

Residuos peligrosos: grave riesgo ambiental

**Graciela Ruiz Aguilar, José Manuel
Fernández Sánchez y Refugio
Rodríguez Vázquez**

Uno de los problemas que enfrenta México en la actualidad es el tratamiento de los residuos que generan los diversos procesos industriales. Dentro de estos residuos se encuentran los peligrosos, que se han convertido en un grave problema ambiental. En este artículo presentaremos algunos de sus efectos sobre el ser humano y el medio ambiente, así como las alternativas de tratamiento y las medidas que está tomando el Gobierno Federal, con ayuda de diversas instituciones, para disminuir su presencia en el ambiente.

El creciente desarrollo industrial ha generado mejoras a la humanidad, pero también problemas ambientales que afectan, en menor o mayor grado, al medio que nos rodea. La industria genera contaminantes de manera diversa, dependiendo de las características de los procesos y del tipo de insumos y productos. Los contaminantes pueden ser identificados por su estado físico, composición química, o su descripción genérica. Dependiendo del volumen de generación y su concentración, estas sustancias pueden producir riesgos ambientales¹. Dada la desproporción que guarda el volumen creciente de residuos peligrosos (RP) generados, con la capacidad existente de manejo, vigilancia y control, cada vez con mayor frecuencia se observan desechos clandestinos en tiraderos municipales, barrancas, vías de carreteras, drenajes municipales o cuerpos de agua. Se cree que esta última opción es la que predomina, considerando que cerca del 90% de los RP se ubican en estado líquido, acuoso o semi-líquido, o bien se solubilizan o mezclan en las descargas de aguas residuales.

La Dra. Refugio Rodríguez Vázquez es investigadora titular del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav. Graciela Ruiz Aguilar y José Manuel Fernández Sánchez son estudiantes de doctorado del mismo departamento. Dirección electrónica: rrodrig@mail.cinvestav.mx, gruiz@mailbanamex.com.

Tabla 1. *Residuos clasificados como peligrosos*³.

Clasificación	Residuos
Por giro industrial y proceso	<p>Acabado de metales y galvanoplastia Beneficio de metales Componentes electrónicos Curtiduría Explosivos Producción de hule Metales plásticos y resinas sintéticas Metalmecánica Minería Petróleo y química Pinturas y productos relacionados Plaguicidas Preservación de madera, producción en general Producción de baterías Químico-farmacéutica Química inorgánica Química orgánica Textiles</p>
Fuente no específica	<p>Actividades que generan RP y que no pueden aplicarse a diferentes giros o procesos Residuos provenientes de hospitales, laboratorios y consultorios médicos</p>
Materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pintura	<p>Aceites minerales, ácidos, monómeros y anhídridos Peróxidos, plastificantes, polioles y varios pigmentos Resinas Disolventes</p>
Residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas	<p>Acidos, anhídridos, monómeros y peróxidos Secantes, pigmentos y varios Resinas Disolventes Residuos de materias primas en la producción Residuos de lavado con disolventes Lodos de destilación de disolventes Residuos del equipo anticontaminante Lodos del tratamiento de aguas residuales Lodos de limpieza de gases en equipo de control</p>



La capacidad de manejo de los RP en nuestro país es sumamente limitada; sólo una mínima porción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales adecuadas; agregamos a esto la cantidad de RP que han sido autorizados para su ingreso a México, y que de ellos sólo retornan a su país de origen el 3.18%; se observa que aun cuando disminuye esta proporción año con año siguen presentándose problemas ambientales².

¿Qué es un residuo peligroso?

Un RP es aquel residuo generado por la actividad humana y procesos productivos que en cualquier estado físico, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas o biológico-infecciosas, representa un peligro para el equilibrio ecológico³. Estos residuos están clasificados según el giro industrial y el proceso en el que fueron generados (tabla 1)³. Algunos de estos RP pueden ser considerados como no peligrosos cuando no excedan los límites establecidos en los *Criterios*

de Peligrosidad de un Residuo. Estos criterios consideran las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológico-infecciosas (CRETIB) del residuo³.

