

Los residuos sólidos peligrosos: ¿un riesgo sin solución?

EUGENIA M. GUTIÉRREZ*

Goethe opinaba que no hay nada más tremendo que la ignorancia en acción. Pero...si lo hay, es, cuando se sabe que se está causando un daño, y no se hace nada al respecto.

Inclusive, las pocas poblaciones de este tipo que han podido sobrevivir, tienen un profundo conocimiento y respeto por el ambiente. Sus miembros saben

UN POCO DE HISTORIA

La basura no es nueva, nace con el hombre. ¡Es más!, es ella junto con los vestigios de los esqueletos, quien ha permitido estudiar los oscuros orígenes de esta peculiar especie a la que todos pertenecemos, la llamada "humana", que siempre se ha distinguido del resto de los animales por que no se conforma a vivir de acuerdo a los lineamientos que impone la naturaleza.

Hace aproximadamente 2 millones de años, surgió el *Homo habilis*, que fue el primer animal que produjo armas e instrumentos, utilizó los recursos que le brindaba su entorno, obtuvo satisfactores que le aseguraron su supervivencia y, en consecuencia, empezó a alterar su ambiente y produjo basura. Aunque se puede considerar que esos hechos marcaron el nacimiento del fenómeno de la contaminación, tuvo que pasar mucho, pero mucho tiempo, antes de que sus efectos fueran siquiera perceptibles. El impacto ambiental depende del tamaño de las poblaciones, de las demandas de las mismas y del tipo de recursos involucrados; por lo que las pequeñas sociedades primitivas que vivían de la caza y de la recolección de alimentos, produjeron un efecto mínimo sobre su ambiente.

* Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM



Fotomontaje: Josep Renau.

dónde encontrar agua, plantas y animales para su alimento; seleccionan de entre la flora de sus regiones, aquellas especies con propiedades medicinales y utilizan diversas técnicas para predecir el clima. Su conocimiento tecnológico es poco avanzado y sus poblaciones muy pequeñas, por lo que las zonas que todavía ocupan, no han resentido la presencia humana.

Hasta hace aproximadamente 10 000 años, con el nacimiento de las sociedades agrícolas, la situación empezó a cambiar. Para poder sembrar, los primeros agricultores que surgieron en las zonas tropicales del sureste asiático, creaban claros en las selvas y cuando disminuía la producción agrícola —ya que los suelos de estas regiones son pobres—, los abandonaban y escogían otro sitio para repetir el ciclo. En general, la selva se recuperaba y los daños eran mínimos. No obstante, cuando se empezaron a cultivar las praderas con la ayuda de animales de carga, se presentaron cambios muy trascendentales, puesto que la productividad aumentó notablemente: la población creció, se formaron las ciudades, la mano de obra excedente se dedicó a la producción de bienes de consumo y, en consecuencia, surgieron diversos tipos de industrias, comercio, navegación, etcétera.

Este patrón se reprodujo en distintas épocas y regiones. En Asia, con el cultivo del arroz; en el Mediterráneo y cercano Oriente, con el trigo, y en América con el maíz. El impacto sobre el ambiente de este tipo de sociedad fue mucho mayor, y las cantidades generadas de basura de origen doméstico e industrial, aumentaron notablemente.

Pero no es, sino hasta la llegada de la era industrial (fenómeno relativamente muy reciente, pues se inició en Inglaterra en 1700), cuando el impacto sobre el medio natural empezó a alcanzar niveles alarmantes. La producción en masa de satisfactores, medicamentos y alimentos permitió un gran crecimiento de la población¹ y funcionó como un estímulo para la creatividad científica y tecnológica, lo que, a su vez, facilitó una mayor producción, a un costo ecológico muy alto. En la actualidad este mecanismo de retroalimentación sigue funcionando y se acelera cada día, ya que existen más recursos tecnológicos y científicos, es mayor la productividad y un más alto número de países se industrializan; pero los recursos naturales se están agotando y el daño ambiental ha llegado a límites insostenibles, que ponen en peligro al sistema económico mundial y a la existencia misma del hombre en la tierra.

