

ASPECTOS AMBIENTALES EN LA EXPERIMENTACIÓN QUÍMICA PARA PREVENIR RIESGOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE

ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE CHEMISTRY TESTING TO PREVENT RISKS IN HEALTH AND THE ENVIRONMENT

María O. Peña O¹., Esperanza González Q¹., Walter Ramírez M¹., Sergio A. Franco Ch¹.
oliviaportiz@hotmail.com/esperanza_gonzal@hotmail.com/wramirez@dip.udg.mx/francochavezsergio@hotmail.com

Recibido: agosto 4, 2010 /Aceptado: octubre 28, 2011/Publicado: noviembre 7, 2011

RESUMEN. Un aspecto ambiental se considera como cualquier material o elemento físico o químico que el hombre arroja al agua, al aire y al suelo o que interactúe con el ambiente y propicie un riesgo para la salud y para el medio ambiente. Los residuos originados durante el desarrollo de actividades relacionadas con la experimentación química, aunque en una proporción menor que en un proceso industrial, ellos pueden ser residuos peligrosos al medio ambiente. Los aspectos ambientales se asocian con las actividades de generación de residuos, derrames, emisión a la atmósfera, el consumo de recursos naturales y ruido. Este estudio tuvo como objetivo proponer directrices para identificar y clasificar a los residuos que son generados en una experimentación química e introducir aspectos de seguridad para la salud y para el medio ambiente dentro de los procedimientos analíticos. Se inició con una evaluación diagnóstica sobre el conocimiento de la normativa en materia de gestión de los residuos o desechos, dirigida a técnicos y profesores que realizan actividades en ocho laboratorios para la enseñanza de la Química. Se siguió con la selección de un procedimiento analítico, como caso estudio, para revisar y aplicar estrategias de reusar, reciclar y reducir la generación de los residuos. Se encontró un desconocimiento de la normativa ambiental, representada por el 73% de los encuestados y un escaso tratamiento de residuos. Se concluye que la extensión de aspectos ambientales en los procedimientos analíticos puede ayudar a prevenir la contaminación ambiental, a fortalecer aspectos toxicológicos, de seguridad y de prevención de riesgos laborales.

PALABRAS CLAVE: Residuos, Reusar, Reciclar, Reducir, Aspectos Ambientales.

ABSTRACT. An environmental aspect is considered as any material, physical or chemical element with which man can pollute water, air or soil, can interact with the environment and is conducive to a risk in health and the environment. The residues originated during the development of activities related with the chemical experimentation, though in a minor proportion that in an industrial process, they can be dangerous residues to the environment. The environmental aspects associate with the activities of generation of residues, spillages, emission to the atmosphere, consumption of natural resources and noise. This study aims to provide guidelines to identify and classify the wastes that are generated in a chemical experiment and introduce security issues for health and the environment under test procedures. It began with a diagnostic evaluation on knowledge of the rules on waste management, aimed at technicians and teachers who are involved in eight teaching laboratories for chemistry, it was followed with the selection of an analytical procedure, as case study to review and implement strategies to reuse, recycle and reduce waste generation. A lack of environmental regulation was found, represented by 73% of the respondents and poor waste treatment. We conclude that the extent of environmental aspects in the analytical procedures can help prevent environmental pollution, strengthen toxicological aspects of safety and occupational risk prevention.

KEY WORDS: Waste, Reuse, Recycle, Reduce, Environmental Aspects.

