancias que se trasladan a disposición final en mayor proporción (por ejemplo, compuestos metálicos como zinc, cromo y manganeso; ácido sulfhídrico; ácido nítrico y compuestos nitrados).

También señala que:

- 80% de estas empresas ha sustituido materias primas o integrado materiales reciclados en sus procesos;
- 76% ha hecho modificaciones en sus procesos;
- 64% ha optimizado sus procesos de logística;
- 64% posee certificaciones relacionadas con sistemas de gestión de calidad, y
- 32% ha participado en la creación de cadenas verdes de valor.

⁹² [EPA, P2 Awards, EPA Region 7 Pollution Prevention Awards \(Iowa, Kansas, Missouri & Nebraska\)](#) [Premio a la prevención de la contaminación, reconocimiento de la EPA para la región 7], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

⁹³ Global Compact Network Canada, [2019 SDG Leadership Awards](#) [Premio al liderazgo en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), 2019], Red Canadiense para el Pacto Mundial de las Naciones Unidas.

Cuadro 44. Ejemplos de prácticas de sostenibilidad implementadas por empresas en los principales sectores en cuanto a transferencias para disposición final fuera de sitio, 2014-2018

PAÍS	NOMBRE DE LA EMPRESA	CIUDAD	ESTADO/ PROVINCIA/ TERRITORIO	SUSTANCIA(S)	COMPROMISOS GLOBALES	REGULACIÓN	EFICIENCIA DE PROCESOS			PROCESOS ADMINISTRATIVOS				CONTABILIDAD DE PRÁCTICAS	
					AGENDA 2030 Y ODS	MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE SUSTANCIAS RETC	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORES PRÁCTICAS	MODIFICACIÓN DE PROCESOS	SUSTITUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS O DE MATERIAS REICLADAS	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LOGÍSTICA	FORMACIÓN DE CADENAS VERDES DE VALOR	INFORMES RSC	CERTIFICACIONES		
Sector: Industria básica del hierro y del acero (SCIAN 33111)															
CA	1	Ivaco Rolling Mills 2004 L. P.	L'Orignal	Ontario	Zinc	Sí	N/A	Sí	No	Sí	No	N/A	No	Sí	4
	2	NOVA Chemicals Corporation - ArcelorMittal Dofasco Inc	Hamilton	Ontario	Zinc	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	Sí	8
	3	EVRAZ Group S.A. - EVRAZ Inc NA Canada	Regina	Saskatchewan	Zinc	No	N/A	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	Sí	6
EU	1	AK STEEL HOLDING CORP	Dearborn	Míchigan	Zinc	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	9
MX	1	Ternium México S.A. De C.V.,	San Nicolás de los Garza	Nuevo León	Cromo	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	7
Sector: Extracción de petróleo y gas (SCIAN 21111/4)															
CA	1	Husky Oil Operations Limited	Rainbow Lake	Alberta	Ácido sulfhídrico	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	No	6
EU	1	ENTERPRISE PRODUCTS OPERATING LLC	Mont Belvieu	Texas	Benceno	N/A	N/A	Sí	Sí	Sí	N/A	N/A	Sí	No	4
Sector: Generación de energía eléctrica (SCIAN 22111)															
CA	1	Capital Power Generation Inc.	Warburg	Alberta	Manganeso, Cromo y Níquel	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	N/A	7
EU	1	BASIN ELECTRIC ANTELOPE VALLEY STATION	Beulah	Dakota del Norte	Bario	No	N/A	Sí	Sí	Sí	N/A	N/A	N/A	N/A	3
	2	CPI USA NORTH CAROLINA LLC	Southport	Carolina del Norte	Zinc	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	N/A	6
	3	CPI USA NORTH CAROLINA LLC	Roxboro	Carolina del Norte	Zinc	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	N/A	6
MX	1	CFE Generación VI, Central Felipe Carrillo Puerto	Valladolid	Yucatán	Níquel	No	N/A	Sí	NA	N/A	N/A	Sí	Sí	Sí (PNA)	4

