

Mora, José Carlos; Benavides, David

Clasificación de residuos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional

Revista de Ciencias Ambientales, vol. 41, núm. 1, enero-junio, 2011, pp. 61-69

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070688008>



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Clasificación de residuos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional

Classification of Chemical Residues in laboratories of the Universidad Nacional

José Carlos Mora ^a y David Benavides ^b

^a El autor es especialista en Gestión Ambiental y en Química Industrial con énfasis en Química Ambiental, es académico y regente químico de la Universidad Nacional, Costa Rica. ^b El autor es especialista en Gestión Ambiental y en Química Industrial con énfasis en Química Ambiental, es coordinador del programa UNA Campus Sostenible de la Universidad Nacional y regente químico del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



Clasificación de residuos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional

José Carlos Mora y David Benavides

José C. Mora, especialista en Gestión Ambiental y en Química Industrial con énfasis en Química Ambiental, es académico y regente químico de la Universidad Nacional (jmor@una.ac.cr). David Benavides, especialista en Gestión Ambiental y en Química Industrial con énfasis en Química Ambiental, es coordinador del programa UNA Campus Sostenible de la Universidad Nacional y regente químico del Instituto Tecnológico de Costa Rica (dbenavid@una.ac.cr).

Resumen

Durante 2008-2010 se generaron inventarios de residuos químicos en los laboratorios de la Universidad Nacional. La solicitud de la generación de cada inventario se realizó formalmente a cada coordinador de laboratorio de investigación y docencia. Con la información obtenida se clasificaron los residuos en nueve clases, permitiendo esto el desarrollo de patrones de distribución y tasas de generación de los residuos. Además, se identificaron las clases de residuos de mayor y menor generación, así como procedimientos y reactivos utilizados, fuente de las diferentes clases de residuos. Se concluye que una adecuada clasificación de residuos es la base para implementar un ambiente seguro de trabajo, permitiendo minimizar costos administrativos, económicos, legales, de seguridad y técnicos, relacionados con la atención a emergencias químicas

Abstract

During the years 2008-2010, inventories were carried out regarding chemical wastes manipulated in the Universidad Nacional. In order to gather such information for these inventories, laboratories' directors filled out a form. Using the preliminary given information, wastes were classified into nine classes, allowing this the identification of distribution patterns, as well as the identification of higher and lower hazardous wastes stored and handled. Analytical procedures and chemical reagents that contribute to those hazardous classes waste detected. As a conclusion, in order to conduct an adequate and safe working environment, it is necessary to develop chemical waste databases. Waste classification is the first step to create a framework to develop and apply the right actions related with waste management aspects,

Introducción

Para poder mantener la demanda actual de productos y servicios por parte de las sociedades, el mundo se ha visto forzado a ser más productivo. Esto trae como consecuencia un aumento en los volúmenes de residuos generados y hace necesaria una adecuada gestión de residuos cuyo objetivo primordial sea la prevención y minimización, de manera que se logre disminuir el riesgo a la salud, a la propiedad y al ambiente (Martínez, 2005; Blanco, 2004; PNUMA-OMS-SAICM, 2007).

Residuos peligrosos

Los residuos generados pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, como estado físico, origen del desecho, tipo de tratamiento al que serán sometidos y los potenciales efectos derivados del manejo de dichos residuos. Este último criterio de clasificación incluye la categoría denominada residuos peligrosos (Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002).

y ambientales, entre otros; así como para el desarrollo y aplicación de prácticas de trabajo preventivas.

Palabras claves: desechos químicos, gestión de residuos, salud y medio ambiente, equipos y materiales de seguridad.

economic support, regulation requirements, safety and technical investment to look forward to protect worker health and the environment around.

Key Words: chemical wastes, waste management, health care and environment, hazardous wastes identification system, environment, health, lab security equipment.

Se entiende por residuos peligrosos “todos aquellos residuos que pueden causar daños a la salud o el ambiente, debido a su peligrosidad intrínseca como toxicidad, corrosividad, reactividad, inflamabilidad, explosividad, sea infeccioso o ecotóxico” (Decreto 27001, 1998). Martínez (2005) clasifica un residuo como “peligroso”, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Estar incluidos en listas específicas de residuos.
- Pertenecer a un grupo de residuos generados en procesos específicos.
- Presentar alguna característica de peligrosidad (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, ecotóxico).
- Contener sustancias definidas como peligrosas.