Introducción

La conservación de un planeta habitable exige hoy en día, consumir de manera responsable los productos que satisfacen el bienestar o necesidad, requiere dar a conocer que a medida que se generen los residuos se convierten en desechos que pueden llegar a dañar al medio ambiente. Existen entre los desechos algunos materiales y residuos peligrosos que han alcanzado una mayor jerarquía y urgencia de atención, sin

¹ Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Sierra Mojada 950. Guadalajara Jalisco. México. C.P.44420. Tel 10 58 52 00 ext, 3700 (www.cucs.udg.mx)

descuidar a otros tipos de residuos que son abandonados o dispuestos de forma inadecuada, representando riesgos para el ambiente y para la salud. El marco jurídico que define las regulaciones en México contemplaba lo relativo a riesgos en el trabajo en la Ley Federal del Trabajo [1] que incluye los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores, pero faltaba considerar el daño ocasionado al ambiente, por lo que tiempo después en 1988 se promulgó Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) [2] y recientemente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) donde en el artículo 15, señala que se debe *conocer la relación que existe entre las características físicas, químicas o biológicas inherentes a los residuos que se generan y la posibilidad de que puedan causar daño a la salud, al ambiente o a los bienes entre otros señalamientos* [3].

Por otro lado de la LGEEPA se desprenden normas oficiales mexicanas (NOM) que identifican a aquellos residuos que por sus características físicas, químicas o biológicas pueden llegar a ser peligrosos al ambiente, ya que al depositarse en el suelo puede reaccionar y generar un lixiviado que contamina a mantos freáticos o cuando se encuentran en el suelo rural o urbano son arrastrados por la lluvia, propiciando problemas de contaminación en ríos y lagos o en los drenajes municipales al obstruir las tuberías. Según el informe de la Sociedad, Derecho y Medio Ambiente, integrada por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT Universidad Metropolitana y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, reportan que el 66% del agua que desemboca sobre el litoral de 780 kilómetros del Golfo de México, se encuentra contaminada [4]. También 393 estaciones de monitoreo de calidad del agua de 225 ríos reportan un índice de calidad entre 50-60 clasificándola como contaminada [5].

Una de las estrategias recomendadas por la propia legislación ambiental para minimizar los efectos adversos al medio ambiente en materia de residuos sólidos, es la de adoptar la cultura de las tres R (reusar, reciclar y reducir). Este cambio de cultura debe propiciarse desde el ámbito educativo, donde el “aprender haciendo” resulta prometedor para un cambio significativo en este sentido. Cambiar los hábitos de las personas es difícil sin embargo se puede lograr con la filosofía de “aprender haciendo” no es nada nuevo, según Carballo [6], es como siempre se ha aprendido y se sigue aprendiendo de forma relativamente inconsciente “hasta que lo hacemos, no lo sabemos realmente”, y muchas veces, tenemos que hacerlo varias veces, para realmente aprenderlo y sigue siendo el método más eficaz y más satisfactorio.

Durante el desarrollo de actividades relacionadas con la experimentación química, se originan diversos residuos que aunque en menor proporción que en los procesos industriales no dejan de ser peligrosos. Los materiales utilizados en los laboratorios químicos de práctica experimental, de investigación o de servicios, generan residuos que al desecharlos por una tarja o en recipientes de basura común pueden llegar a contaminar el agua o el suelo. Los reactivos utilizados ahora con la legislación pueden estar clasificados, según la normativa ambiental como materiales peligrosos que a su vez podrán generar cualquiera de los siguientes residuos: residuos peligrosos, residuos de manejo especial o residuos no peligrosos, que deberán tener un adecuado manejo en la disposición final para proteger al medio ambiente.

Aquello que casi nunca se observaba dentro de la experimentación química, porque en muchas de las veces sólo se contemplaba el obtener productos en una reacción, hoy en día se tiene que tomar en igual importancia y con el mismo interés tanto a los productos principales como aquellos remanentes o residuos a los cuales se deberá buscar un valor agregado o en su defecto darle un tratamiento de segregación, minimización, reducción, oxidación u otro tratamiento con el fin de cerrar el ciclo desde su origen.

Por lo anterior resulta imperativo extender los aspectos ambientales en los manuales de procedimientos analíticos, de tal manera que al realizar las actividades de laboratorio tanto el investigador, como el técnico

de laboratorio, estudiantes o cualquier otro analista, podrán adquirir una nueva cultura para proteger el ambiente interno de trabajo así como el ambiente exterior que impacte positivamente en la salud ocupacional y salud ambiental.

