

**CONTACTE
CON NOSOTROS**



Usted podrá recibir servicios y productos en las siguientes actividades:

- Exploración
- Geología Estructural
- Geoquímica
- Estratigrafía
- Petrografía y Micropaleontología
- Evaluación de Reservorios y Cálculo de Reservas
- Petrofísica y Muestrería
- Fluidos de Superficie y Capas
- Esquema de Explotación
- Recuperación
- Fluidos de Perforación y Cementación
- Catálisis
- Refinación y Lubricantes
- Química Ambiental
- Química Analítica
- Química Orgánica
- Biotecnología
- Corrosión
- Planta Piloto

Centro de Investigaciones del Petróleo

Washington #169 esq. a Churruga,
Municipio Centro Habana, 12000, Cuba.

TELÉFONOS:

Pizarra: 40 4500, 40 4520, 40 4544
Dirección: 41 1132
Fax: (537) 66 6021

Tecnologías de eliminación y de recuperación de metales pesados en residuos

Josep Ma. Casas Sabata*

* Doctor en Ciencias Químicas. Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Cataluña. Manresa, España.

RESUMEN: Se hace un repaso de la problemática de los residuos tóxicos y peligrosos, generados por la industria, sistemas de eliminación controlada y las nuevas tecnologías de recuperación de metales pesados. El trabajo describe las modernas alternativas de tratamiento de metales pesados en residuos, tales como la inertización, la vitrificación y la utilización del arco de plasma. Asimismo se incide en la recuperación de algunos metales pesados, por su interés comercial, como son el mercurio, níquel, plomo, platino, etc., y la biosorción de metales pesados.

ABSTRACT: A revision is made about the problems of the toxic and dangerous residues generated by industries, controlled elimination methods and the new technologies of heavy metals recovery. The work describes the modern alternatives of heavy metals treatment in residues, such as the inertization, vitrification and use of the plasma arch. Likewise it falls upon the recovery of some heavy metals, due to their commercial interest, such as mercury, nickel, lead and platinum and biosorption of heavy metals.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico, el crecimiento demográfico, la industrialización y el uso de nuevos métodos de agricultura tecnificada son factores que contribuyen a que entren al ambiente, de manera continua, cantidades crecientes de un gran número de sustancias químicas, sintéticas y naturales, cuyas interacciones y efectos adversos, tanto sobre el ambiente mismo como sobre los seres vivos en general, no se conocen o se conocen insuficientemente.

En la actualidad se han descrito unos cinco millones de sustancias químicas, la gran mayoría de ellas sin uso conocido o bien limitado a la aplicación en laboratorios de investigación. No obstante, la Agencia de Protección del Ambiente de los EUA (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que en el mundo unas 100 000 sustancias químicas tienen un uso cotidiano, con un incremento anual de unas 2 000 sustancias.

Esta diversidad de sustancias puede acarrear contaminación de tipo físico (calor, ruido, radiaciones, radiactividad), químico (metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas) o biológico.

Referente a la contaminación por metales pesados se puede decir que de los 110 elementos químicos conocidos, 84 se clasifican como metales, y de estos 69 son metales pesados (densidad superior a 5 g/cm³). Según la EPA, se consideran muy peligrosos unos doce elementos traza y pesados; estos son: Sb, As, Be, Cd, Cu, Cr, Sn, Hg, Ni, Pb, V y Zn. ✕

Entre las distintas fuentes antrópicas de metales pesados se pueden señalar: el uso masivo de combustibles fósiles, la minería, las fundiciones metálicas, los residuos industriales, los vertederos urbanos, las aguas residuales domésticas, la producción de pigmentos, de plásticos, de biocidas, de lubricantes, de fertilizantes y de pesticidas, la industria cerámica y eléctrica, y la producción de cemento.