Sector: Manejo de residuos (SCIAN 562)															
CA	1	Greater Vancouver Sewerage and Drainage District	Burnaby	British Columbia	Fósforo total, Zinc	No	N/A	Sí	Sí	N/A	Sí	N/A	No	Sí	4
	2	Husky Energy Inc.	Quebec	Quebec	Cobre	Sí	Sí	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	6
EU	1	COULTER COS INC	Peoria	Illinois	Zinc y Manganeso	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	N/A	N/A	No	Sí	3
	2	Heritage Environmental Services LLC	Indianápolis	Indiana	Níquel	No	N/A	Sí	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	Sí	6
MX	1	Fundametz México SA De CV	SLP	SLP	Plomo	N/A	N/A	Sí	N/A	No	N/A	Sí	Sí	Sí	4
Sector: Industria química (SCIAN 325)															
CA	1	KRONOS Canada, Inc.	Varenes	Quebec	Manganeso y Cromo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	9
EU	1	PQ CORP	Kansas City	Kansas	Ácido nítrico/compuestos nitrados	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	9
MX	1	Solvay Fluor México S. A. de C. V.	Cd. Juárez	Chihuahua	Arsénico	Sí	N/A	Sí	Sí	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A	6

Fuentes: Datos de *En balance en línea* y registros en las respectivas páginas web de las empresas.

2.6 Conclusiones

El presente análisis especial de las transferencias fuera de sitio para disposición final por parte de las instalaciones industriales de América del Norte se propuso responder interrogantes relacionados con las sustancias y los volúmenes registrados, los sectores involucrados y la naturaleza de las prácticas de eliminación o disposición final de residuos empleadas. Diversas preocupaciones compartidas en torno a los riesgos ambientales y para la salud humana asociados con ciertos métodos de eliminación de residuos —particularmente cuando la responsabilidad de los desechos de una instalación se transfiere a un tercero o cruza fronteras internacionales— dieron lugar a la realización del análisis en cuestión. Se presenta información sobre las leyes y reglamentos pertinentes que rigen las prácticas de eliminación o disposición final de residuos, con el objetivo de comprender cómo se pueden minimizar sus riesgos.

Los datos registrados por las instalaciones, correspondientes al periodo 2014-2018, muestran que aproximadamente diez sectores industriales y el mismo número de contaminantes (o grupos de contaminantes) representaron al menos dos tercios del total de las transferencias fuera de sitio para disposición final cada año. Muchos de estos sectores principales (por ejemplo, minería de minerales metálicos, industria básica del hierro y del acero, fabricación de productos químicos básicos, extracción de petróleo y gas, y manejo de residuos) son comunes a los tres países; por lo tanto, los datos y la información correspondientes pudieron utilizarse para comprender mejor y abordar las necesidades y los desafíos que enfrentan las instalaciones en relación con la prevención de la contaminación y la implementación de prácticas de producción más sostenibles.

Sin embargo, los resultados del análisis revelan también importantes brechas (vacíos y omisiones) en el panorama regional de las transferencias para disposición final, producto de las diferencias en los requisitos de registro de los RETC nacionales en relación con dichos sectores principales (por ejemplo, la escasez o inexistencia de datos para las instalaciones de extracción de petróleo y gas y las plantas de tratamiento de aguas residuales en Estados Unidos y México), al igual que para algunos de los contaminantes que son típicos de estas actividades industriales. Como se mencionó, solamente alrededor de 70 contaminantes (o grupos de contaminantes) son comunes a los tres programas, con lagunas en el registro de sustancias clave como compuestos de zinc, manganeso y bario, fósforo total y otros, muchos de los cuales tienen el potencial de afectar negativamente la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