Un adecuado sistema de manejo de residuos peligrosos incluye las etapas de generación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (Decreto 27001, 1998). En relación con la primera etapa, un ente generador de residuos peligrosos es aquel que “genere uno o más residuos peligrosos y/o como resultado de su actividad trate residuos peligrosos”. Cada ente generador de residuos debe clasificarlos adecuadamente. Para dicha clasificación, deberá coleccionarlos separadamente, desde el momento que ellos se producen, e identificarlos y clasificarlos con base en criterios de compatibilidad química, principalmente (Chacón, 2000; Decreto 27001, 1998; Imbroisi et al., 2006; Kuhre, 1995).

Existen sistemas para identificación y clasificación de productos y residuos peligrosos, entre los que están los de 1) la Agencia de Protección al Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency); 2) el Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (OSHA, Occupational Safety & Health Administration); 3) la Comunidad Europea, y 4) las Naciones Unidas mediante el Código IMDG y el Sistema Global Armonizado (Bernabei, 1994; Grupo Coordinador Nacional, 2008; IPCS, 1998; Martínez, 2005; National Institute for Occupational Safety and Health, 2004; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002).

Residuos químicos en centros universitarios

Las universidades, como instituciones de investigación y docencia, tienen una serie de problemas muy específicos vinculados con el manejo de sustancias peligrosas y de sus residuos, ya que cuentan con laboratorios muy diversos (Biología, Química, Veterinaria, Farmacia, Medicina, Agronomía, Física, etc.) que generan un amplio espectro de residuos: compuestos orgánicos, halogenados, sales (tóxicas, oxidantes), inorgánicos, insolubles en agua, etc. (Bernabei, 1994; Phifer y Mctigue, 1998).

EPA reconoce que la regulación existente en cuanto a residuos peligrosos fue diseñada principalmente, para aplicaciones industriales y muchos aspectos son inadecuados para el quehacer universitario; por ejemplo, los sistemas de clasificación de residuos, debido a que, a diferencia de la industria, las universidades producen cantidades muy pequeñas y variables que provienen de distintas fuentes de generación y que son operadas por diferente personal (Monz y Ffiona, 2006).

En el marco de la gestión de reactivos y residuos químicos, existen avances importantes en universidades, los cuales se han fundamentado

en recomendaciones de los organismos e instituciones como EPA, PNUMA, NIOSH, OSHA y ACS, para desarrollar planes exitosos de residuos peligrosos (Mooney, 2004; National Academic Press, 1995; Pipitone, 1991). Las recomendaciones de algunos de los organismos anteriores han sido aplicadas, por ejemplo, en el programa de manejo de residuos de la Universidad de Barcelona, que incluye acciones como inventariar el tipo y la cantidad de residuos generados, así como el establecimiento de condiciones para recolección, caracterización, selección y clasificación de aquellos. Este programa clasifica los residuos según los siguientes grupos (Díaz, 2000):

- Grupo I: disolventes halogenados. Se trata de los productos líquidos orgánicos que contienen más de un 2% de algún halógeno. Por ejemplo: cloroformo y cloruro de metileno.
- Grupo II: Disolventes no halogenados. Se incluye aquí los líquidos orgánicos inflamables con menos de un 2% en halógenos. Por ejemplo: alcoholes, aldehídos, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.
- Grupo III: disoluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Es un grupo muy amplio y es imprescindible establecer subdivisiones. Los dos subgrupos más importantes son :
 - Disoluciones acuosas inorgánicas
 - Disoluciones básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico.
 - Disoluciones de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores.
 - Disoluciones de cromo VI
 - Otras disoluciones acuosas inorgánicas: reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros.
 - Disoluciones acuosas orgánicas
 - Disoluciones colorantes
 - Disoluciones con fijadores orgánicos: formol, fenol, glutaraldehído.