Inevitablemente el descubrimiento y uso masivo de estos metales y de los materiales que los contienen, poco conocidos, y sin precauciones ha ocasionado el surgimiento de nuevas enfermedades, tanto ambientales como del lugar de trabajo. Su generación extensiva en las áreas industriales, urbanas, mineras y en las fuentes de abonado y riego del campo, está provocando nuevos problemas que requieren de inmediata atención, tanto desde el punto de vista científico como de la ordenación del medio ambiente actual y del futuro.

Los residuos como fuente de contaminación por metales pesados

Los residuos llegan a contaminar la tierra, el aire y el agua especialmente. Una gran parte de estos residuos, considerados tóxicos y peligrosos, se vierte incontroladamente sobre terrenos, se entierra en excavaciones, antiguas canteras, lagos, minas, se inyecta directamente al suelo, al mar, etcétera. Un aspecto de la contaminación del nivel freático de las aguas se consigue con los lixiviados que generan este tipo de residuos. Concreta-

mente los metales pesados se hallan sujetos a una serie de fenómenos físico-químicos complejos como la adsorción, la precipitación, la oxidación-reducción, la formación de complejos, etc., en relación con el pH y las condiciones de oxigenación del terreno.

Existe toda una gama de operaciones de pretratamiento de residuos tóxicos y peligrosos, que tienen por objeto hacerlos más accesibles a la recuperación de materiales y de energía, desintoxicación química o biológica, destrucción térmica o deposición en vertedero de seguridad.

En general, como pretratamiento se utilizan procesos físicos tales como sedimentación, flotación, centrifugación, filtración, ultrafiltración, evaporación, destilación, ósmosis inversa, intercambio iónico, adsorción, etcétera. También los procesos químicos tales como la neutralización, oxidación-reducción, precipitación, combustión en lecho fluidizado, etc., son de gran utilidad, dependiendo de cada tipo de residuo y su destino final.

Tratamiento de los residuos tóxicos y peligrosos

- Plantas de tratamiento físico-químico-biológico: para estabilizar el residuo y poderlo depositar en un vertedero de seguridad.

Neutralización de ácidos con NaOH o Ca(OH)₂ y de bases con HCl o H₂SO₄. Precipitación de metales con floculantes como FeCl₃, Al₂(SO₄)₃ y polielectrolitos. Oxidación de cianuros a cianatos con hipoclorito sódico. Reducción de Cr(VI) a Cr(III) con bisulfito sódico. Separación de fases orgánicas y aceitosas, entre otras.

- Incineración de residuos: mayoritariamente aplicada a residuos sólidos urbanos, a causa del poder calorífico (1 500 a 3 000 kcal/kg) de PCI, sin necesidad de tratamiento previo ni adición de combustible complementario.

Algún nuevo diseño denominado de centrales de combustible alternativo, permite quemar residuos industriales y comerciales banales, o sea, basura sólida no tóxica, residuos asimilables a urbanos, como restos de textiles, papel, cartón, madera, materiales plásticos sin PVC y gomas pesadas (neumáticos y caucho sintético), que pueden conseguir un poder calorífico de más de 4 000 kcal/kg. Si se prevé un alto contenido de metales pesados en las escorias de la poscombustión en horno rotativo de estos residuos, se puede complementar con un proceso de vitrificación, como se describe posteriormente. Finalmente, las escorias y cenizas generadas en todo el proceso de incineración (20-25 % del peso de los residuos) se componen de CaO, SiO₂, Fe₂O₃, etcétera, de tipo inerte que se puede retirar a un vertedero convencional. En otros casos se aprovechan como mezcla para la fabricación de bloques de hormigón de baja densidad, utilizados como aislante.

Alternativas modernas de tratamiento y recuperación de metales pesados

Inertización de residuos con metales pesados

Con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de los residuos enterrados, lo que se debe hacer es llevar a cabo una solidificación previa de los desechos. Se trata, en concreto, de formar una barrera física entre los residuos y el entorno, a través de una matriz sólida inerte.