Asimismo, este informe brinda ejemplos recientes de los riesgos asociados con cada una de las seis categorías de transferencias fuera de sitio para eliminación o disposición final examinadas. También destaca la dificultad de rastrear o dar seguimiento a los contaminantes desde su punto de origen hasta su eliminación o disposición final. Las razones para ello incluyen diferencias importantes entre los tres programas RETC en relación con el registro de transferencias para disposición final (por ejemplo, nivel de detalle proporcionado y terminología y definiciones únicas), junto con la responsabilidad compartida respecto de la aplicación de la normativa y el monitoreo de determinados tipos de residuos y prácticas para su manejo o eliminación industrial. Los datos disponibles —en particular, para las transferencias transfronterizas— apuntan a la necesidad de contar con mejores procesos de coordinación entre las dependencias relevantes, así como datos e información RETC más completos sobre el manejo de contaminantes, incluidos detalles precisos relativos a las instalaciones de origen y destino.

El análisis especial aportó también ejemplos de problemas relacionados con la calidad de los datos —como el registro de códigos de sectores industriales erróneos— que pueden tener un impacto importante en nuestra capacidad para comprender con precisión las actividades industriales en América del Norte y los contaminantes que generan y gestionan de alguna u otra manera. Tales cuestiones vinculadas a la calidad de los datos se están abordando como parte del esfuerzo de cooperación en curso entre la CCA y los tres RETC, basado en el intercambio de información y experiencias a fin de respaldar mayores comparabilidad, calidad y exhaustividad de los datos en toda la región.

Además de resaltar la relevancia de los datos e información de los RETC para rastrear los contaminantes industriales, el análisis especial del presente volumen de *En balance* ha demostrado que los RETC pueden servir como herramientas importantes para sensibilizar gobiernos, industria y otras partes interesadas, y respaldar su comprensión en relación con la producción sostenible. Por ejemplo, entre las barreras que suelen afectar la capacidad de las instalaciones para adoptar prácticas más sostenibles se encuentran la falta de conocimiento y financiación. A ello se suma una comprensión limitada por parte de las autoridades gubernamentales en torno a las necesidades de sectores específicos y las mejores formas de apoyarlos en su transición hacia la sostenibilidad. Reconociendo la importancia fundamental de contar con dicha información, los tres programas RETC nacionales han realizado mejoras recientes a sus requisitos de registro, con el objetivo de obtener datos que permitan aprender más acerca de los esfuerzos de prevención de la contaminación, y otros, de las instalaciones, así como sobre los desafíos que enfrentan al respecto. Tal información se puede compartir entre los sectores industriales en toda la región, a fin de respaldar procesos de producción circular que, a su vez, minimizarán la generación y eliminación de residuos.

Referencias bibliográficas

- Accenture (2019), “[Chemical \(Re\)action: Growth Opportunities in a Circular Economy](#)” [(Re)acción química: oportunidades de crecimiento en una economía circular], Accenture.
- AEMet (2018), “Deposición atmosférica”, en: [Meteoglosario visual: diccionario ilustrado de meteorología](#), Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España.
- ATSDR (2011), “[Health Effects of Exposure to Substances](#)” [Efectos a la salud por la exposición a sustancias], en: Toxic Substances Portal [portal de sustancias tóxicas] de la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR).
- CCA (2002), [Metales y Derivados: expediente de hechos relativo a la petición SEM-98-007](#), Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 158 pp.
- CCA (2011), [El cruce de la frontera: oportunidades para mejorar el manejo adecuado de los embarques transfronterizos de residuos peligrosos en América del Norte](#), Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 70 pp.
- CCA (2013), [¿Comercio peligroso? Estudio sobre las exportaciones de baterías de plomo-ácidas usadas generadas en Estados Unidos y el reciclaje de plomo secundario en Canadá, Estados Unidos y México](#), Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 84 pp.
- CCA (2014), [En balance: análisis de los cambios observados en los RETC de América del Norte, 2005-2010](#), vol. 14, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 142 pp.
- CCA (2016), [Manejo ambientalmente adecuado de baterías de plomo-ácido usadas en América del Norte: directrices técnicas](#), Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 142 pp.
- CCA (2018), [En balance: emisiones y transferencias de contaminantes en América del Norte; registros de la industria minera](#), volumen 15, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 154 pp.
- CCA (2020), [Estanques de residuos en Alberta II: expediente de hechos relativo a la petición SEM-17-001](#), Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 204 pp.
- CCME (2005), [Guidelines for Compost Quality](#) [Directrices para la calidad de la composta], PN 1340, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Canadá, 22 pp.
- CCME (2006), [National Guidelines for Hazardous Waste Landfills](#) [Directrices nacionales sobre vertederos de residuos peligrosos], PN 1365, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, Canadá, pp. 2-4.
- CCME (2012), [Canada-wide Approach for the Management of Wastewater Biosolids](#) [Estrategia pancanadiense para el manejo de biosólidos de la depuración de aguas residuales], PN 1477, Canadian Council of Ministers of the Environment, pp. 2-6.
- CEAA (2012), [Canadian Environmental Assessment Act](#) [Ley Canadiense de Evaluación Ambiental], S.C. 2012, c. 19, s. 52, Justice Laws Website, Gobierno de Canadá.