- Mezclas agua/disolvente: eluyentes cromatográficos, metanol/agua.
- Grupo IV: ácidos. Forman este grupo los ácidos inorgánicos y sus disoluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen).
- Grupo V: aceites. Constituido por los aceites minerales derivados de las operaciones de mantenimiento y de baños calefactores.
- Grupo VI: sólidos. En este grupo se incluyen los materiales en estado sólido tanto orgánico como inorgánico y el material desechable contaminado. Se establecen tres subgrupos:
 1. Sólidos orgánicos, como el carbón activado, el gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
 2. Sólidos inorgánicos como las sales de los metales pesados.
 3. Material desechable contaminado con productos químicos.
- Grupo VII: especiales. Se incluyen en este grupo los productos químicos sólidos o líquidos que, por su elevada peligrosidad, no han sido incluidos en ninguno de los seis anteriores y no se pueden mezclar entre sí. Ejemplos de estos son (Díaz, 2000):
 - Comburentes (peróxidos)
 - Compuestos pirofóricos: magnesio metálico en polvo.
 - Compuestos muy reactivos: ácidos fumantes, cloruros de ácidos, metales alcalinos, compuestos peroxidables, etc.
 - Compuestos muy tóxicos: tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.
 - Compuestos no identificados
 - Reactivos puros obsoletos o caducados.

Metodología

La clasificación de los residuos químicos peligrosos se enfocó en los generados y almacenados en laboratorios de docencia, investigación, extensión y venta de servicios de los Campus Omar Dengo y Benjamín Núñez de la Universidad Nacional. La población de estudio inicial fue facilitada por la Vicerrectoría Académica y la Dirección de Investigación (año 2008) y actualizada con información de unidades académicas y decanatos (año 2010). En el siguiente cuadro se hace una síntesis de la población de estudio investigada.

Cuadro 1. Población de estudio.

Unidad académica/centro/ instituto	Laboratorios ¹ (#)
Escuela de Química	16
Escuela de Medicina Veterinaria	16
Escuela de Ciencias Biológicas	9
Escuela de Ciencias Agrarias	9
Escuela de Ciencias Ambientales	1
CINAT	3
IRET	2
INISEFOR	2
OVSICORI	1
Total	58

¹ Se incluyen los de investigación, docencia, venta de servicios y extensión.

Para la generación del inventario y posterior clasificación de los residuos químicos, se realizó una solicitud formal a los/as coordinadores/as de los laboratorios. Se les entregó un formulario para que incluyeran información relacionada con el nombre del residuo generado o la descripción de este, según su contenido de reactivos químicos o

el procedimiento analítico que lo originó, así como una estimación de la cantidad mensual generada.

Recolectados los formularios, se retroalimentó la información obtenida con los/as funcionarios/as de laboratorios. Seguidamente, los residuos químicos se clasificaron en nueve clases según los grupos funcionales químicos, la compatibilidad química de estos y la factibilidad de tratamiento del residuo, los criterios de expertos/as en el tema, en sistemas de clasificación química utilizados en otras universidades del mundo y en recomendaciones de cada generador/a de residuos (coordinadores/as de laboratorio).

La clasificación de los residuos se integró en una base de datos; se identificaron sus fuentes de generación y se determinaron sus tasas de generación de los mismos. Las tasas se basaron en la cantidad de residuos almacenados (en cada laboratorio), en un periodo dado y en una estimación (por parte de los/as usuarios/as de los laboratorios) de la tasa mensual de generación de estos, según diferentes grupos funcionales químicos. Se pronosticaron solamente tasas de generación para los residuos líquidos, debido a que para el estado sólido los laboratorios no brindaron suficiente información acerca del tipo y de la cantidad acumulada que permitiera pronosticar tasas de generación representativas.

Con el sistema de clasificación y las tasas de generación, se logró desarrollar diferentes patrones de distribución y generación de residuos, en los dos principales campus de la Universidad Nacional, para el periodo comprendido entre los años 2008 y 2010.

Resultados y discusión

En los laboratorios incluidos en el estudio, se encontraron almacenados 1.237 L y 37 kg de residuos líquidos y sólidos, respectivamente (cuadro 1). Los sólidos corresponden a reactivos químicos cuyas condiciones físicas no son las óptimas para ser utilizados en los análisis o que, según criterio del/de la entrevistado/a, no son de utilidad en los laboratorios. Otros residuos sólidos corresponden a reactivos con características fisicoquímicas desconocidas, que han sido acumulados en los laboratorios a lo largo del tiempo. Los residuos líquidos estos son principalmente los resultantes de disoluciones preparadas en los múltiples análisis realizados en los laboratorios de investigación y docencia.