La inertización es una técnica que engloba procesos de estabilización, fijación química, solidificación y aglomeración, para llegar a transformar un residuo tóxico en inerte. El agente mayormente utilizado para tratar residuos con metales pesados es el cemento Portland. Por el pH alcalino que posee este tipo de cemento, los metales permanecen en la matriz bajo la forma de compuestos insolubles (hidróxidos o carbonatos), esto minimiza su lixiviación. La proporción residuo-cemento va de 1:1 a 5:1, dependiendo de la naturaleza del residuo y de las características de la matriz, como son su dureza y su permeabilidad.

Otros agentes solidificantes, generalmente utilizados, son ciertos aluminosilicatos que se endurecen al aplicarles cal. La cal tiene gran aplicación para solidificar cenizas procedentes de incineración de residuos o bien para polvo de los hornos de cemento. De esta forma se consigue un medio suficientemente alcalino para evitar la lixiviación de los metales.

También las resinas termoplásticas se utilizan como agentes solidificantes, así mismo, diversos tipos de asfaltos, polietileno u otras poliolefinas. Estos últimos son solidificantes típicos utilizados en residuos que contengan metales pesados, PCB's, dioxinas, furanos, etc. Con el fin de utilizar resinas es necesario secar los residuos y mezclarlos a temperatura de 150-230 °C y, finalmente, dada la biodegradabilidad de la resina, se debe almacenar en el interior de los bidones. La lixiviación con resinas termoplásticas se reduce unas mil veces respecto a la solidificación con cemento.

En ciertos casos se utilizan solidificantes tales como arcilla, bentonita, gel de sílice, yeso, zeolitas, polvo de cementeras, etc. El papel de estos materiales absorbentes es el de aumentar la dureza de la matriz y absorber a los materiales de tipo orgánico, con lo cual se dificulta la lixiviación de los residuos.

Hay que tener en cuenta, como aspecto negativo de la solidificación, especialmente con cemento, la gran cantidad de material que se produce, casi el doble del residuo en cuestión.

Vitrificación de residuos

La vitrificación es una técnica muy parecida a la inertización. Por medio de este proceso los residuos se mezclan con vidrio borosilicatado y se aplican a temperaturas del orden de unos 1 200 °C, con el fin de fundir la matriz (Figura 1).

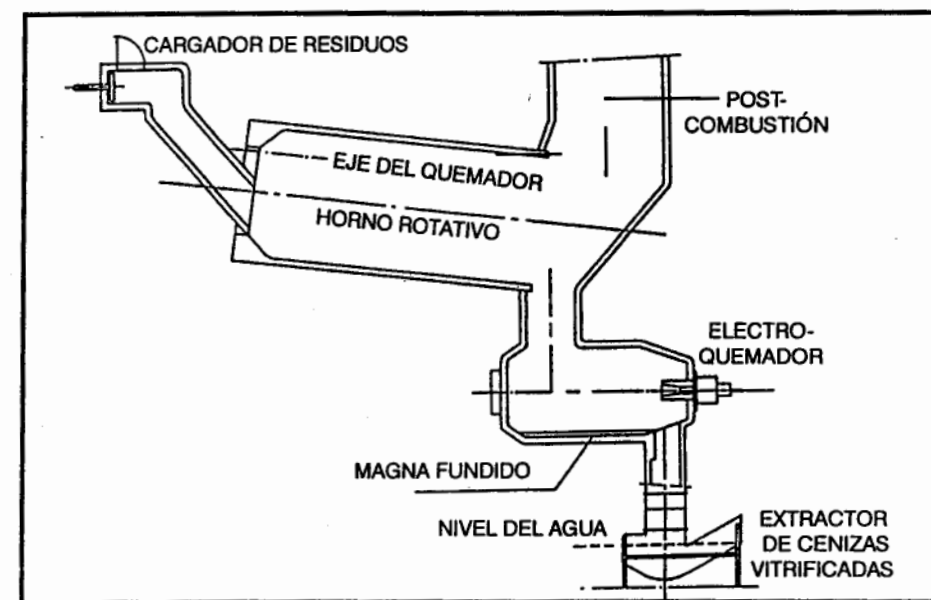


FIGURA 1. Electroquemador vitrificador.