Para establecer si un residuo es peligroso es necesario determinar sus constituyentes con base en el método de prueba de extracción (PECT). Este método determina la movilidad de los constituyentes de un residuo que lo pueden hacer peligroso por su toxicidad al ambiente⁴. Posteriormente se establece la técnica de manejo más apropiada para el residuo en cuestión. Se debe tener cuidado en no mezclar residuos que sean incompatibles, porque éstos podrían generar reacciones violentas que pueden afectar gravemente al medio ambiente. Para ello se ha establecido un listado de 107 grupos de residuos que pueden o no ser compatibles para su almacenamiento o tratamiento⁵. En la tabla 2 se presenta una relación de los compuestos considerados como peligrosos y los Estados de la República que contribuyen en su generación; por desgracia, el Distrito Federal es el principal aportador de estos residuos.

Efectos sobre el ambiente

El daño que estas sustancias pueden causar depende en primera instancia de su grado de toxicidad y, en segundo lugar, de si alcanzan una concentración suficiente para tener efectos nocivos, tanto en los sistemas bióticos como en los abióticos¹. Son especialmente dañinas las sustancias químicas que poseen propiedades de alta toxicidad, de persistencia ambiental o de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas. La persistencia ambiental se relaciona con la tendencia de una sustancia química a permanecer en el ambiente debido a su resistencia a la degradación química o biológica asociada a los procesos naturales. Los RP con una vida media corta por lo general no producen una acumulación significativa en el ambiente. En cambio, un residuo con una vida media mayor puede resultar en una exposición o acumulación sustancial en la cadena alimenticia (biomagnificación). Algunos compuestos organoclorados — como los bifenilos policlorados y metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio— son ejemplos típicos de contaminantes con elevada persistencia ambiental.

Tabla 2. *Generación de residuos en algunas regiones geográficas⁷.*

Tipo de residuo	Entidad federativa											
	Veracruz	D.F.	Edo. de México	Guanajuato	Tabasco	Tamaulipas	Nuevo León	Coahuila	Baja California	Baja California Sur	Sonora	Aguascalientes
Disolventes	27,963	251,725	157,075	82,852	4,697	28,182	100,002	37,193	51,011	3,550	25,342	18,406
Aceites gastados	50,589	455,397	284,166	149,889	8,497	50,984	180,914	67,287	92,285	6,422	45,846	33,298
Líquidos residuales de proceso	61,403	552,749	344,913	181,931	10,314	61,883	219,589	81,671	112,013	7,795	55,647	40,416
Sustancias corrosivas	17,271	155,475	97,015	51,173	2,901	17,406	61,765	22,972	31,507	2,193	15,622	11,368
Lodos	39,562	356,136	222,227	117,218	6,645	39,871	141,481	52,621	72,170	5,023	35,853	26,040
Sólidos	81,975	737,931	460,466	242,882	13,769	82,615	293,155	109,033	149,539	10,407	74,289	53,956
Breas	124	1,119	698	368	21	125	444	165	227	16	113	82
Escorias	13,420	120,809	75,384	39,763	2,254	13,525	47,993	17,850	24,482	1,704	12,162	8,833
Medicamentos y fármacos	115	1,034	645	340	19	116	411	153	209	15	104	76
Biológico-infecciosos	614	5,530	3,450	1,820	103	619	2,197	817	1,121	78	557	404
TOTAL	293,036	2,635,905	1,646,039	868,236	49,220	295,326	1,047,951	389,762	534,564	37,203	265,565	192,879