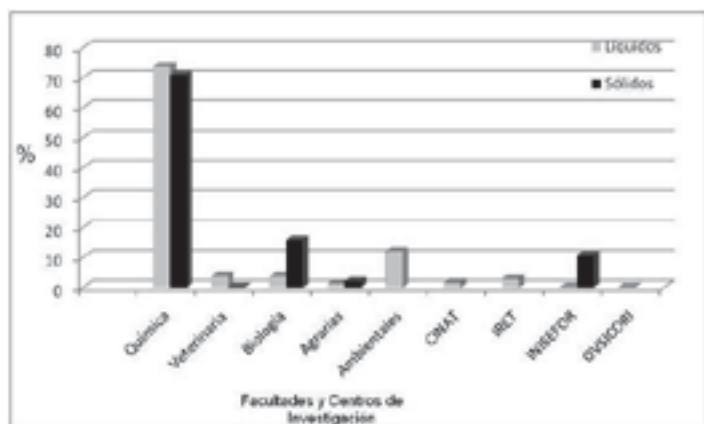
Cuadro 2. Cantidad de desechos químicos almacenados. 2008.

Unidad académica	Sólidos (kg)	Líquidos (L)
Química	25	914
Veterinaria	1	48
Biología	6	47
Agrarias	1	16
Ambientales	0	150
CINAT	0	2
INISEFOR	4	3
IRET	0	37
OVSICORI	0	3
Total	37	1.237

La mayor cantidad de residuos acumulados (figura 1) se encontró en la Escuela de Química, la cual almacena el 70% y el 72% de los residuos en estado sólido y líquido, respectivamente. En Ciencias Ambientales y Ciencias Biológicas, se

encontró el 12% (sólidos) y el 15% (líquidos) de residuos almacenados, respectivamente.

Figura 1. Distribución porcentual de la cantidad de residuos químicos inventariados.



Los residuos inventariados fueron clasificados según las clases incluidas en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Clasificación de residuos químicos, Universidad Nacional.

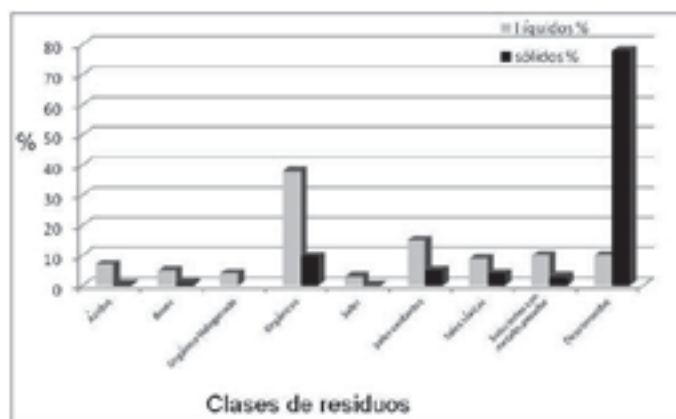
Clase	Contenido del residuo
1	Ácidos
2	Bases
3	Orgánicos halogenados
4	Orgánicos no halogenados
5	Sales
6	Sales tóxicas
7	Sales oxidantes
8	Soluciones con metales pesados
9	Desconocidos

La distribución porcentual de residuos según las diferentes clases establecidas (cuadro 1) se muestra en la figura 2. Esta distribución indica

que para el estado sólido el mayor porcentaje corresponde a los desconocidos (78%), que equivale a 36,26 kg. En cuanto a los líquidos, el mayor porcentaje correspondió a los residuos orgánicos con un 38% (470 litros).

En relación con los residuos sólidos, la Escuela de Química acumula todas las clases, mientras que las escuelas de Ciencias Agrarias y Ciencias Biológicas almacenan principalmente ácidos y sales oxidantes. En CINAT e INSEFOR solamente se almacenan residuos orgánicos y sales tóxicas. OVSICORI solo almacena sales tóxicas e IRET no presenta residuos sólidos. Existen residuos en estado sólido, almacenados, de los cuales se desconoce su composición química; estos se ubicaron en la clase de desconocidos y existen en la mayoría de los sitios de estudio.