Existen diversas matrices minerales que permiten fijar los metales pesados tóxicos. Los piroxenos, de fórmula general XYSi₂O₆, donde XY son metales; la espinela, de fórmula general AB₂O₄, A y B son metales tales como Fe, Cr, Co, Cu, V, Zn; la perovskita, de fórmula ABO₃, etcétera. Todas estas fases minerales tienen la capacidad de incorporar diferentes cationes en función de su estructura cristalina o vítrea, dependiendo también de las características cristaloquímicas del catión adicionado.

Una primera fase de tratamiento puede consistir en mezclar los residuos (polvo metalúrgico, residuos de fibra de amianto, residuos industriales) con arcilla illita y cocerse a unos 950-1 050 °C; posteriormente se adiciona bórax como agente fundente y se continúa la cocción hasta los 1 250 °C, para obtener una cerámica de tono verdoso a causa del bórax añadido.

El lixiviado de residuos correspondientes a polvo metalúrgico y a un residuo urbano, muestra un test donde los metales han sido prácticamente fijados en todos los casos.

Test de lixiviación:

Metales	As	Ba	Cd	Cr	Pb	Hg	Se
Límite, ppm	5	100	1	5	5	0,2	1
Polvo metalúrg.	0,1	0,1	0,02	0,03	0,17	0,01	0,05
Residuo urbano	0,1	0,1	0,01	0,19	0,05	0,05	0,05

Otra posibilidad, aparte de la vitrificación, es la encapsulación que consiste en recubrir el residuo con una capa de material insoluble, por ejemplo el polietileno, el polibutadieno y sus mezclas. Por medio de esta técnica se pueden tratar residuos, tanto inorgánicos como orgánicos. No obstante, el proceso es muy caro, a causa de los materiales y al consumo de energía.

Inertización de residuos por arco de plasma

Esta moderna tecnología permite la inertización total y la destrucción definitiva de la toxicidad de los residuos industriales especiales. El arco de plasma logra destruir térmicamente los contaminantes orgánicos, a través de un proceso de pirólisis, e incorporar los inorgánicos en una estructura vítrea, sin posibilidad de liberarse del medio.

Se sabe que a medida que se aumenta la temperatura de un cuerpo cualquiera, este pasa por los estados sólido, líquido y gaseoso. Si se sigue aumentando la temperatura se alcanzará el denominado cuarto estado de la materia o estado de plasma (gas ionizado), en el que se hallan disociadas todas las moléculas.

En el proceso de inertización por plasma se utiliza un arco voltaico de plasma que alcanza temperaturas de 20 000 °C. Un horno giratorio se mantiene en rotación durante todo el tiempo que dura la pirólisis y la fuerza centrífuga generada por la rotación mantiene a la masa fundida en forma de paraboloide. Al finalizar el proceso se descarga la masa a través de un orificio con un electrodo auxiliar de menor potencia (Figura 2). La escoria obtenida de la vitrificación se aprovecha como material de la construcción, se destina a otras aplicaciones o bien se deposita sin problemas de lixiviación.

Los gases originados en la pirólisis del reactor se envían a un sistema de lavado y filtrado antes de salir por la chimenea con concentraciones por debajo de los límites legales exigidos. Además de aplicar la técnica a la eliminación de residuos tóxicos, este proceso es válido para tratamiento de residuos radioactivos o para recuperar metales nobles o preciosos, como es el caso de catalizadores.