Se define como aspectos ambientales, según Carretero [7] a todos aquellos elementos o materiales que son utilizados o producidos en cada una de las actividades, productos o servicios, donde participa el hombre y que puedan interactuar con el ambiente propiciando riesgos. Entre los aspectos ambientales que pueden identificarse y registrarse en las actividades antropogénicas son:

- Residuales, líquidos, sólidos o gaseosos de un proceso de transformación.
- Elementos físicos o químicos que alteren la calidad del agua, el aire y el suelo.
- Consumo de materias primas y recursos naturales.
- Residuos que sean clasificados como residuos peligrosos.
- Emisiones al aire, al suelo y al agua.
- Otros aspectos ambientales, radiación, olores, ruido, vibraciones, desconocimiento de la legislación que aplica, entre otros.

Las hojas técnicas MSDS o fichas de seguridad, son una guía importante en la identificación de aspectos ambientales ya que por sus siglas en inglés (Material Safety Data Sheets) contienen datos relativos a las propiedades de las sustancias, a los procedimientos que se deban seguir para un manejo seguro y señalan aquellas propiedades que puedan ser peligrosas para la salud del hombre y para el ambiente.

Pocos trabajos se han desarrollado en este tema, donde la legislación ambiental transcurra en los procedimientos utilizados en una experimentación química, ensayo analítico o identificación y cuantificación de parámetros, que permita detectar aspectos ambientales significativos en el trabajo de laboratorio, haciendo a su vez énfasis, en la identificación de los residuos generados, en los procedimientos para la minimización, la reducción, la eliminación, el almacenamiento o disposición de los mismos, debiendo ser también una oportunidad para demostrar que la falta de seguridad personal e higiene en los laboratorios, afectan no sólo a la salud del hombre sino que también afectan a la calidad de nuestro ambiente. El objetivo de este trabajo es proponer directrices en el tema de residuos, que aborde con ello selectos puntos no antes discutidos por el investigador, profesor, estudiante o profesional de la Química, como lo es la integración de la seguridad personal e higiene química de la práctica diaria, vinculada con la seguridad y la protección del medio ambiente, según la normativa ambiental en México.

Materiales y métodos

Se inició con la investigación bibliográfica para revisar los aspectos legales, seguida de una evaluación diagnóstica sobre la gestión de los residuos generados en las prácticas de laboratorio de 15 laboratorios de la Enseñanza de la Química de un Centro Educativo, en el año de 2006, utilizando como instrumento de evaluación la aplicación de una encuesta diseñada con 14 preguntas y dos alternativas de respuesta, mismas que fueron dirigidas al técnico de cada laboratorio y de forma aleatoria a 20 de los profesores que imparten asignaturas de las Ciencias Químicas. Las respuestas fueron evaluadas con una relación porcentual. Después se seleccionó una de las prácticas del programa de Química Analítica (caso estudio), se revisó el procedimiento analítico aplicando la cultura de las 3R identificando aquellos aspectos de seguridad para la salud y para el medio ambiente. Se diseñó una matriz para reportar el resultado mismo que podrá ser adoptada como formato o prototipo para que pueda ser utilizada en el resto de las actividades practicadas en cada uno de los laboratorios.

Resultados y discusiones

Se encontró que los residuos desechados con mayor frecuencia en los laboratorios de Química Analítica son soluciones gastadas de residuos de ácidos y bases inorgánicos; residuos de ácidos y bases orgánicas y sus disoluciones; sustancias sólidas de carbonatos, sulfatos, óxidos y metales pesados, entre otros. La separación de los residuos y el almacenamiento lo hacen por el conocimiento empírico que tienen sobre el manejo de sustancias químicas, sin tomar en cuenta lo que por ley le aplica, como se puede observar en la figura 1, donde indica que el 73% de los encuestados desconoce la existencia de la Ley General del Equilibrio Ecológico (LGEEPA) y la Protección al Ambiente así como la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) así como el escaso tratamiento que le aplican a los residuos generados.