En consecuencia, se ha producido un gran aumento en la generación de desechos, ya sean gaseosos, líquidos o sólidos. Inclusive los países que todavía no se han industrializado, tienen problemas con el manejo de los residuos de los productos que importan.

¿QUÉ TIPO DE PROBLEMAS PRODUCEN LOS RESIDUOS INDUSTRIALES?

Durante mucho tiempo, y hasta hace muy pocos años, nadie se preocupaba por el destino de los residuos generados; se daba por hecho que la naturaleza limpiaba el ambiente. En realidad, mientras la cantidad de basura producida fue relativamente pequeña y de origen orgánico,



Fotomontaje: Josep Renau.

la naturaleza a través de diversos mecanismos,² pudo degradar la mayor parte de las sustancias desechadas, purificando el aire, el agua y el suelo. Pero, según fue cambiando la composición de los desechos, y al aumentar su cantidad y complejidad, esta capacidad (degradativa y amortiguadora) empezó a agotarse; es más, en algunos sitios, simplemente desapareció.

La contaminación de los suelos, a diferencia de la del aire y el agua, puede ser un proceso irreversible, que, a su vez, causa contaminación en el entorno e indirectamente, facilita la introducción de tóxicos en la cadena alimentaria.

En Estados Unidos de Norteamérica el que se depositaran sustancias sin ningún control, causó accidentes muy graves. Entre los más famosos a nivel internacional y que cambiaron totalmente la visión que se tenía sobre la disposición de los residuos peligrosos, se encuentran "La tragedia de Love Canal" y de "Los establos de Shenandoah":

En 1970, en Love Canal, estado de Nueva York, cerca de las Cataratas de Niágara, se empezaron a observar los efectos tóxicos de contaminantes depositados en un basurero industrial. Esta historia se inicia en la década de 1880, cuando William T. Love empezó a construir un canal, que por cierto nunca se terminó. En 1942, la compañía de productos químicos "Hooker" firmó un acuerdo con el propietario del canal para utilizarlo como tiradero de residuos. De 1947 a 1952 se depositaron más de 20 000 toneladas métricas de estos residuos. En 1952, se permitió ubicar en esa zona una escuela primaria y casas habitación; Hooker puso sobre aviso del peligro a las autoridades, aunque supuestamente nunca valoró el verdadero riesgo que implicaba construir encima del "basurero". Como precaución, antes de entregar los terrenos, los selló con una capa de arcilla y los cubrió con suelo, lo que en ese momento se consideraba una protección más que suficiente.

En 1954, a raíz de que se removió la capa de arcilla para construir la escuela, se empezaron a presentar problemas. Los niños que jugaban en los alrededores sufrieron quemaduras, distintas enfermedades; algunos de ellos murieron. El problema se prolongó muchos años y al inicio de 1970, durante un periodo de mucha lluvia, se empezaron a inundar los sótanos de las casas con un lodo negro de olor intolerable. Las pruebas efectuadas en muestras de aire, agua y suelo de la región indicaron la presencia en el lodo de 82 diferentes contaminantes, uno de los cuales era benceno que es cancerígeno y el resto eran sustancias en las que también había fuertes sospechas al respecto. En esta zona, el nivel de abortos, de defectos congénitos, asma, problemas urinarios, infecciones respiratorias y dolores de cabeza, era más alto de lo normal.

La difusión de estos datos generó un gran malestar en la opinión pública, la cual presionó y logró la clausura de la escuela y la evacuación de 780 fa-

milias. Por estudios que se realizaron posteriormente, se demostró que la contaminación era local y que no había alcanzado los mantos acuíferos profundos, pero los daños fueron de tal envergadura que a partir de este grave accidente, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (EPA) inició la detección, ubicación y clasificación de sitios peligrosos, cuya cifra aumenta cada año.