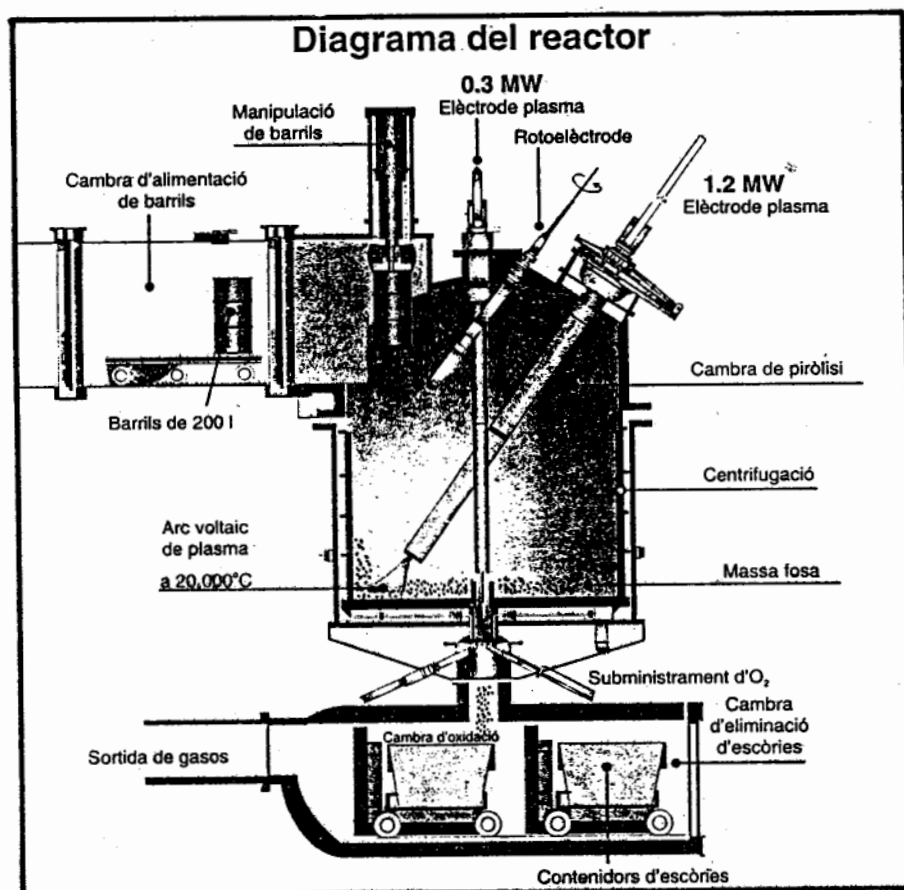


FIGURA 2. Reactor de plasma para vitrificación.

En la actualidad existen muy pocas instalaciones de vitrificación de residuos por arco de plasma; algunas de ellas funcionan en Suiza y EUA, mientras que otras están en fase de proyecto en Alemania, Francia, Japón y España.

Recuperación de metales

La recuperación tiene por objeto obtener metales en forma comercial, a partir del tratamiento y transformación de un residuo, un baño acabado, sales, etc. Generalmente el interés de la recuperación pasa por un estudio de costes: valor del metal recuperado/coste del tratamiento del residuo.

Las materias primas para recuperar metales pueden ser baños de tratamiento de superficies que contienen lodos con elevado contenido de Ni-Cr, Ni-Cu, Ni-Co, Ni-Pb, mezclados con hierro, hasta recuperación de metales de las baterías: Ni-Cd, Ni-Pb, Pb de baterías de automóvil, Hg, Ag, etc., recuperación de catalizadores: Pt, Pd, Ro; recuperación de mercurio de pilas, termómetros, fluorescentes, etcétera.

Para recuperar el níquel de un residuo se solubiliza con H_2SO_4 , se separa la parte insoluble por filtración y el Ni soluble se electroliza y se obtiene una placa metálica de níquel de gran pureza (99,98 %) o bien se obtiene, a

partir del níquel soluble, un producto comercial como sal: $NiSO_4$, $NiCl_2$. Los otros metales presentes y sin interés comercial se separan como sulfuros, hidróxidos, etc., y se vierten a un vertedero de seguridad.