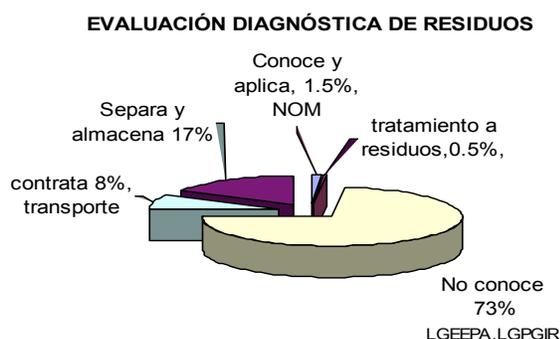


Figura 1. Evaluación diagnóstica sobre la gestión de residuos en laboratorios de enseñanza de la Química Analítica.

Para el diseño de la matriz se deberán considerar los siguientes puntos:

1. La identificación y clasificación de los residuos deberá seguir el señalamiento de la NOM-052-SEMARNAT-2005 [8], que enlista a los residuos peligrosos y a los procedimientos para su caracterización. La LGPGIR clasifica a los generadores de residuos sólidos urbanos y a los residuos de manejo especial. En esta parte se requerirá conocer el estado físico y las características físico-químicas de los componentes del residuo, así como el volumen generado.
2. Evaluación de aspectos ambientales positivos y negativos. La identificación de los residuos del punto anterior y el conocimiento del peligro de las sustancias conlleva a relacionar a la seguridad e higiene con el medio ambiente. En esta sección se resumirán las características del residuo y su efecto en la salud y en el medio ambiente.
3. Acciones de minimización. Las medidas de minimización no sólo incluyen aspectos técnicos para reducir el riesgo, sino que influyen otros aspectos como: reducción del volumen de generación, aprovechamiento de materiales, valorización del residuo, sustitución de sustancias por otras menos peligrosas, entre otros.
4. Otras medidas. En esta sección se describirán:
 - a) Medidas correctivas: se describirán otras medidas en el caso que no se pudieran seguir las medidas de minimización señaladas en el punto 3.
 - b) Medidas preventivas: se describirán las acciones para prevenir el daño a la salud, así como el daño ambiental, en esta parte se incluyen las buenas prácticas laborales y el fomento de la cultura ambiental de los que colaboran en el trabajo de laboratorio.

- c) Medidas de control: se recomienda en esta etapa describir a los equipos de control de la contaminación y disponer de una bitácora para el registro y control de residuos que habrán que disponerse en un confinamiento, así como la elaboración de un Plan de Manejo, ambos documento podrán ser requeridos por la SEMARNAT o Agencia Gubernamental del Estado, así como por la Procuraduría Estatal misma que ejercerá las atribuciones de inspección y vigilancia, ejecuciones de medidas de seguridad y sanciones administrativas.

Los aspectos ambientales encontrados dentro de la propia experimentación y aprendizaje de la enseñanza de la Química Analítica puede reportarse utilizando los formatos 1 y 2. Se tomó como ejemplo de estudio de caso a una técnica analítica para determinar la cantidad de cobre en una aleación de plata-cobre, procedimiento utilizado para la enseñanza de la Química Analítica en un Centro Educativo.

Tabla 1. Clasificación de los residuos generados en la "Determinación de cobre en una aleación de plata-cobre" del programa de Química Analítica de un Centro Educativo. Estudio de caso.