El otro accidente, sucedió en Missouri, en el noroeste de San Luis. En mayo de 1971, para controlar el polvo, los propietarios de los establos de Shenandoah, situados en Moscow Hills, regaron 3 800 litros de aceites residuales de automóvil sobre la arena. Poco después de que fue aplicado, una de las propietarias notó un fuerte olor a sustancias químicas en el aire, del tipo que desprenden los solventes. Un día después, se descubrieron una gran cantidad de gorriones muertos. Los perros y gatos del rancho empezaron a perder su pelambre y se deshidrataron. Para mediados del mes de junio, 11 gatos y 5 perros habían muerto, todos con los mismos síntomas; de 85 caballos, 43 murieron en un año. La mayoría de las yeguas preñadas abortaron y de las pocas crías que nacieron, todas excepto una murieron en los primeros meses de vida. También se presentaron problemas en hombres y mujeres que habitaban la propiedad, quienes sufrieron de dolores de cabeza, diarrea, dolores de pecho, etcétera.

Los análisis de los aceites indicaron la presencia de dioxina y otros contaminantes altamente tóxicos. El aceite había sido vendido por una compañía que supuestamente lo iba a limpiar antes de reutilizarlo. La misma compañía regó aceite en cuatro sitios más en el mismo Missouri, dejando una "estela de enfermedad y muerte".

¿QUÉ PASA EN MÉXICO CON LOS RESIDUOS INDUSTRIALES?

En México, los problemas ambientales se han gestado en forma análoga a la ya descrita: se remontan a la época prehispánica, se agudizan durante el porfiriato —debido, principalmente a la consolidación de los sistemas hacendarios y a la explotación mineral y forestal a gran escala—, y hacen crisis a partir de la época posrevolucionaria. Especialmente la acelerada y anárquica urbanización e industrialización que se presentó a partir de la

Segunda Guerra Mundial, ocasionó graves daños.

La generación de los residuos industriales "peligrosos" se calcula en 200 000 toneladas por día³, sin considerar los jales, o sea, los residuos mineros que se obtienen en los procesos de flotación. Las principales industrias que generan este tipo de residuos son la química básica (orgánica e inorgánica), la de los procesos siderúrgicos que emplean chatarra, la de metales básicos no ferrosos y la de tratamiento de superficies, la petrolera y petroquímica así como la de plaguicidas. Cabe mencionar que los residuos agropecuarios o "especiales", también son causa de la degradación ambiental, ya que su disposición aumenta enormemente la carga orgánica de la biosfera, aunque su impacto disminuye drásticamente con un buen manejo.



Foto: Otto Sirgo.

Actualmente se ha iniciado el control de la generación, transporte y disposición de los residuos industriales, pero hasta este momento, la mayor parte de los industriales, incluyendo a los dueños de pequeños talleres, los entregan a los servicios municipales de recolección, donde son mezclados sin ninguna precaución con la basura doméstica y son transportados a tiraderos a cielo abierto, o simplemente los arrojan en cualquier sitio disponible de los alrededores.

Esta falta de control ha provocado diversos problemas y accidentes. En muy contadas ocasiones han sido estudiados los casos y todavía en menos, se ha podido encontrar la relación causa-efecto. Un ejemplo de problemas no resueltos, lo

constituyen los basureros de Santa Cruz Meyehualco y Santa Fe, donde se encuentran mezclados residuos de origen industrial y doméstico, muchos de ellos incompatibles. A pesar de que estas áreas han sido cubiertas con suelo y vegetación, lo que ha mejorado el aspecto general, los vecinos han informado de la formación de gases tóxicos, también varios académicos han planteado que existe el peligro de la contaminación de los acuíferos.

Algunos casos sí han sido documentados y se ha podido encontrar la relación causa-efecto. Entre los más famosos se encuentran el de "Cromatos de México", y el que se denominó "chocolatazo", por el aspecto y color de los residuos:

En 1958, se instaló en un edificio que había ocupado una fábrica de aceites, en Lechería, Municipio de Tultitlán, Edo. de México, una planta industrial que producía cromatos y algunos derivados. Su proceso era ineficiente, sus chimeneas no tenían filtros, las aguas residuales eran reinyectadas al subsuelo sin ningún tratamiento previo, los residuos sólidos de aspecto salino eran confinados en un pequeño cementerio y los de aspecto de grava se arrojaban en cualquier sitio disponible.