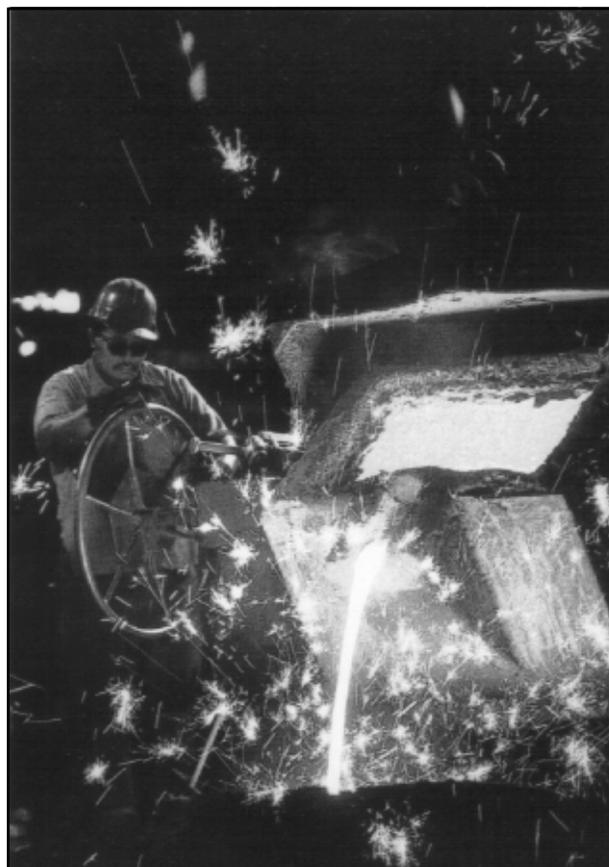
Es evidente que toda sustancia química puede involucrar peligros a la salud, a la seguridad de los seres vivos y al ambiente si alcanzan una concentración dada y la exposición se prolonga el tiempo suficiente para que ejerza sus efectos¹. El daño que puede sufrir una comunidad por la emisión de RP no depende únicamente de las características tóxicas, sino también de la posibilidad de que los residuos puedan entrar en contacto con la población. Si bien las rutas de exposición pueden variar de un residuo a otro y dependen de las características del ambiente, su persistencia y bioacumulación determinan el riesgo implícito.

La toxicidad de una sustancia se determina según los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos. Sin embargo, en general se resaltan los posibles efectos adversos de las sustancias sobre la salud humana. Entre los indicadores de toxicidad comúnmente evaluados se destacan los siguientes:

- (a) letalidad aguda;
- (b) efectos subletales en especies no mamíferas;
- (c) efectos subletales en plantas;
- (d) efectos subletales en mamíferos;
- (e) teratogenicidad: cuando un compuesto causa defectos estructurales que afectan el desarrollo de un organismo;
- (f) genotoxicidad-mutagenicidad: son los cambios que se producen en el material genético de la célula, pueden producir defectos de nacimiento, aborto o cáncer;
- (g) carcinogenicidad: cuando una sustancia es capaz de producir cáncer.

Cuando los RP entran al ambiente pueden ser ingeridos y retenidos en altas concentraciones por los organismos, ocasionándoles serios trastornos, incluso la muerte. Cuando estas concentraciones son bajas causan efectos subletales, como la reducción del tiempo de vida de ciertas especies, incremento de la susceptibilidad a enfermedades, así como efectos mutagénicos y teratogénicos¹.

México tiene poca experiencia en estudios sistemáticos sobre el efecto al ambiente causado por RP, sus tiempos de residencia en los ecosistemas, flujos, destinos finales, y posibles impactos sobre la biota y la salud humana. Los ecosistemas mantienen capacidades de carga limitada para asimilar contaminantes. La presencia y cantidad de contaminantes introducidos puede representar un riesgo



de desequilibrio para dichos ecosistemas, con las consecuencias de degeneración de los ciclos naturales de materiales y agotamiento de recursos.

Los accidentes se pueden presentar por causas naturales o antropogénicas. Explosiones, incendios y fugas o derrames de productos de alta peligrosidad constituyen accidentes en las industrias que afectan seriamente al ambiente. Estos accidentes dependen de tres variables básicas: presión, temperatura y concentración de las diversas sustancias presentes, así como las condiciones de recipientes, construcciones, diseño de los equipos y características de la transportación de dichas sustancias.

Frecuentemente la contaminación provocada o accidental de los alimentos es uno de los medios por los cuales los seres humanos estamos expuestos a los RP. En 1968, en Japón, la distribución de un aceite comestible contaminado con bifenilos policlorados durante su elaboración provocó una intoxicación masiva de la población (accidente de Yusho). Los síntomas comunes que se

presentaron entre la población fueron erupciones acneiformes, pigmentación de la piel y uñas, fatiga, pérdida del apetito, náuseas, vómito y en algunos casos se encontró la formación de tumores e incluso la muerte⁶.