La recuperación del mercurio de las pilas, termómetros, fluorescentes, etc., se lleva a cabo por calentamiento en una cámara de vacío a 400-600 °C; el mercurio vaporizado pasa a una cámara de poscombustión a 800 °C, donde el metal se condensa en unos traps. Los vapores son absorbidos antes de eliminarse a la atmósfera.

El platino de los catalizadores se recupera por plasma térmico en un horno a 1 450-1 700 °C; posteriormente se separa del hierro por métodos convencionales.

El plomo de las baterías de automóvil representa el 60 % del consumo mundial de este metal y, por tanto, su recuperación tiene gran interés.

Una vez trituradas las baterías, se separan las fracciones pastosas que contienen partículas de óxidos y sulfatos de plomo, plomo metálico, polipropileno, PVC, ebonita, etc. La pasta de plomo contiene azufre, que se trata con hidróxido o carbonato sódico y por medio de filtraciones sucesivas se separa la masa rica en plomo y la disolución de sulfato sódico se cristaliza.

La pasta desulfurada se electroliza en células en cascada y cátodos de acero inoxidable que retienen el plomo electrodepositado (99,99 % de pureza).

La biosorción de metales pesados

La biosorción se puede considerar como un método emergente dentro de la eliminación de metales pesados. Se define como la eliminación a través de material biológico, de metales o compuestos metálicos, tanto en disolución como formando partículas sólidas insolubles. Como material biológico se pueden utilizar distintos tipos de microorganismos, por ejemplo, bacterias, algas, hongos o levaduras.

Todos estos microorganismos pueden acumular en su interior metales, incluso, núcleos radioactivos, y alcanzar en algunos casos, cantidades que superan el 100 % de su peso en seco, o inclusive superior, como es el caso de la bacteria *Citrobacter*, que es capaz de acumular uranio en una cantidad que es del orden del 900 % de su peso en seco.

A continuación se indican algunos microorganismos capaces de eliminar metales, junto a sus tasas de eliminación:

Microorganismo	Metal	Biosorción (porcentaje en peso seco)
Bacterias		
<i>Citrobacter</i>	Pb	35
	Cd	70
	U	900
<i>Zoogloea</i>	Co	25
	Cu	34
	Ni	13
	Cd	7
Algas		
<i>Chlorella vulgaris</i>	Au	10
<i>Chlorella regularis</i>	U	15
Hongos		
<i>Rhizopus arrhizus</i>	Cu	1,6
	Cd	3,0
	Ag	5,4
	Hg	5,8
	Pb	10,4
	U	19,5
<i>Aspergillus niger</i>	Th	18,5
	U	21,5
<i>Penicillium</i>	U	12
	Th	11,6
	Zn	0,5

La biosorción tiene un coste de material insignificante, puesto que aprovecha la biomasa que se genera como desecho en muchos procesos industriales. Su mayor aplicación es en fuentes en que el metal pesado

se halla en baja concentración, que es precisamente donde los métodos convencionales presentan peor rendimiento.

Algunos metales pesados, tales como Zn, Cu y Mn, son esenciales para el metabolismo de los microorganismos; pero otros metales como Ag, Al, Au, Cd, Hg o Pb, tienen efectos tóxicos en el interior de las células. Sin embargo, aun en estas circunstancias se puede aplicar la biosorción, puesto que entonces se utilizan como alternativa células muertas, así como los constituyentes de las paredes celulares, proteínas y polisacáridos, los cuales también han demostrado poseer una alta capacidad de biosorción metálica.

El mecanismo de eliminación de metales pesados por biosorción consiste, en la mayoría de los casos, en el establecimiento de un enlace covalente entre el metal y ciertos constituyentes celulares, como son las proteínas o los polisacáridos, seguido de su deposición inorgánica, y queda la especie, en forma metálica, acumulada en el interior de las células de los microorganismos.