Los vecinos, y hasta las autoridades locales, utilizaron el material con apariencia de grava para rellenar calles y depresiones. Con el tiempo y, por efecto de la lluvia asociado con la alternancia de las estaciones, el cromo hexavalente empezó a lixiviarse. El color amarillo subía por las paredes de las casas, los charcos eran amarillos y, en la época de secas, se observaba en la superficie un polvo amarillo que producía molestias en el sistema respiratorio de los vecinos.⁴

Los padres de familia de la escuela vecina a la planta industrial, organizaron a las comunidades afectadas y lograron que la UNAM (Villalobos *et al.* y Rosas-Pérez) y los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI) realizaran estudios sobre el nivel de contaminación y, a través de la prensa, dieron a conocer el problema a la opinión pública. Como consecuencia de la presión social y después de muchos "ires y venires", la planta fue clausurada y se construyó un cementerio, que se inauguró en 1982, donde se dispusieron todos los residuos que se pudieron recolectar.

El problema no se resolvió totalmente pues los residuos confinados reposan

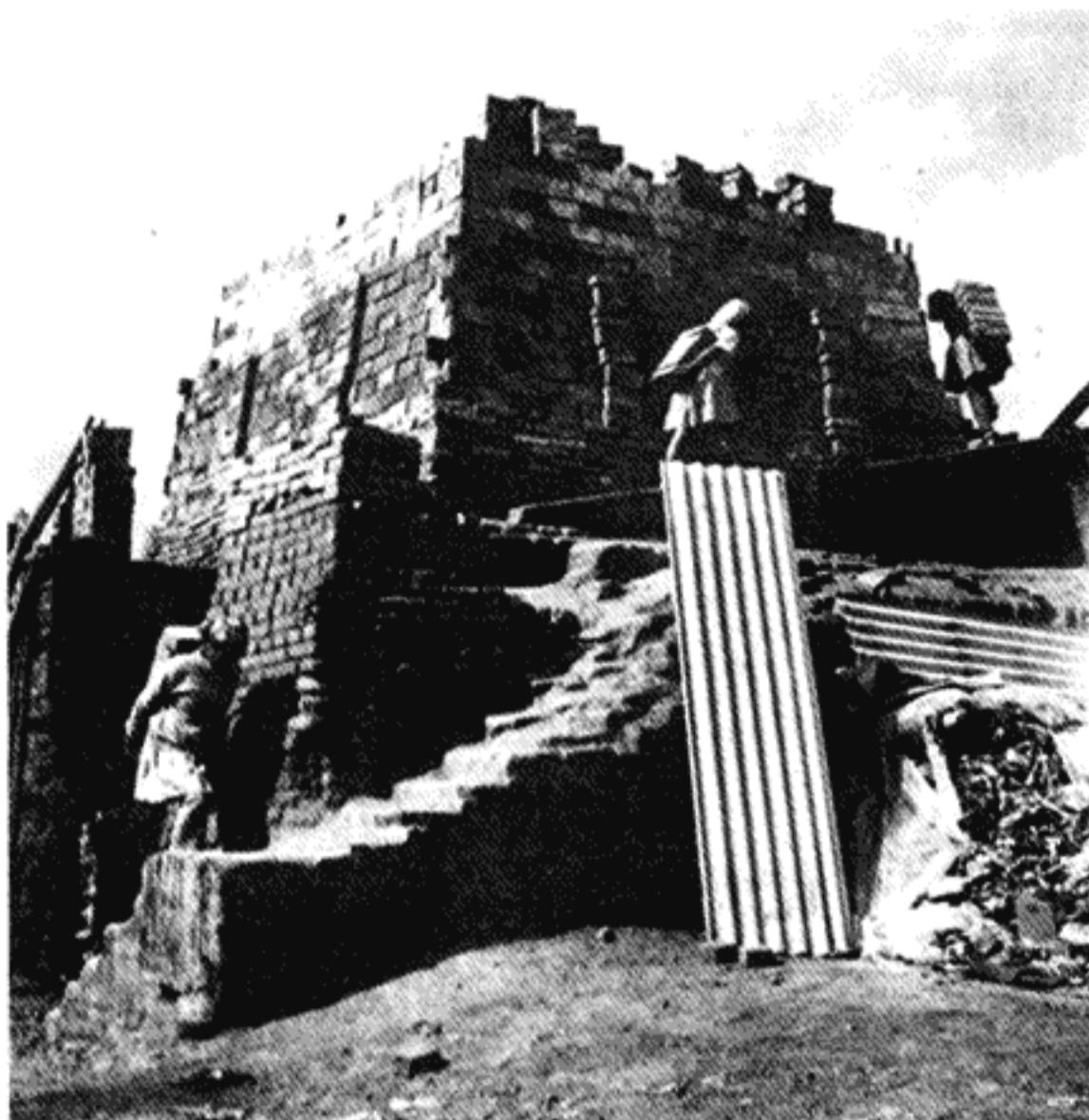


Foto: Lázaro Blanco.

directamente sobre el suelo original y el cementerio no cuenta con ningún mecanismo para recuperar los lixiviados producidos. Estos hechos, aunados a que las arcillas del subsuelo han adquirido porosidad secundaria, como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos, han causado la contaminación de varios pozos vecinos. Por otra parte, en época de secas, el viento transporta al polvo superficial que contiene cromo hexavalente, que procede de la superficie de los suelos contaminados que no pudieron ser colectados.

El problema denominado "chocolatazo", se produjo cuando los residuos de una fábrica de jabones fueron arrojados irresponsablemente en un terreno baldío de una colonia popular ubicada en Xalostoc, Estado de México. Éstos eran muy ricos en material orgánico, por lo que en el interior de la montaña de basura se inició una reacción de descomposición exotérmica, que produjo altísimas temperaturas. Varios niños de la vecindad que acostumbraban jugar en el área y, parece que también un hombre con un burro, treparon por el montículo de residuos,