- CFR (2020), [Underground Injection Control Program](#) [Programa de Control de Inyección Subterránea], Code of Federal Regulations [Código de Reglamentos Federales], título 40, capítulo I, subcapítulo D, parte 144.
- Conagua (2015), [Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: tratamiento y disposición de lodos](#), Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Comisión Nacional del Agua, México.
- DENR (1989), [Evaluation of Underground Injection of Industrial Waste in Illinois](#) [Evaluación de la inyección subterránea de residuos industriales en Illinois], informe final, Department of Energy and Natural Resources, Estados Unidos, pp. I-1.
- DOF (1988), [Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente \(LGEEPA\)](#), *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero de 1988; texto vigente: última reforma DOF 11-04-2022.
- DOF (2003), [Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos \(LGPGIR\)](#), *Diario Oficial de la Federación*, 8 de octubre de 2003; texto vigente: última reforma DOF 22-05-2015.
- DOF (2004), [Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes](#) (Reglamento RETC), *Diario Oficial de la Federación*, 3 de junio de 2004; texto vigente: última reforma DOF 31-10-2014.
- DOF (2006), [Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos](#) (Reglamento LGPGIR), *Diario Oficial de la Federación*, 30 de noviembre de 2006; texto vigente: última reforma DOF 31-10-2014.
- ECCC (2018), [Guide for Reporting to the National Pollutant Release Inventory 2020 and 2021](#), [Guía para el registro en el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes], National Pollutant Release Inventory (NPRI), Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- EIP (2019), [Coal's Poisonous Legacy: Groundwater Contaminated by Coal Ash Across the US](#) [El legado tóxico del carbón: aguas subterráneas contaminadas con ceniza de carbón en todo Estados Unidos], Environmental Integrity Project, 4 de marzo de 2019.
- EMF (2013), [Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition](#) [Hacia la economía circular: fundamentos económicos y comerciales para una transición acelerada], vol. 1, Ellen MacArthur Foundation.
- EPA (1986), [Solving the Hazardous Waste Problem: EPA's RCRA Program](#) [Solución al problema de los residuos peligrosos: programa RCRA de la EPA], EPA/530-SW-86-037, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Washington, D.C., noviembre de 1986.
- EPA (1994), [Regulatory Matrix: TRI Chemicals in Other Federal Programs](#) [Matriz reguladora: sustancias químicas del TRI en otros programas federales], apéndice E, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2001), [Class I Underground Injection Control Program: Study of the Risks Associated with Class I Underground Injection Wells](#) [Estudio de los riesgos asociados a los pozos de inyección subterránea Clase I, en conformidad con el Programa de Control de

Inyección Subterránea], EPA 816-R-01-007, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Washington, D.C., marzo de 2001, pp. 1-10.