En algunos casos los metales quedan precipitados o como sulfuros insolubles que se pueden recuperar. Por tanto, la biosorción puede considerarse como un proceso reversible, llevando a cabo procesos de biosorción-desorción. Ello permite, no sólo generar el material biológico, sino también recuperar los metales si así se desea. Normalmente la recuperación selectiva de metales se realiza haciendo pasar sobre el material biológico una disolución diluida de ácido y variando el pH del medio en un reactor (biorreactor) adecuado (Figura 3).

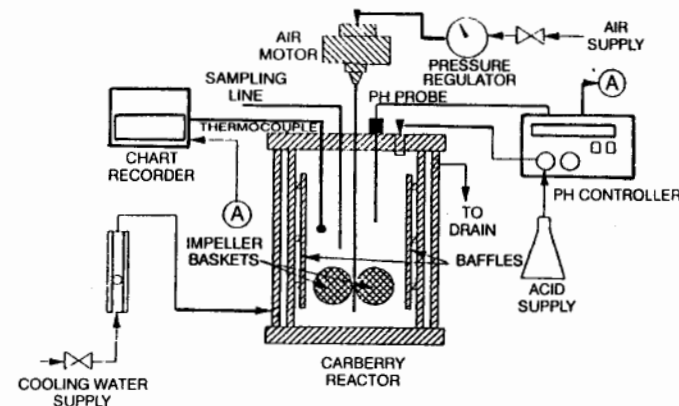


FIGURA 3. Esquema de un biorreactor (Mc Master University, Hamilton, Ontario, Canadá).

De esta forma se sabe que las algas desorben iones Cu^{2+} y Zn^{2+} , utilizando un eluyente a pH de 2, mientras que el Au^{3+} , la Ag^+ , y el Hg^{2+} , permanecen fuertemente absorbidos. Pasando posteriormente mercaptoetanol, se pueden desorber el Hg^{2+} y el Au^{3+} .

Se considera que la utilización de un método de biosorción es competitivo con la metodología tradicional si es capaz de lograr 99 % de eliminación del metal, sometiendo al microorganismo a cargas superiores

a 150 mg del metal por gramo de biomasa, condiciones que se cumplen en muchos casos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLOWAY, B.J.: *Heavy metals in soils*, John Wiley & Sons, New York, 1990.
- CONNER, J.R.: *Chemical fixation and solidification of hazardous wastes*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- CZUPYRNA, G.; R.D. LEVY; A.I. MACLEAN and H. GOLD.: *In situ immobilization of heavy-metal-contaminated soils*, Noves Data Corporation, New Jersey, 1989.
- EHRlich, H.L. and C.L. BRIERLEY.: *Microbial mineral recovery*, McGraw Hill, New York, 1990.

- FERGUSON, J.E.: *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*, Pergamon Press, Oxford, 1990.
- FÖRSTNER, U. and G.T. WITTMANN: *Metal pollution in the aquatic environment*, Springer Verlag, 1979.
- FURNESS, R.W.: *Heavy metals in the marine environment*, CRC Press, Florida, 1990.
- GADD, G.: «Biosorption», *Journal of chemical technology and biotechnology*, 1992.
- MARAÑÓN, E.: «Eliminación y recuperación de metales pesados en efluentes industriales», *Retema*, no. 17, 1990.
- ROMÁN, F.: *Introducción a la recuperación y reciclado de los metales no ferreos*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid, 1992.
- SALOMONS, W and V. FÖRSTNER.: *Metals in the hydrocycle*, Springer Verlag, 1984.

MINIGEOGRAFÍA DE CUBA

**TODA LA INFORMACIÓN
QUE USTED NECESITA
SOBRE EL ARCHIPIÉLAGO
CUBANO**



Es una obra con la cual los autores han querido generalizar y sintetizar los conocimientos actualizados sobre el medio físico y la economía del Archipiélago Cubano.

En los últimos años numerosos científicos y especialistas cubanos y foráneos, han logrado alcanzar un conocimiento muy preciso sobre la naturaleza del país, incluso se han estudiado nuevos territorios en los grupos insulares y se han modificado diferentes espacios naturales para el desarrollo del turismo.