se hundieron en su interior y sufrieron quemaduras muy graves.

¿QUÉ SE PUEDE HACER?

En general en todos los países incluyendo a México, se considera peligroso a cualquier desecho que presente las siguientes características⁵:

- inflamable
- corrosivo
- reactivo
- tóxico
- radiactivo
- infeccioso
- fitotóxico
- teratogénico y mutagénico.

El impacto producido por estos tipos de residuos industriales, no puede eliminarse totalmente, sin embargo, sí es posible disminuirlo. Al analizar los procesos naturales, mediante los cuales la naturaleza produce sustancias químicas, tan o más complejas que las que genera la industria, se puede observar que el impacto es mínimo, los procesos son cíclicos y se llevan a cabo con ayuda de catalizadores muy eficientes. En cambio, la industria es ineficiente: gasta gran cantidad de energía y

agua, sus procesos son lineales y producen muchos desechos.

Por lo tanto, el camino para resolver el problema se encuentra en la implantación de tecnologías limpias, análogas a las de los procesos naturales, que permitan seguir produciendo los satisfactores necesarios para el hombre moderno, pero con un bajo costo ambiental.

No obstante, como el desarrollo de estas nuevas tecnologías requiere de múltiples conocimientos, la mayoría de los cuales todavía no se han generado, el avance es lento y la implantación de los nuevos procesos, especialmente en los países en vías de desarrollo, se vislumbra a muy largo plazo. Mientras tanto, hay que instrumentar otro tipo de medidas legales y tecnológicas, posibles de aplicarse en el menor plazo posible y en las actuales condiciones económicas y políticas.

Esta búsqueda de soluciones adquiere especial importancia, ya que mientras al industrial no se le ofrezcan alternativas, buscará cualquier medio para deshacerse del problema, lo más probable es que a pesar de los reglamentos, siga tirando la basura donde pueda. El gobierno no cuenta con los cuadros humanos para controlar totalmente el destino de los residuos y en cambio, según se vayan poniendo en evidencia las ventajas, incluyendo las económicas, que presenta un buen manejo de los procesos y de los desechos, el número de industrias contaminantes disminuirá.