Generación de residuos durante el desarrollo de la actividad	Características del residuo peligroso (NOM-052-SEMARNAT-2005)	Acciones de minimización del riesgo ambiental.
Desecho 1	Residuo sólido tóxico de cloruro de plata	Calcinar en crisol primero en mechero y después en mufla. La ceniza puede disolverse con HNO ₃ y reusarse como sal de nitrato de plata.
Desecho 2	Residuo líquido de hidróxido de potasio con pH mayor a 7	Neutralizar con solución diluida de HCl hasta ajustar a un pH neutro y desechar por el drenaje.
Desecho 3	Residuo sólido de óxido cúprico.	Presenta una baja solubilidad en agua por lo que puede depositarse en el suelo debido a que no produce lixiviado.

Tabla 2. Identificación de aspectos ambientales en la "Determinación de cobre en una aleación de plata-cobre" del programa de Química Analítica de un Centro Educativo. Estudio de caso.

Aspectos Ambientales	Efecto en la salud	Efecto en el ambiente
Cloruro de plata	La plata por sí sola no es tóxica pero la mayoría de sus sales pueden ser cancerígenas.	Depositado en el suelo o en cuerpos de agua, inhibe el crecimiento de la flora y fauna. En los peces y animales se deposita en tejidos como metal pesado.
Hidróxido de potasio	Por ingestión causa dolor abdominal, quemaduras en boca garganta. En contacto con la piel causa ardor y quemaduras, en el caso de contacto en ojos puede causar pérdida de la visión.	Al descargar el líquido a un cuerpo receptor altera el pH del ambiente y causa desequilibrio por afectar a flora y fauna de la cadena alimentaria.
Óxido de cobre	En contacto por la piel puede ocasionar gripe y por exposición a largos períodos, irrita la nariz, boca, ojos, mareos, vómito y diarrea.	El cobre vertido en el agua forma barro, evita la oxidación de la materia orgánica. Afecta a ciertos tipos de plantas y cuando éstas son consumidas por animales (ovejas, peces etc.) puede ocurrir alteraciones en el proceso enzimático y causar el envenenamiento por cobre.

Toxicología Fundamental [9]. Hojas técnicas de seguridad MSDS [10].

La Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (30 Noviembre 2006), aprueba el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [11] señala la clasificación de residuos como sigue: residuos peligrosos, residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos e incorpora el manejo integral de residuos incluyendo el registro y aprobación de planes de manejo para residuos peligrosos y de manejo especial, cuando el volumen de la generación corresponda a más de diez toneladas por año, categoría de “gran generador” (mayor de 23.5 kg/día). La información mínima que debe llevar un plan de manejo se detalla en el formato 3.

Tabla 3. Puntos a desarrollar en un plan de manejo de residuos de acuerdo a la LGPGIR, 2003.

Sección	Contenido
1	Tipos y volúmenes de residuos peligrosos que se generan en el laboratorio.
2	Almacenamiento temporal de los residuos peligrosos dentro del laboratorio.
3	Prestadores de servicios de transporte de los residuos peligrosos.
4	Recicladores o coprocesadores de materiales peligrosos reciclables.
5	Tratamiento de residuos peligrosos.
6	Confinamiento controlado receptor de residuos peligrosos.
7	Retorno de productos al final de su vida útil al productor.
8	Medidas internas para reducir la generación de residuos peligrosos o aprovecharlos internamente.
9	Medidas internas para prevenir o atender contingencias.

Si el volumen generado de residuos es menor a 400 kg/año, la categoría que le corresponde es “micro-generador” y si es mayor de 400 kg/año pero menor de 10 ton/año, será “pequeño generador”. Cualquiera que sea la categoría del generador de residuos, deberá dar cumplimiento a las obligaciones señaladas en el Capítulo IV del Reglamento de la LGPGIR. Algunas de estas categorías podrán corresponder a los laboratorios químicos y deberán identificarse los aspectos ambientales significativos. Los diagramas de flujo de los procedimientos analíticos de las actividades del laboratorio químico, ya sea de servicio, de investigación o para la enseñanza de la Química, podrán ser modificados para incluir los aspectos ambientales. La Figura 2, describe el procedimiento que de forma general se sigue en el caso estudio y la Figura 3, propone que en el mismo diagrama de flujo, se registre la extensión de aquellos aspectos ambientales más significativos, como en este caso, resultaron ser tres desechos.