Para prevenir accidentes con repercusiones ambientales se establece el concepto de riesgo que involucra dos factores:

- (1) magnitud del evento y de sus efectos, cuantificados en una escala adecuada;
- (2) probabilidad de que se presente el evento correspondiente.

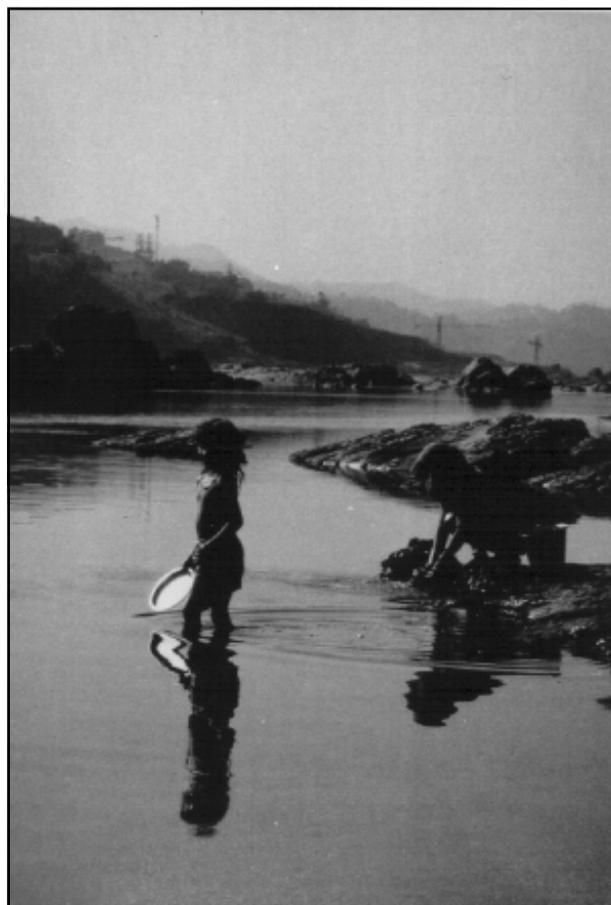
Un nivel de riesgo aceptable implica considerar diversos factores:

- (a) problemas del sitio de ubicación de la planta;
- (b) escaso espacio interno y arreglo general inadecuado;
- (c) estructura fuera de especificaciones;
- (d) evaluación inadecuada de materiales;
- (e) problemas del proceso químico;
- (f) fallas del equipo;
- (g) falta de programas eficientes de seguridad tanto internos como externos.

La necesidad de evaluar el riesgo ambiental surge de la importancia de preservar los ecosistemas, la población o los bienes circundantes a los sitios en donde se efectúan actividades riesgosas. El procedimiento para realizar estudios de riesgos consta de tres niveles: (1) informe preliminar de riesgo; (2) análisis de riesgo; (3) análisis detallado de riesgo. El nivel de estudio depende de la complejidad de los procesos industriales desarrollados por la empresa que será evaluada¹.

Estrategias para el tratamiento de residuos peligrosos

En México, el tratamiento de los RP está limitado por la falta de información o conciencia de algunas instituciones. Esto ha impedido un manejo adecuado de dichos residuos, la creación de mercados, esquemas de concertación y regulación, que permitan el tratamiento o manejo de los RP de manera segura¹. A lo anterior se debe agregar que muchas industrias laboran en forma artesanal o con procesos semindustriales, que en lugar de reducir la generación de RP la incrementan al utilizar agentes más agresivos que los tradicionales. Es importante contar con



personal capacitado en materia ambiental para que identifique los problemas y los resuelva, además de tener una eficiente regulación ambiental.

Una de las estrategias más fuertes que propone el Gobierno Federal es la reducción de los residuos a través del Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000. Esto implica que una "industria adopte medidas organizativas y operativas que permitan disminuir, hasta niveles económica y técnicamente factibles, la cantidad y peligrosidad de los subproductos generados que precisan un tratamiento o eliminación final"¹. Lo anterior se logra disminuyendo los residuos desde su origen o bien reciclando o recuperando los subproductos. Las ventajas que presenta este tipo de estrategia son:

- (a) reducción de los costos de producción,
- (b) reducción en los costos de manejo y consumo de materiales,

- (c) las inversiones frecuentemente son rentables,
- (d) mejor imagen ante el consumidor,
- (e) mejor calidad de los productos,
- (f) mejor ambiente de trabajo.