Entre las alternativas recomendables, además del desarrollo de tecnologías limpias, se encuentran las siguientes, que se aplican dentro de la propia planta: la optimización de los procesos y minimización de los volúmenes generados de residuos, el reciclado, el reuso de los residuos y el intercambio de desechos entre fábricas.

También se pueden transformar los residuos a formas no peligrosas, especialmente a formas termodinámicamente estables, similares a las que existen en la naturaleza, o a especies que posteriormente se asimilan a los ciclos naturales. Este cambio se puede lograr mediante procesos físicos, químicos y biológicos, como por ejemplo, el de usar tratamientos térmicos, procesos de oxidorreducción, degradación microbiana, etcétera y solamente en caso extremo, la incineración, pues este proceso puede dispersar vestigios (partes por billón) de sustancias tóxicas de origen orgánico que producen daños a los seres vivos, como por



ejemplo la esterilización de los huevos de las aves.

La tercera opción la constituye la disposición controlada, alternativa muy popular pero poco recomendable. Consiste en técnicas de relleno, inyección al subsuelo, apilamiento, represamiento, disposición en minas de sal, disposición en zonas no saturadas de regiones áridas y disposición en construcciones superficiales, impermeables y con recolecta de lixiviados.

Esta opción, cuando no se maneja adecuadamente puede resultar contraproducente. La selección del sitio, que es el factor determinante, presenta muchas dificultades, pues rara vez se encuentra un lugar que cumpla con todos los requisitos geomorfológicos y geohidrológicos necesarios y que además esté cerca de

las plantas generadoras de los residuos.⁶ Además, cualquier cambio no previsto, causado por factores físicos (terremotos, volcanes) o por factores políticos, como puede serlo una guerra, pueden cambiar las condiciones iniciales y, con ello, producir un problema que puede poner en dificultades a las generaciones futuras.

Cuando se construyen confinamientos en países en vías de desarrollo, hay que considerar que la calidad de la construcción y el mantenimiento son, generalmente, deficientes y ya que no se cuenta con el personal preparado y el cumplimiento de los compromisos de las empresas que administran los sitios de confinamiento, queda sujeto a sistemas jurídicos muy complejos, que rara vez funcionan.

Por otro lado, la inversión en la cons-

trucción de sitios de disposición controlada es muy insegura, pues diversos imponderables como la oposición de los habitantes de las áreas aledañas puede obligar a cerrar el sitio intempestivamente. Esta situación ha causado que muchas de las empresas que se dedican a este tipo de negocios sean peculiares y no cuenten con la confianza del público, quien pone "en tela de juicio", las buenas intenciones que, durante la implantación de sus proyectos, expresan a la opinión pública.

No obstante, no se puede descartar terminantemente esta alternativa, hay que tomar en cuenta que es la única que se puede instrumentar a muy corto plazo y que quizá es mejor saber dónde quedan depositados los residuos, a que se sigan tirando indiscriminadamente en cualquier lugar. Realmente la disposición controlada debe aplicarse únicamente en forma temporal y así, bajo esas condiciones, constituye una opción viable, ya que evita la dispersión de los residuos. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia, se sabe que una vez que funciona un confinamiento controlado, casi nunca se instrumentan soluciones mejores, sobre todo no se dedican los recursos económicos necesarios para el desarrollo de tecnología limpia o la optimización de los recursos o, al menos, para la estabilización de los residuos.

¿SE HACE INVESTIGACIÓN AL RESPECTO?

Actualmente la investigación que se realiza en el campo de los residuos sólidos en México es incipiente; especialmente en las áreas de desarrollo de tecnologías limpias y estabilización de desechos.

Dentro del Programa de Química Ambiental e Ingeniería Química Ambiental de la Facultad de Química y del Instituto de Geografía, existe un grupo, al cual pertenezco, en el cual se están formando recursos humanos especializados en el desarrollo y adaptación de tecnologías limpias y en el establecimiento de las técnicas para transformar los residuos peligrosos en inocuos. Especialmente, se busca que las tecnologías propuestas, sean acordes con las condiciones socioeconómicas actuales.