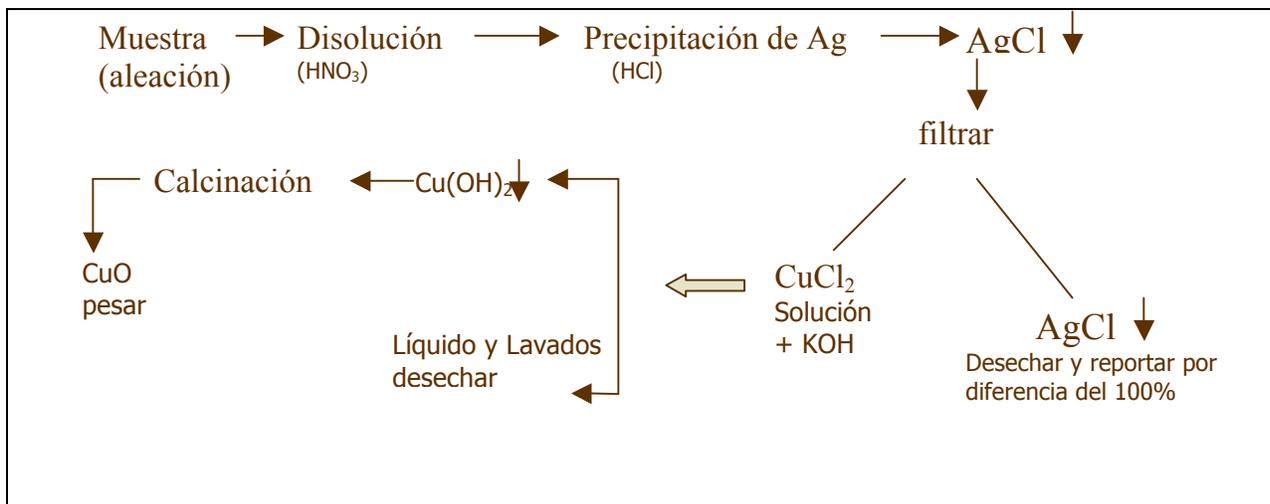


Figura 2. Diagrama de flujo que se sigue el procedimiento común.