Figura 2. Distribución porcentual de residuos químicos inventariados en la UNA.



Las clases de residuos líquidos más comunes almacenados en los diferentes laboratorios son principalmente los disolventes orgánicos, los cuales se guardan en el 100% de las unidades académicas, centros e institutos evaluados. Otros residuos almacenados en la mayoría de las áreas son los que corresponden a la clase de disoluciones con metales pesados, sales oxidantes y sales tóxicas. Residuos como disoluciones ácidas y bási-

cas se encuentran, principalmente, en los laboratorios de las escuelas de Química, Ciencias Agrarias, Ciencias Biológicas y Medicina Veterinaria.

En lo que corresponde a los resultados obtenidos respecto a las tasas de generación de residuos líquidos (cuadro 3), se observa que la clase de líquidos orgánicos representan la mayor tasa de generación, seguido de las disoluciones ácidas y sales oxidantes.

La estimación de la tasa de generación de los residuos líquidos según unidades académicas se muestra en el cuadro 4. La mayor tasa de generación la representa la Escuela de Química (90 L/mes), tasa que es muy superior respecto a Ciencias Biológicas y Ciencias Ambientales, con tasas de 15 L/mes; el resto de sitios no superan los 10 L/mes.

Cuadro 4. Tasa estimada de generación de desechos líquidos.

Residuos	Tasa de generación (L/mes)
Ácidos	25
Bases	13
Orgánicos halogenados	7
Orgánicos	47
Sales	4
Sales oxidantes	21
Sales tóxicas	12
Soluciones con metales pesados	10
Desconocidos	10
Total	149

Cuadro 5. Tasa estimada de generación mensual de residuos líquidos por unidad académica.

Unidad académica	L/mes
Química	90
Veterinaria	6
Biología	15
Agrarias	10
Ambientales	15
CINAT	3
IRET	5
INISEFOR	2
OVSICORI	9
Total	155

En el cuadro 5 se muestra la tasa de generación mensual de los residuos líquidos de acuerdo al tipo de proceso del laboratorio (docencia, investigación y venta de servicios). La mayor tasa corresponde a los laboratorios de investigación.

La determinación de la tasa de generación de residuos de los laboratorios de docencia se basó solamente en los datos de los cursos de química general I y II; no obstante, la Escuela de Química imparte por año un promedio de 13 cursos de laboratorio, por lo cual se debe esperar que esta tasa sea mucho mayor.

Cuadro 6. Tasa estimada de generación mensual de residuos líquidos por proceso. 2008.

Proceso/actividad	L/mes
Investigación	57
Docencia	30
Investigación y venta de servicios	36
Investigación, docencia, venta de servicios	13
Total	149

Conclusiones

El presente trabajo permitió inventariar y clasificar los residuos químicos almacenados en la Universidad Nacional, durante el periodo 2008-2010. La clasificación permitió identificar aquellas áreas que almacenan los mayores volúmenes de residuos químicos y el tipo de residuo segregado. Las diferentes clases, bajo las cuales se clasificaron todos los residuos, permitieron estimar diferentes tasas de generación.

Durante el periodo de estudio, se inventariaron 1.237 L y 37 kg de residuos químicos, de los cuales la mayor cantidad pertenecen a la Escuela de Química. De acuerdo con la clasificación realizada, se tiene que la mayor cantidad de residuos líquidos corresponde a los disolventes orgánicos (38%) y, de los residuos sólidos, a los clasificados como desconocidos (78%). Respecto a la tasa de generación, son los residuos líquidos orgánicos los que representan la mayor producción (47 L/mes).

Como conclusión principal, se debe indicar que el manejo adecuado de residuos químicos y su correspondiente clasificación fisicoquímica basada en el riesgo, peligro y grupos funcionales químicos, entre otros aspectos (por ejemplo el sistema utilizado en el presente trabajo), es la base para implementar un ambiente seguro de trabajo en laboratorios de centros universitarios y en la definición e incorporación de sistemas, metodologías y procedimientos adecuados para el tratamiento y disposición final de residuos. Una adecuada clasificación de todos los residuos químicos generados y/o manipulados por investigadores/as, laboratoristas, estudiantes, etc., permite minimizar y, en el mejor de los escenarios, eliminar los costos administrativos, económicos, legales, de seguridad y técnicos relacionados con la atención a emergencias químicas, sanciones legales, demandas, incapacidades laborales, etc., que son producto, principalmente, de una inadecuada

gestión de residuos químicos (Furr, 2000; Ewing, 1990; DiBerardinis et al., 2001).