- EPA (2003), [*Introduction to the Underground Injection Control Program*](#) [Introducción al Programa de Control de Inyección Subterránea], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y Drinking Water Academy, enero de 2003.
- EPA (2016a), “[Términos D](#)”, *EPA en español*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2016b), “[Términos B](#)”, *EPA en español*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2016c), “[Safe Drinking Water Act \(SDWA\) Compliance Monitoring](#)” [Supervisión del cumplimiento de la Ley de Agua Potable Segura (SDWA)], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2018a), [*Cleaning Up and Revitalizing Land: EPA Unable to Assess the Impact of Hundreds of Unregulated Pollutants in Land-Applied Biosolids on Human Health and the Environment*](#) [Limpieza y revitalización de tierras: la EPA incapaz de evaluar el impacto ambiental y en la salud humana de cientos de contaminantes no regulados en biosólidos para remediación de suelos], informe núm. 19-P-0002, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Washington, D.C., noviembre 15 de 2018.
- EPA (2018b), “[Risk Management Plan \(RMP\) Rule Overview](#)” [Descripción general de la regla del plan de gestión de riesgos], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2019a), “[Quantity of RCRA Hazardous Waste Generated and Managed](#)” [Cantidad de residuos peligrosos conforme a la RCRA generados y manejados], *Informe sobre el medio ambiente (Report on the Environment, ROE)*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2019b), “[Preterm Delivery](#)” [Parto prematuro], *Informe sobre el medio ambiente (Report on the Environment, ROE)*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2019c), “[Toxics Release Inventory \(TRI\): Basic Plus Data Files Documentation, Updated for RY 2019](#)” [Inventario de Emisiones Tóxicas (TRI): documentación básica y archivos de datos (actualización para el año de registro 2019)], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2020a), “[Disease and Conditions: Trends for which environmental contaminants may be a risk factor](#)” [Enfermedad y condiciones: tendencias para las que los contaminantes ambientales pueden ser un factor de riesgo], *Informe sobre el medio ambiente (Report on the Environment, ROE)*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2020b), “[Human Exposure and Health](#)” [Exposición humana y salud], *Informe sobre el medio ambiente (Report on the Environment, ROE)*, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2020c), “[Underground Injection Control Program: Protecting Underground Sources of Drinking Water and Public Health](#)” [Programa de Control de Inyección Subterránea:

protección de las fuentes subterráneas de agua potable y de la salud pública], EPA 816F19005, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

- EPA (2021a), “[Biennial Review of 40 CFR Part 503 as Required under the Clean Water Act Section 405\(d\)\(2\)\(C\), 2018-2019](#)” [Revisión bienal 2018-2019 del título 40, parte 503, del CFR conforme a lo requerido en la Ley de Agua Limpia], informe bienal sobre biosólidos núm. 8, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021b), “[Community Guide to Solidification and Stabilization](#)” [Guía comunitaria sobre solidificación y estabilización], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021c), “[Basic Information about Biosolids](#)” [Información básica sobre biosólidos], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021d), “[What is a Hazardous Waste Management Facility?](#)” [¿Qué es un establecimiento de manejo de residuos peligrosos?], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021e), “[Primary Enforcement Authority for the Underground Injection Control Program](#)” [Principal autoridad responsable de la aplicación del Programa de Control de Inyección Subterránea], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021f), “[RCRA Info Web](#)”, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021g), “[National Pollutant Discharge Elimination System \(NPDES\)](#)” [Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2021h), “[Typical Wastes Generated by Industry Sectors](#)” [Residuos usualmente generados por los sectores industriales], Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- EPA (2022a) “[Persistent, Bioaccumulative, and Toxic \(PBT\) Chemicals under TSCA Section 6\(h\)](#)”, Agencia de Protección Ambiental, 10 de marzo de 2022.
- EPA (2022b), “[TRI and Beyond](#)”, Agencia de Protección Ambiental, 2 de marzo de 2022.
- Ferguson, G. (2014), “[Deep Injection of Wastewater in the Western Canada Sedimentary Basin](#)” [Inyección profunda de aguas residuales en la Cuenca Sedimentaria del Oeste Canadiense], en: *Groundwater*, National Groundwater Association (NGWA), vol. 53, núm. 2, pp. 187-194.
- Gobierno de Canadá (2016a), “[Management of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material](#)” [Gestión de residuos peligrosos y materiales reciclables peligrosos], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2016b), “[Toxic Substances List](#)” [Lista de sustancias tóxicas], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2017), “[Guide to Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Classification: chapter 2](#)” [Guía de clasificación de residuos peligrosos y materiales reciclables peligrosos: capítulo 2], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.