Su aplicación, sin embargo, implica una fuerte inversión económica por parte de la empresa, lo que hace que esta estrategia sea poco rentable a corto plazo. Existe escasa información sobre experiencias en otros países. No se tiene regulación y vigilancia efectivas que impidan la disposición ilegal y sin control de los residuos y se carece de incentivos económicos que estimulen a las empresas a tratar sus residuos. Todo lo anterior reduce el interés por parte de los empresarios para establecer programas de minimización. Es por ello que el gobierno plantea la promoción de las siguientes acciones¹.

- (a) Fortalecer la inspección y vigilancia para asegurar la disminución de costos en empresas industriales, de tal forma que la minimización se consolide como opción competitiva.
- (b) Promover y fomentar normas voluntarias a través de convenios de autorregulación que tiendan al cambio de insumos, rediseño de procesos, reciclaje o recuperación de materiales secundarios.
- (c) Promover las normas ISO 14000 y su generalización entre las grandes empresas industriales.
- (d) Identificar corrientes críticas de residuos en la micro y pequeña industria, y diseño de mecanismos regulatorios o de concertación que tiendan a sustituir las materias primas precursoras (sustancias orgánicas cloradas, metales pesados).
- (e) Apoyar y desarrollar el Centro Mexicano para la Producción más Limpia, como mecanismo de documentación y difusión de tecnologías de minimización.

De 1,668,936 toneladas de residuos que se generan anualmente en México sólo el 12.7 % recibe un tratamiento⁷. Los tratamientos que se les aplican son: confinamiento en tambos o a granel, oxidación térmica, reciclaje energético de líquidos limpios, combustibles y



líquidos en general, incluyendo disolventes, reciclaje y recuperación, tratamientos físico-químicos que involucran neutralización de ácidos y bases, y manejo de cianuros y metales pesados.

Además, con el apoyo del gobierno y de la iniciativa privada, se están desarrollando en diversas instituciones (Cinvestav, UAM, UNAM, UAEM) proyectos de investigación tendientes al tratamiento de los residuos más peligrosos como los bifenilos policlorados (PCB), los hidrocarburos poliaromáticos (PHA), pentaclorofenol, insecticidas y derivados del petróleo. Se han tenido niveles aceptables de reducción de los RP en los diferentes sistemas estudiados. Otra actividad que está realizando el gobierno es la creación de la Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR) y del Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos (SIRREP). Estos organismos se formaron con la finalidad de administrar y dirigir todo lo relacionado con los RP, así como establecer una comunicación entre los diferentes sectores involucrados para la capacitación en el manejo de los RP y para fomentar la investigación y desarrollo tecnológico en el área.

Conclusiones

Como consecuencia del avance tecnológico, los volúmenes de generación de RP han aumentado considerablemente

hasta el punto que nos hemos visto imposibilitados a detener este desmesurado crecimiento, que provoca grandes daños a nuestro entorno. El volumen existente de RP tiende a rebasar su capacidad de manejo y disposición. Es urgente la creación de sistemas de tratamiento para reducir los niveles de RP; no obstante, los proyectos existentes se han visto limitados por la falta de programas e incentivos de apoyo por parte del sector privado o gubernamental para su completo desarrollo. Hoy más que nunca debemos adoptar como filosofía que más vale prevenir que lamentar, como medida de control de los RP y para crear un medio ambiente más seguro y limpio.



Notas

1. SEMARNAP, Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996 - 2000.
2. INE y SEMARNAP, Dirección General de Residuos, Materiales y Actividades Riesgosas (www.ine.gob.mx/dgmrar/ri/grg-giro/sld001.htm; 1997).
3. NOM-CRP-001-ECOL/1993: características de los residuos peligrosos, el listado de los mismo y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

4. NOM-CRP-002-ECOL/1993: procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad.

5. NOM-CRP-003-ECOL/1993: procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

6. H. Urabe y M. Asahi, *Environment Health Perspective* **59**,11 (1985).

7. INE y SEMARNAP, Dirección General de Residuos, Materiales y Actividades Riesgosas (1998).