En relación con lo anterior, la clasificación de residuos químicos en los laboratorios de la Universidad Nacional permite identificar y desarrollar procesos y procedimientos para la prevención del riesgo humano y ambiental, como son: 1) el desarrollo de temas de capacitación para las etapas de gestión de residuos químicos (segregación, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final), 2) la manipulación segura de residuos químicos específicos (ácidos, básicos, orgánicos halogenados, etc.), 3) la compra y mantenimiento preventivo de equipos y materiales de seguridad, 4) la aplicación de sistemas de segregación de residuos en los sitios de trabajo, 5) la inclusión de modificaciones infraestructurales en los lugares de trabajo y 6) el uso de equipo de protección personal, entre otros.

Todo lo anterior con el único objetivo de proteger la salud de los/as trabajadores/as, estudiantes y visitantes, la propiedad estructural de la institución y el ambiente circundante

Referencias bibliográficas

- Bernabei, D. (1994). Seguridad manual para el laboratorio. Alemania: Merck.
- Blanco, M. (2004). Gestión Ambiental: Camino al desarrollo sostenible. Costa Rica: EUNED.
- Chacón, M. (2000). Desarrollo de un modelo para minimizar y tratar desechos provenientes de los laboratorios químicos. (Tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Committee on Prudent Practices for Handling, Storage and Disposal of Chemicals in Laboratories, National Research Council. (1995). Prudent practice for handling hazardous chemicals from laboratories. Washington: National Academic Press.
- Díaz, N. (2000). Manual de gestión de los residuos especiales de la Universidad de Barcelona. España: Publicaciones de la Universitat de Barcelona.
- Grupo Coordinador Nacional. (2008). Perfil nacional de la gestión racional de sustancias químicas. Costa Rica: EUNA.
- Imbroisi, D. y Moraes, J. (2006). Management of chemical residues in universities: Assessing the University of Brasilia. Química Nova 29.

- IPCS. (1998). Laboratory handling of mutagenic and carcinogenic products. EE. UU.: International Programme on Chemical Safety World Health Organization.
- Ley General de Salud. (Ley 5395). (1973, 30 de octubre). La Gaceta, 222. 1973, 24 de noviembre.
- Ley Orgánica del Ambiente. (Ley 7554). (1995, 4 de octubre). La Gaceta, 215. 1995, 13 de noviembre.
- Ley sobre Riesgos del Trabajo. (Ley 6727). (1982, 9 de marzo). La Gaceta, 57. 1982, 24 de marzo.
- Martínez, J. (2005). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Uruguay: Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.
- Monz, D. y Ffiona, M. (2006). EPA's proposed Academic Laboratories Rule: A more flexible approach to the management of hazardous waste. EE. UU.: Elsevier Inc. Division of Chemical Health and Safety of the American Chemical Society.
- Mooney, D. (2004). Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach. EE. UU.: Elsevier Inc. Division of Chemical Health and Safety of the American Chemical Society.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2004). Pocket guide to chemical hazards. Ohio: NIOSH Publications.
- Phifer, R. y Mctigue, W. (1998). Handbook of hazardous waste management for small quantity generators. Lewis Publishers. Michigan.
- Pipitone, D. A. (1991). Safe storage of laboratory chemicals. EE. UU.: John Wiley & Sons, Inc.
- PNUMA, OMS, SAICM. (2007). Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional. Ginebra.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2002). Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Sexta Reunión. Ginebra.
- Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos, (Decreto 27001- MINAE). (1998, 29 de abril). La Gaceta, 101. 1998, 27 de mayo.
- Reglamento para el transporte terrestre de productos peligrosos. (Decreto 27008-MEIC-MOPT). (1998, 20 de marzo). La Gaceta, 207. 1998, 3 de julio.
- Salazar, R. y Villalobos, R. (2007). Avance en la implementación de un sistema de gestión ambiental en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tecnología en Marcha. 20-3.