- Gobierno de Canadá (2018), “[Solid Waste Diversion and Disposal](#)” [Desvío y eliminación de residuos sólidos], Canadian Environmental Sustainability Indicators [Indicadores de sostenibilidad ambiental de Canadá], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2019a), “[Canadian Environmental Protection Act: compliance and enforcement policy: chapter 7](#)” [Ley Canadiense de Protección Ambiental: política de cumplimiento y aplicación: capítulo 7], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2019b), “[How to green your business by preventing pollution](#)” [¿Cómo ecologizar su empresa mediante la prevención de la contaminación?], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2021a), “[Canada Oil and Gas Drilling and Production Regulations](#)” [Reglamento sobre la Perforación y la Explotación de Pozos de Petróleo y Gas], Justice Laws Website [Sitio web del Sistema Canadiense de Justicia].
- Gobierno de Canadá (2021b), “[Canadian Environmental Protection Act, 1999](#)” [Ley Canadiense de Protección Ambiental, 1999] Justice Laws Website [Sitio web del Sistema Canadiense de Justicia].
- Gobierno de Canadá (2021c), “[Fish and Fish Habitat Protection and Pollution Prevention](#)” [Protección de peces y su hábitat, y prevención de la contaminación], Justice Laws Website [Sitio web del Sistema Canadiense de Justicia].
- Gobierno de Canadá (2021d), “[Fisheries Act pollution prevention provisions: overview](#)” [Disposiciones sobre prevención de la contaminación de la Ley de Pesca], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2021e), “[Environmental Damages Fund](#)” [Fondo de Daños Ambientales], Environment and Climate Change Canada, Gatineau, Canadá.
- Gobierno de Canadá (2021f), “[Impact Assessment Act](#)” [Ley de Evaluación del Impacto Ambiental], Justice Laws Website [Sitio web del Sistema Canadiense de Justicia].
- Gobierno de Canadá (2021g), “[Export and Import of Hazardous Waste and Hazardous Recyclable Material Regulations](#)” [Reglamento sobre la Exportación y la Importación de Residuos Peligrosos y de Materiales Reciclables Peligrosos], Justice Laws Website [Sitio web del Sistema Canadiense de Justicia].
- Gobierno de Maine (2019), “[What is Pollution Prevention?](#)” [¿Qué es la prevención de la contaminación?], Departamento de Protección Ambiental del Gobierno de Maine (Maine DEP, por sus siglas en inglés).
- NRDC (2019), [West Virginia’s groundwater is not adequately protected from underground injection](#) [Los acuíferos de Virginia Occidental no están adecuadamente protegidos de la inyección subterránea], informe R:18-II-A, The Natural Resources Defense Council, abril de 2019.
- NTCD (2020), “[Cuidemos todos el programa IMMEX: Secretaría de Economía](#)”, NTCD Noticias, México.