Esta riqueza de datos y conocimientos estaban necesitando un esfuerzo sistematizador, para brindar a otros especialistas, dirigentes políticos y administrativos, inversionistas, publicistas, turistas y al público en general una obra relativamente breve, sustantiva y compacta, que no intenta, ni puede expresar toda la riqueza de información disponible.

Los capítulos sobre la estructura política y administrativa, la economía y el medio ambiente son de gran actualidad por la frescura de sus datos.

Un acercamiento al tema de la contaminación atmosférica

Gilberto Hurtado Freyre*
Eulicer Fernández Maresma**

* Máster en Protección del Medio Ambiente y los Georrecursos. Profesor instructor. Dpto. de Eléctrica. Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM). Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329.
** Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Auxiliar. Dpto. de Metalurgia. ISMM. Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329.

RESUMEN: El trabajo trata el tema de la generación de energía y su repercusión en el medio ambiente, y ofrece una visión integradora del aporte de todo un complejo industrial a la contaminación atmosférica en la región. Se establece una metodología que permite determinar un estimado del alcance de estas emisiones a partir del comportamiento de los vientos en la región.

ABSTRACT: The present work deals with power generation and its influence on the environment, a general view of all industrial complex anpport in the atmospheric contamination in the region is also shown in this work. Established is a methodology that allows to determine an estimate the range of expansion of emissions under the influence.

INTRODUCCIÓN

La importancia de proteger nuestro planeta de la degradación y la ruina es prioritario en el pensamiento de la humanidad. Sirvan como ejemplos los desastres ecológicos originados por la guerra del golfo Pérsico, cuando fueron arrojadas a la atmósfera cantidades enormes de gases y hollín producto de la combustión del petróleo o las grandes masas de petróleo esparcidas por el mar como consecuencia de accidentes petroleros. En estas ocasiones el deterioro del medio ambiente ha sido una amenaza que los humanos hemos asumido con preocupación.

Para combatir el deterioro del medio ambiente es necesario conocer la magnitud de los problemas existentes. Hemos de estar convencidos de que sólo la ciencia y la tecnología desarrolladas con inteligencia serán capaces de responder al mayor desafío que se enfrenta el hombre de hoy.

Los últimos veinte años han sido catastróficos para el planeta, ya que la deforestación, la desertización y la contaminación de la atmósfera están comprometiendo irreversiblemente la habitabilidad de nuestro ecosistema llamado Tierra.

El calentamiento global producido por las emisiones gaseosas constituye una amenaza, tanto para la vida en el planeta como para el bienestar humano. Frenar el calentamiento supondría actuar para tratar de atenuar las emisiones de CO₂, el incremento de la deforestación provocada por una población humana en aumento exponencial, necesitada de espacios para asentamientos, infraestructura y agricultura cada vez mayores.

Tomando como ejemplo el campo de la generación de la energía, se puede ver que este constituye una de las principales problemáticas medioambientales de la época actual, pues su producción por varias vías, aunque necesaria, constituye focos de contaminación para la atmósfera, las aguas y el suelo. Uno de los problemas fundamentales a escala internacional está en la búsqueda del equilibrio entre cómo continuar su desarrollo de la forma más económica posible sin dañar el entorno, pasando los problemas de contaminación energética de un problema local en la primera mitad del siglo a problemas regionales después, y en la actualidad a problemas globales como el llamado «efecto invernadero» y los agujeros en la capa de ozono.

La generación de electricidad en Cuba depende fundamentalmente de una red de termoeléctricas de diferentes diseños y procedencias. Una de esas termoeléctricas es la existente en la Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara, la cual se encuentra a disposición del proceso metalúrgico de la producción de níquel en la región minera de Punta Gorda en la provincia Holguín.

La generación de energía y su repercusión en el medio

Los impactos provocados por la generación de energía cobran importancia, ya que en las centrales termoeléctricas se genera la mayor parte de la