Un ejemplo del trabajo realizado lo conforma la solución planteada para el problema, ya descrito, de los residuos confinados: cementerio de Cromatos de México, S.A. Para lo cual se propone la mezcla de los desechos con el ácido residual de una industria vecina (AHMSA), que contiene hierro (II) y ácido sulfúrico;



su posterior neutralización con cal y la fabricación de ladrillos mediante presión y calentamiento. El cromo hexavalente se reduce a cromo trivalente y precipita con la adición de la cal como sulfato crómico. Posteriormente, mediante la presión y el calentamiento se transforma a cromitas, que son formas sumamente estables, no disponibles y no peligrosas. Los ladrillos presentan una calidad muy adecuada y su venta puede abaratar el proceso.

Además, existen otros grupos, especialmente de ingenieros, que trabajan sobre las técnicas de disposición, pero en conjunto la planta de investigación no es suficiente. Se requiere urgentemente de un marco de organización interdisciplinaria de recursos, para formar personal que posteriormente continúe laborando en los centros de investigación y es esencial contar con una infraestructura especial, que incluya espacios adecuados para realizar expe-

rimentos y permita interactuar con especialistas de otras disciplinas. ■

REFERENCIAS

1. En las poblaciones altamente industrializadas el crecimiento poblacional se ha detenido, pero no el aumento en la producción y consumo de satisfactores.
2. Precipitación, reducción, oxidación, etc.
3. Datos proporcionados por el Ing. Efraín Rosales de la Subsecretaría de Ecología, SEDUE.
4. La vía más rápida y sencilla para que el cromo ingrese en el organismo es la respiratoria. Aproximadamente el 50% del cromo inhalado se absorbe dependiendo del tamaño de la partícula, de la solubilidad y de la forma química. Los compuestos de cromo hexavalente se absorben con mayor facilidad que los trivalentes, aunque una vez en el interior el cromo VI se transforma a III. Durante el proceso oxida al organismo (Galvao y Corey. 1987).
5. La Dirección de Prevención y Control de la Contaminación de la Subsecretaría de Ecología, SEDUE ha iniciado el control de los residuos generados, para lo cual diseñó unas formas obligatorias para la industria donde se debe informar a dicha dirección las principales características físicas y químicas de los desechos, cantidades generadas, transporte y sitio de disposición.
6. Por su ubicación, el sitio seleccionado junto a la Cd. de Monterrey constituye una excepción, pues es material impermeable, con baja precipitación, cercano a la ciudad y sin poblaciones en los alrededores.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. 1988 *Nuestro futuro común*. Alianza Editorial, Madrid, España 460 pp.
- Chiras, D. D. 1988. *Environmental Science a framework for decision making*. Segunda Edición. Benjamin/Cummings Publishing Company. California, EE.UU. 531 pp.
- Galvao, L.A.C. y G. Corey, 1987. *Cromo. Serie vigilancia número 5*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Centro Panamericano de la Salud oms. Metepec, México. 66 pp.
- Griffin, D.R. 1988. *Principles of Hazardous Materials Management*. Lewis Publishers. EE. UU. 207 pp.
- Higgins, T.E. 1989. *Hazardous waste minimization handbook*. Lewis Publishers, Inc. EE.UU. 228 pp.
- Parker, S.P. Ed. 1980. *Encyclopedia of Environmental Science*. Segunda edición, Ed. McGraw-Hill, New York, EE.UU. 858 pp.
- Rosas-Pérez, I. 1984. *Aspectos ecotoxicológicos del Cromo en una zona industrial del Estado de México*. Tesis doctoral Facultad de Ciencias, UNAM
- SEDUE. 1988. *Ley General del equilibrio ecológico y la protección al ambiente*. Edición publicada por cortesía de Colgate Palmolive, S.A. de C.V., México, 138 p.
- Villalobos-Pietrini, R. Efectos biológicos del Cromo. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Mex.* 48 pp 115-162 México.