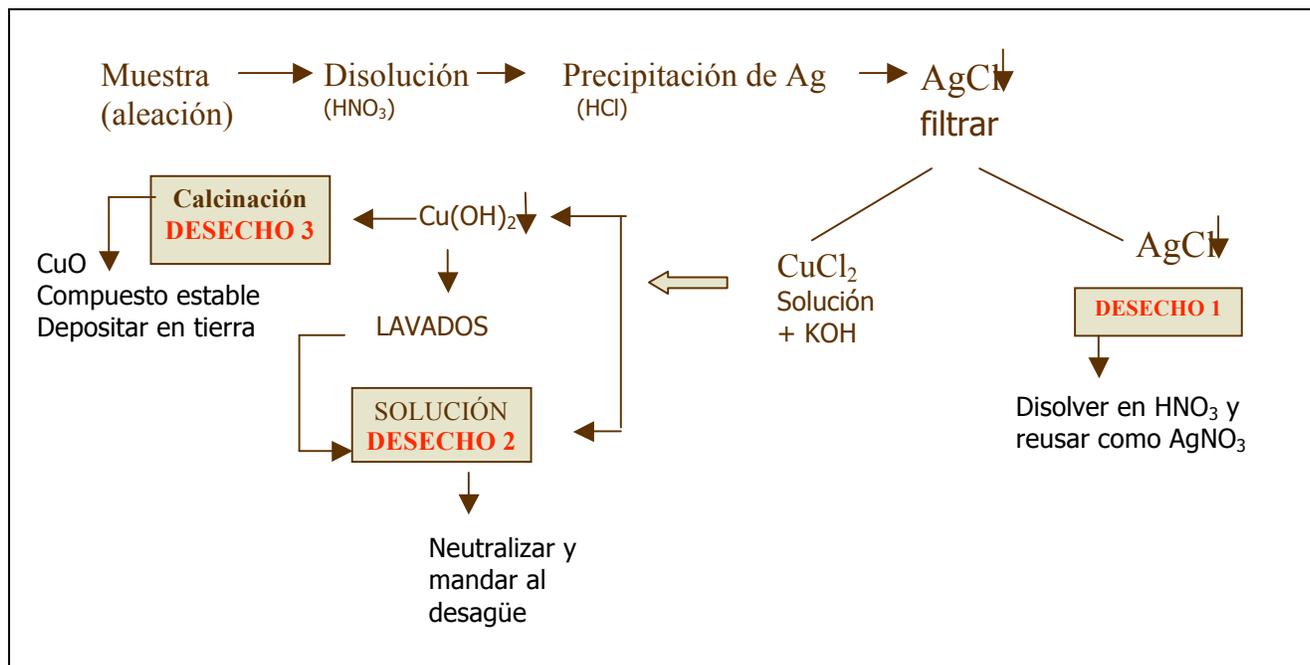


Figura 3. Diagrama de flujo propuesto con la extensión de aspectos ambientales.

Conclusiones

Se concluye que hacer la extensión de aspectos ambientales en la experimentación química, con base en la legislación ambiental, puede prevenir la contaminación del medio ambiente, al identificar el componente del residuo y buscar la reducción del volumen de la generación de éste, hasta llegar al “cero desecho” o dar tratamiento al residuos ya sea para reutilizarlo o disponerlo como residuo no peligroso. Esta estrategia considerada como cultura de las “3R” fortalece al mismo tiempo, la prevención de riesgos, los aspectos toxicológicos y de seguridad, tanto en el manejo de materiales como en el manejo de los residuos que se generen durante el desarrollo de los procedimientos analíticos.

Recomendaciones

Se recomienda fomentar la capacitación en materia de residuos a todos aquellos profesionales que tengan actividades relacionadas con la experimentación química, ya que se percibe una confusión y una falta de conocimiento de la normativa ambiental, propiciando un mal manejo de residuos. Otros residuos no abordados en este estudio que deben ser considerados para su control, son aquellos otros materiales que cumplen su ciclo de vida, como son pilas, termómetros, sensores y material caduco, entre otros.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara por las facilidades y el apoyo brindado.

Referencias

1. Ley Federal del Trabajo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 01 de abril de 1970.
2. LGEEPA. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 1 de Marzo de 1988.
3. LGPGIR. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 8 de Octubre de 2003.
4. INE (2000). Instituto Nacional de Ecología. www.ine.gob.mx.
5. SEMARNAT (1999). Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales. www.semarnat.gob.mx.
6. Carballo Roberto (2006). Aprender haciendo. II Encuentro sobre experiencias grupales innovadoras en la docencia universitaria. Recurso electrónico. Centro de Estudios Superiores Felipe II, editor Universidad Complutense, Madrid.
7. Carretero Peña Antonio (2007). “Aspectos Ambientales. Identificación y Evaluación”, primera edición. Madrid, España, p 223.
8. NOM-052-SEMARNAT- 2005. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día del año 1993 y actualizada el día del año 2005.
9. Repetto Jiménez Manuel y Repetto Kuhn Guillermo, 2009. Toxicología Fundamental. Ediciones Díaz de Santos pp 565.
10. Hojas técnicas de seguridad MSDS Material Safety Data Sheets (www.fichasdeseguridad.com)
11. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión (30 Noviembre 2006). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: (http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR.pdf); Consultado 05 Agosto 2010.