- OCDE (2013), [*OECD/UNEP Global PFC Group: Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals \(PFCs\)*](#) [Documento de síntesis del Grupo Mundial OCDE/PNUMA sobre compuestos químicos perfluorados], serie de publicaciones sobre medio ambiente, salud y seguridad, Dirección de Medio Ambiente, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París.
- OEHHA (2021), “[The Proposition 65 List](#)” [Lista de la Propuesta 65 de California], Office of Environmental Health Hazard Assessment, CalEPA [Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Relacionados con el Medio Ambiente de California].
- OMS (2017), [*Herramienta de evaluación de riesgos para la salud humana de la OMS: peligros químicos*](#), documento núm. 8 del proyecto de armonización del IPCS [Programa Internacional sobre Seguridad de las Sustancias Químicas], Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de los Productos Químicos, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- ONU (2015), “[Objetivos de Desarrollo Sostenible \(ODS\)](#)”, Organización de las Naciones Unidas.
- ONU (2021), “[Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles](#)”, en *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, Organización de las Naciones Unidas.
- Parlamento Europeo (2017), “[Informe sobre una vida útil más larga para los productos: ventajas para los consumidores y las empresas](#)”, informe A8-0214/2017, 2016/2272(INI), Parlamento Europeo, 9 de junio de 2017.
- PNUMA (2010a), “[Bassel Convention: Overview](#)” [Convenio de Basilea: generalidades], Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretariado del Convenio de Basilea, Châtelaine, Suiza.
- PNUMA (2010b), “[Convenio de Róterdam: generalidades](#)”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretariado del Convenio de Róterdam, Châtelaine, Suiza.
- PNUMA (2010c), “[Stockholm Convention: Overview](#)” [Convenio de Estocolmo: generalidades], Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretariado del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, Châtelaine, Suiza.
- PNUMA (2017), [*Towards a Pollution-Free Planet*](#) [*Hacia un planeta sin contaminación*], informe de antecedentes, Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia, septiembre de 2017.
- PNUMA (2019), [*Analysis of Stakeholder Submissions on Sustainable Chemistry Pursuant to UNEA Resolution 2/7*](#) [Análisis de las peticiones sobre química sostenible por parte de interesados directos en conformidad con la resolución 2/7 de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente], Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PNUMA (2021a), “[Convenio de Minamata sobre el Mercurio](#)”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

- PNUMA (2021b), “[Strategic Approach to International Chemicals Management \(SAICM\) Overview](#)” [Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM, por sus siglas en inglés), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Rojas, R. y L. Mendoza (2011), “[El potencial de generación de energía eléctrica empleando biosólidos como fuente de materia prima: el caso de la ciudad de Ensenada, Baja California](#)”, en: *Hacia la sustentabilidad: los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*, Memorias del 4º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, México, 2011, pp. 343-349.
- Sánchez Gómez, J. (2003), “[Manejo de Residuos Industriales: procedimientos y buenas prácticas de ingeniería para su almacenamiento, acopio y disposición final](#)”, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- SE (2008), “[Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación \(IMMEX\)](#)”, Secretaría de Economía, Gobierno de México.
- Semarnat (2015), “[Autorización para el manejo de residuos peligrosos. Modalidad: E Tratamiento mediante inyección profunda](#)”, FF-SEMARNAT-039, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Semarnat (2016), [Revisión y actualización del potencial de biomasa para generación de energía eléctrica a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales presentado en el Inventario Nacional de Energías Renovables \(INERE\)](#), informe final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Semarnat (2019), “[Residuos peligrosos](#)”, en: [Informe de la situación del medio ambiente en México, 2018](#): compendio de estadísticas ambientales e indicadores clave de desempeño ambiental y crecimiento verde, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Semarnat (2020), [Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos](#), “Sistema de manejo”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, mayo de 2020, pp.148-162.
- Semarnat y EPA (2021), [Frontera 2025: Programa Ambiental México-Estados Unidos](#), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (Semarnat) y Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).
- Simpson, H. y Lester, S. (2009), [Deep well injection: an explosive issue](#) [Pozos de inyección profunda: un asunto explosivo], Center for Health, Environment & Justice (CHEJ), Falls Church, Virginia, Estados Unidos.
- StatCan (2021), “[Disposal of waste, by source](#)” [Eliminación de residuos, por fuente], Statistics Canada (Dirección General de Estadística de Canadá).
- USGS (2014), “[Manganese—It Turns Iron Into Steel](#)” [Manganeso: convierte el hierro en acero], USGS Mineral Resources Program [Programa de Recursos Minerales del USGS], Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos.

USGS (2021), “[Zinc Statistics and Information](#)” [Zinc: estadísticas e información], National Minerals Information Center [Centro Nacional de Información sobre Minerales], Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos.