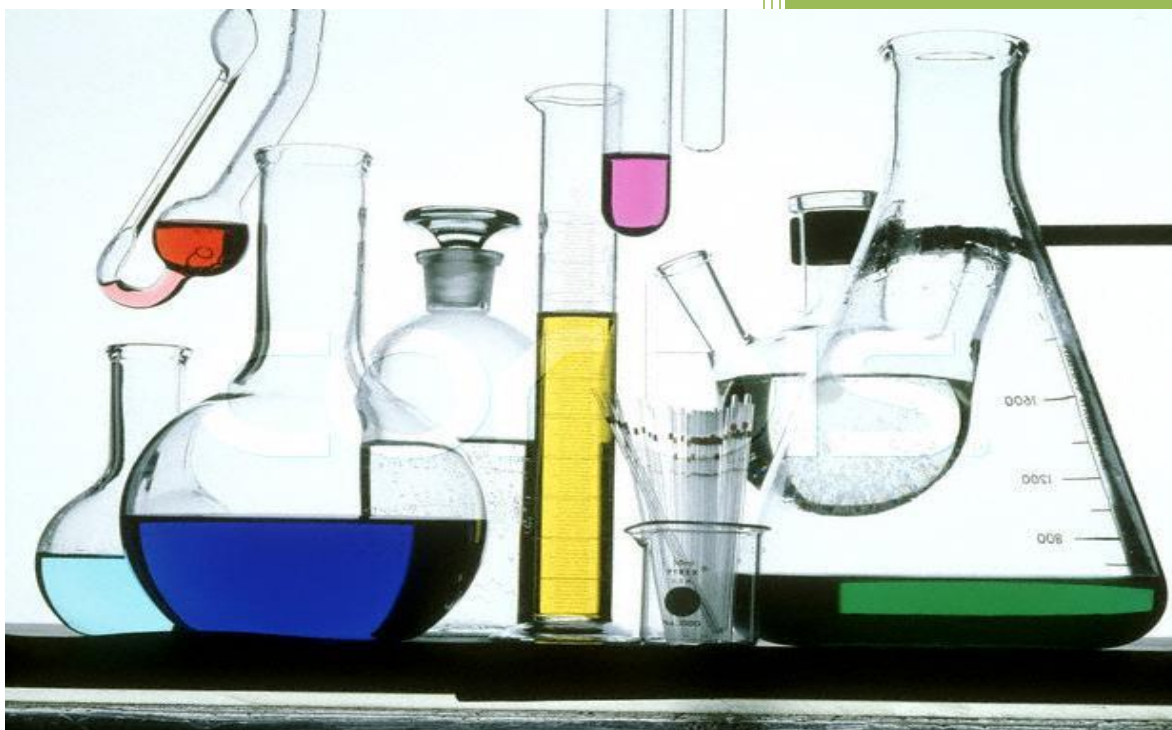




MANUAL DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA BÁSICA



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
INGENIERÍA QUÍMICA
INGENIERÍA AMBIENTAL
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA
INGENIERÍA PETROLERA
CAMPUS COATZACOALCOS

Autor: Roxana M. Chavez Vargas
Asesor: Dra. Mirza Ema Ye Gómez

2018



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 7 |
| INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 10 |
| CAPÍTULO 1: MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO..... | 11 |
| 1.1. Manejo de Residuos Peligrosos..... | 12 |
| 1.1.1. Antecedentes..... | 12 |
| 1.1.2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos..... | 14 |
| 1.1.3. Tratados y Convenios internacionales..... | 14 |
| 1.1.4. Leyes..... | 16 |
| 1.1.5. Reglamentos..... | 17 |
| 1.1.6. Normas..... | 18 |
| 1.1.7. Fortalezas y debilidades de la regulación jurídica en materia de Residuos Peligrosos..... | 18 |
| 1.2. Residuos Peligrosos..... | 19 |
| 1.2.1. Concepto de Residuos Peligrosos..... | 19 |
| 1.2.2. ¿Cómo saber cuándo un residuo es peligroso?..... | 22 |
| 1.2.3. Clasificación y responsabilidades de los generadores de Residuos Peligrosos..... | 22 |
| 1.2.4. Plan de Manejo de Residuos Peligrosos..... | 23 |
| CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA BÁSICA..... | 29 |
| 2.1. Descripción del personal, usuarios e instalaciones de los Laboratorios de Química Básica..... | 30 |
| 2.2. Manejo de los residuos..... | 33 |
| 2.3. Situación actual de los Residuos Peligrosos..... | 35 |
| 2.3.1. Descripción de la generación..... | 35 |
| 2.3.2. Descripción de la recolección..... | 36 |
| 2.3.3. Descripción del etiquetado..... | 37 |
| 2.3.4. Descripción del almacenamiento..... | 38 |
| 2.3.5. Descripción de la disposición final..... | 40 |



| | |
|---|-----------|
| 2.4. Análisis FODA de los Laboratorios de Química Básica..... | 42 |
| CAPÍTULO 3: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA BÁSICA..... | 47 |
| 3.1. Datos del generador..... | 48 |
| 3.2. Identificación y clasificación de los Residuos Peligrosos | 48 |
| 3.2.1. Identificación..... | 49 |
| 3.2.2. Clasificación y características de peligrosidad..... | 49 |
| 3.2.3. Bitácora y resultados | 50 |
| 3.3. Objetivos | 52 |
| 3.3.1. Objetivo general..... | 52 |
| 3.3.2. Objetivos específicos..... | 52 |
| 3.4. Modalidad del Plan de Manejo | 52 |
| 3.5. Procedimientos para el Manejo de Residuos Peligrosos..... | 52 |
| 3.5.1. Equipo de seguridad..... | 52 |
| 3.5.2. Recolección | 53 |
| 3.5.3. Envasado..... | 54 |
| 3.5.4. Etiquetado | 54 |
| 3.5.5. Almacenamiento | 56 |
| 3.5.6. Caracterización y registro en bitácoras..... | 57 |
| 3.6. Área de almacenamiento temporal | 57 |
| 3.6.1. Condiciones de almacenamiento en áreas cerradas para Residuos Peligrosos | 61 |
| 3.7. Disposición final de los Residuos Peligrosos | 63 |
| 3.8. Valorización y alternativas de manejo de Residuos Peligrosos..... | 64 |
| 3.8.1. Valorización | 64 |
| 3.8.2. Minimización..... | 65 |
| 3.9. Tratamientos | 65 |
| 3.9.1. Neutralización para ácidos y bases | 66 |
| 3.9.2. Destilación de hidrocarburos halogenados..... | 67 |
| 3.9.3. Nitritos en solución acuosa..... | 67 |
| 3.9.4. Oxidación – reducción | 67 |
| 3.9.5. Incineración | 67 |



| | |
|---|----|
| 3.9.6. Solventes formadores de peróxidos | 68 |
| 3.9.7. Vertidos | 69 |
| 3.10. Responsabilidad compartida..... | 69 |
| 3.10.1. Coordinadora..... | 69 |
| 3.10.2. Técnicos académicos..... | 70 |
| 3.10.3. Laboratoristas..... | 70 |
| 3.10.4. Prestadores de Servicio Social..... | 70 |
| 3.10.5. Alumnos | 71 |
| 3.11. Medidas para prevenir y contender contingencias..... | 71 |
| 3.11.1. Prevención en caso de derrames..... | 71 |
| 3.11.2. Primeros auxilios | 71 |
| 3.11.3. Botiquín..... | 73 |
| GLOSARIO..... | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA | 78 |
| ANEXOS | 83 |
| Clasificación de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002..... | 83 |
| Tabla 2: Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. | 84 |
| Incompatibilidades entre grupos químicos..... | 95 |
| Apéndice F de de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo | 96 |
| Tablas A.1, E3, E4, F.1 y apéndice F de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo | 98 |



ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| CUADRO 1 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos Peligrosos | 23 |
| CUADRO 2 Obligaciones de los Generadores de Residuos Peligrosos de acuerdo a su categoría..... | 27 |
| CUADRO 3 Personal y usuarios de los Laboratorios de Química Básica | 33 |
| CUADRO 4 Matriz FODA respecto al manejo de Residuos Peligrosos de los Laboratorios de Química Básica | 46 |
| CUADRO 5 Datos de los Laboratorios de Química Básica | 48 |
| CUADRO 6 Generación de Residuos Peligrosos en los LQB 2015 | 51 |
| CUADRO 7 Caracterización de grupos químicos generados en los LQB | 58 |
| CUADRO 8 Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT..... | 94 |
| CUADRO 9 Criterios de clasificación de grados de riesgo a la salud (Tabla F.1).... | 98 |
| CUADRO 10 Criterios de clasificación de grados de riesgo de inflamabilidad (Tabla E.3)..... | 99 |
| CUADRO 11 Criterios de clasificación de grados de riesgo de reactividad (Tabla E.4) | 100 |
| CUADRO 12 Colores de fondo y colores contraste (Tabla A.1)..... | 100 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Laboratorio de Química Básica 1 | 35 |
| Figura 2 Almacén de reactivos químicos de los Laboratorios de Química Básica..... | 35 |
| Figura 3 Recolección de residuos | 40 |
| Figura 4 Etiquetado de un Residuo Peligroso | 42 |
| Figura 5 Etiquetado para residuos químicos generados en los LQB I y II | 55 |
| Figura 6 Recipientes para almacenamiento de residuos peligrosos en el lugar de generación | 56 |
| Figura 7 Formato de registro de residuos peligrosos | 60 |
| Figura 8 Almacén temporal de Residuos Peligrosos | 62 |
| Figura 9 Incompatibilidades entre grupos químicos | 95 |
| Figura 10 Ejemplo de identificación del modelo rombo | 97 |



RESUMEN

La falta de buenas prácticas en el manejo de residuos generados en los Laboratorios de Química Básica I y II conlleva no solo a un problema medioambiental sino que propicia un alto riesgo de trabajo en los laboratorios; como solución a lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se realizó el diseño de un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos adecuado al volumen y peligrosidad de los desechos químicos generados en los laboratorios en cuestión, considerando como prioridad su manipulación y disposición final de manera ambientalmente sensata con el menor riesgo posible. Para lograrlo se recopiló información del marco jurídico ambiental vigente correspondiente a residuos peligrosos así como metodologías respecto al manejo integral de desechos químicos formados en laboratorios universitarios, así mismo se efectuó un diagnóstico de la recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento y disposición final de los mismos a través de entrevistas, inventario de residuos y visitas al sitio de interés.



INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas ha surgido una gran preocupación ambiental por los problemas que originan los residuos y la experiencia ha demostrado que para lograr un manejo adecuado de los residuos químicos es imprescindible una infraestructura que facilite tomar las acciones necesarias (Osicka, Benítez, & Jiménez, 2009). En sentido general, un producto se convierte en residuo en el momento en que su productor o poseedor lo destina al abandono (Armentia, 2008).

La cultura ambiental hoy por hoy ha tomado un giro importante pues debido a los problemas que han transcurrido por la falta de conciencia ambiental se han adoptado medidas necesarias para mitigar estos impactos. Un área específica que necesita ser estudiada y puntualizada son los desechos químicos generados en los laboratorios universitarios, la principal desventaja que estos presentan es su volumen reducido, en comparación con los residuos peligrosos formados en la industria; por lo tanto, pese al volumen de generación, se requiere un plan de manejo que cumpla con los principios ambientales, económicos y sociales haciendo de este un sistema de manejo sustentable.

Todos los residuos químicos presentan diferentes tipos de peligrosidad para las personas o el medio; por ello es importante poder clasificar las sustancias de acuerdo a los riesgos que presentan estas, para así poder manipularlas y almacenarlas de la manera más apropiada (Vargas, 2010). El adecuado manejo de los residuos o desechos peligrosos adquiere importancia por los impactos potenciales asociados a su manejo, poniendo de manifiesto la necesidad inicial de formular un programa de gestión integral de residuos y/o desechos peligrosos (Mejía, 2010).

Los instrumentos legales que regulan el manejo de residuos peligrosos son principalmente: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos y el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; dichos instrumentos contienen los criterios y listados que identifican y clasifican los residuos peligrosos por su grado de peligrosidad, considerando sus características y volúmenes, además, habrán de diferenciar aquellos de alta y baja peligrosidad. Las normas oficiales mexicanas establecen los requisitos para el etiquetado y envasado de materiales y residuos peligrosos, así como la evaluación de riesgo e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo, particularmente tratándose de sustancias químicas.



Un Plan de Manejo es un instrumento que tiene por objeto minimizar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los que se generan, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (SEMARNAT, 2012). La LGPGIR prevé en su artículo 27 fracción II, que uno de los fines de los planes de manejo es “Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan”; así mismo, se han establecido disposiciones relativas a las “condiciones particulares de manejo” para ciertos residuos peligrosos en su Reglamento y en la NOM-052-SEMARNAT-2005 (Cortinas de Nava, 2010).

Los Laboratorios de Química Básica fueron creados aproximadamente en el año de 1975, para entonces no se tenía una legislación precisa en el área de residuos peligrosos generados por laboratorios universitarios por lo que no existía la necesidad de establecer manuales de manejo y disposición final de residuos químicos peligrosos; la manipulación, manejo y disposición final de los residuos generados en los Laboratorios de Química Básica progresaron proporcionalmente al sistema jurídico ambiental sin embargo por el escaso volumen de residuos ha pasado desapercibida la importancia de la implementación de un plan de manejo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas.



JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a las características CRETIB de los residuos químicos de interés y con base en los artículos 9 fracción V, 10 fracción VII y 30 fracción III y fracción IV de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los cuales exponen los compromisos estatales y municipales respecto a residuos peligrosos generados o manejados por micro generadores y tomando como referencia el artículo 30 fracción III y fracción IV de la LGPGIR que los residuos que contengan sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables o que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales, deberán estar sujetos a planes de manejo, se justifica el presente trabajo con el fin de minimizar la generación de residuos peligrosos bajo criterios de eficiencia ambiental, social y económica a través de principios de responsabilidad compartida y manejo integral.



CAPÍTULO 1:

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

EN MÉXICO



1.1. Manejo de Residuos Peligrosos

1.1.1. Antecedentes

La respuesta de la sociedad a los problemas ambientales ha dado pie al surgimiento de una nueva disciplina jurídica, a la cual se le ha denominado Derecho Ambiental, Derecho del Ambiente, Derecho del Entorno y Derecho Ecológico tal como lo menciona Eduardo Pigretti (1979); la evolución de esta especialidad ha resaltado en la última década permitiendo dar soluciones a los conflictos ecológicos haciendo uso de las nuevas tecnologías. México se estructura bajo tres niveles gubernamentales: el federal, estatal y municipal; en cuestiones de materia ambiental resulta esencial identificar cada uno, sus líneas de acción y limitaciones. A continuación se describe de manera breve el desarrollo del Derecho Ambiental en México:

- Es el 23 de marzo de 1971 cuando en México surge la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFCPCCA), siendo este el primer fundamento jurídico que hiciera referencia a los residuos a través de la prevención y control de la contaminación de los suelos. Dicha ley estaba encauzada a criterios de salud.
- En enero de 1971, se reformó la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 73 fracción XVI 4ª, que se otorga al Consejo de Salubridad General las facultades necesarias para dictar las medidas para prevenir y combatir la contaminación ambiental (García Saavedra, 1997).
- 11 años más tarde, el 11 de enero de 1982, la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA) abrogó la LFCPCCA, dicha ley profundizó más en temas como la protección ambiental pues hasta esa fecha la solución a esa problemática era vista en el rubro de salubridad, tal es el caso del Código Sanitario estipulado en 1973.
- En lo correspondiente a residuos, es en 1983 cuando se modifica el artículo 115 constitucional y se otorga la competencia a los municipios para la prestación de servicios públicos.
- Como parte de la necesidad de prevenir, controlar y remediar la contaminación ambiental y por la constante evolución del derecho ambiental, la LFPA es abrogada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en el año de 1988, y se expidieron reglamentos en materia de



impacto ambiental, residuos peligrosos, prevención y control de la contaminación atmosférica, entre otros.

- En 1996 a través de una modificación se definen con mayor claridad las competencias y funciones de los diferentes órdenes de gobierno en materia de residuos.

Dentro del proceso de desarrollo del marco legal ambiental mexicano la participación de los ciudadanos ha resultado ser un elemento fundamental, tal es el caso del Dr. Raúl Brañes Ballesteros (1934 – 2004) quien en 1987 publica su Manual de Derecho Ambiental Mexicano en el cual expone la necesidad de reformar la constitución adecuando dentro de esta un esquema de competencias ambientales en las cuales la federación, las entidades federativas y los municipios garantizarán la aplicación de los principios constitucionales, en materia de prevención y combate a la contaminación (Art. 73 F. XVI base 4ª.), la restauración y preservación del equilibrio ecológico (Art. 27), el derecho a la protección de la salud (Art. 4º.); las reformas propuestas se visualizaron en los artículos 27 y 73 incorporando el 10 de agosto de 1987 la fracción XXIX – G al artículo 73. La iniciativa del doctor en cuestión fue atendida por la federación y se refleja en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

En 1971 con la reforma al artículo 73 fracción XVI 4ª, otorga al Consejo de Salubridad General las facultades necesarias para dictar las medidas para prevenir y combatir la contaminación ambiental. En mayo de 1980, con fundamento en las disposiciones anteriores, se crean tres órganos que compartían una única misión: Protección al ambiente; los tres órganos fueron: el Consejo de Salubridad, la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental y la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Pero es en 1994 cuando surge la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), esta reglamentaba las actividades regulatorias en materia de protección al ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El 30 de noviembre del año 2000 SEMARNAP cambia a SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales); se derivan cinco organismos desconcentrados:

- 1) Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- 2) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
- 3) Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
- 4) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
- 5) Instituto Nacional de la Pesca (INP)



1.1.2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

“La base del sistema jurídico mexicano se encuentra en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. De esta norma fundamental -promulgada el 5 de febrero de 1917 por el Congreso Constituyente- derivan las normas jurídicas específicas, siguiendo una jerarquización tal, que cada una valida y fundamenta a otra inferior, y ésta a su vez da origen a otra u otras (INECC, 2005)”.

Referenciados en la pirámide de Kelsen como un método jurídico estricto podremos decir que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) resulta ser el nivel fundamental sobre el que se deriva todo tipo de legislación incluido de los aspectos medio ambientales; siendo el párrafo quinto del artículo 4º constitucional el primero en relacionar la protección al medio ambiente con el derecho a la salud tras la reforma de abril de 1999 y si bien no especifica en lo absoluto la cuestión de residuos si profundiza en protección al ambiente y menciona que “el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto en la ley” pero sin especificar sanciones para los responsables (Diario Oficial de la Federación, 1999).

En el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 3 de febrero de 1983, se adicionó y reformó el artículo 115 constitucional con el fin de dar una transformación al régimen municipal. El inciso c, párrafo tercero del artículo 115 constitucional establece que es de competencia municipal la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos. Como se mencionaba anteriormente, si bien la CPEUM no profundiza en materia de residuos, de ella se derivan leyes que se especializan en el tema tal es el caso de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

1.1.3. Tratados y Convenios internacionales

“Con el objeto de ayudar a los gobiernos a incrementar la seguridad en relación con los productos químicos, mediante un intercambio activo de información científica, técnica, económica y jurídica, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) adoptó las Directrices de Londres en 1987 y estableció el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) que regula el comercio de productos químicos que hayan sido prohibidos o rigurosamente restringidos. El PNUMA, a través del Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPQT), creado en 1976, es la



instancia que promueve la instrumentación del CFP y el responsable de elaborar la lista de sustancias prohibidas o severamente restringidas que será la base del procedimiento de notificación (INECC, 2007)”.

1.1.3.1. Protocolo de Montreal

En 1987 surge el Protocolo de Montreal sentando las bases para la reducción de la utilización de clorofluorocarbonos (CFC) entrando en vigor en 1989 y posteriormente modificándose en el año de 1990 añadiendo nuevas sustancias químicas para su control y estableciéndose un fondo multilateral con fines de asistencia técnica y transferencias de tecnología. Dentro de las obligaciones que adquirieron los estados participantes están: Los países signatarios se obligan a eliminar para el año 2000, la producción y consumo de las sustancias controladas: clorofluorocarbonos, bromofluorocarbonos, tetracloruro de carbono, y tricloroetano.

1.1.3.2. Convenio de Basilea

Controlar los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos, y brindar protección particular a los países en desarrollo, así como promover su disposición final adecuada son los objetivos del Convenio de Basilea, adoptado por 116 Estados, incluyendo a México, en marzo de 1989.

Entre las disposiciones más sobresalientes del Convenio se encuentran las siguientes (INECC, 2007):

- La generación de desechos peligrosos, así como sus movimientos transfronterizos deberán reducirse al mínimo. Los desechos deberán eliminarse, en lo posible, dentro del territorio donde se generan.
- Las partes no deberán importar y exportar desechos peligrosos a un país que no sea parte del Convenio.
- El Estado exportador no permitirá que se empiece un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, hasta que se haya recibido por escrito el consentimiento del Estado importador.
- El Estado responsable de un movimiento ilícito de desechos peligrosos tiene el deber de reimportar los desechos, para su disposición ambientalmente racional.



1.1.3.3. Organización Internacional del Trabajo

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) creada en 1919, ha publicado varios convenios y recomendaciones, con relación a la prevención de riesgos asociados con el manejo de los productos químicos en el ambiente laboral, destacando en la materia los siguientes:

- Relacionados al ambiente de trabajo donde se utilice plomo (Rec. No. 4, 1919).
- El benceno (Conv. No. 136 y Rec. No.144, 1971).
- Del medio ambiente de trabajo contaminado (Conv. No. 148 y Rec. No. 156).
- De la necesidad de información y educación a todos los niveles.
- Utilización de los productos químicos en el trabajo (No. 177, 1990), donde se especifican los aspectos a considerar en la clasificación de los productos químicos, en el etiquetado y marcado, en la elaboración de las fichas de datos de seguridad.

1.1.4. Leyes

1.1.4.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

En las leyes ambientales se encuentran tanto prohibiciones como mandatos para garantizar la protección y conservación del entorno. En materia federal es la LGEEPA la que se encarga de legislar todo principio medioambiental. La LGEEPA se deriva de la CPEUM en las disposiciones que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

El capítulo VI: Materiales y residuos peligrosos que se ubica en el Título cuarto: Protección al ambiente en la LGEEPA, hace hincapié al manejo y disposición final de los residuos peligrosos así como los programas que la Secretaría, en este caso la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, deberá poner en marcha con el objeto de prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como utilizar su reuso y reciclaje; y atendiendo este punto se realiza el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.



1.1.4.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

El régimen jurídico de la protección ambiental y de la gestión de los residuos en México contempla diversos instrumentos para evitar que los residuos contaminen, establecidos fundamentalmente en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Se trata de programas para la prevención y gestión integral de los residuos en los tres niveles de gobierno; de los planes de manejo (privados, mixtos; individuales, colectivos; o nacionales, regionales o locales); los sistemas de manejo ambiental de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF) (Ugalde, s.f.).

Tal cual la tecnología, industria y sociedad han evolucionado, el marco regulatorio ecológico también se ha desarrollado haciendo frente a las nuevas necesidades de prevención, control y remediación ambiental así como las respectivas sanciones. Promulgada el 8 de octubre de 2003 y basada en el artículo 4º constitucional, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se divide en 7 títulos, siendo el de especial interés para efectos de estudio el Título Quinto: Manejo Integral de los Residuos Peligrosos, el cual comprende 7 capítulos que se vislumbran desde su generación hasta la importación y exportación de residuos peligrosos.

1.1.5. Reglamentos

Un reglamento es una norma jurídica de rango inferior a la ley dictada por un órgano que tiene atribuida potestad reglamentaria. Los reglamentos no pueden regular materias reservadas a la ley ni infringir normas con dicho rango (Diccionario Jurídico de Derecho, 2014).

En el tema de reglamentos con especialidad en residuos podemos citar los siguientes:

- Reglamento para el transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos;
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (RLGEEPA);
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).



1.1.6. Normas

“A partir de la entrada en vigor de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) (16 de julio de 1992), se hizo necesario replantear todas las normas técnicas obligatorias (incluyendo las ambientales y las sanitarias), publicadas previamente en nuestro país. Con las modificaciones derivadas de la nueva LFMN, las Normas Técnicas Obligatorias dejaron de ser vigentes en el curso del mes de octubre de 1993 con el propósito de armonizar los procedimientos para su elaboración y de que reflejen los intereses de diversos sectores involucrados (INECC, 2005)”.

Citando el art. 150 de la LGEEPA: “La Secretaría en coordinación con las dependencias a que se refiere el presente artículo, expedirá las normas oficiales mexicanas en las que se establecerán los requisitos para el etiquetado y envasado de materiales y residuos peligrosos, así como para la evaluación de riesgo e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo, particularmente tratándose de sustancias químicas”, las normas en materia de residuos peligrosos que la Secretaría ha expedido se citan a continuación en el Cuadro 1.

1.1.7. Fortalezas y debilidades de la regulación jurídica en materia de Residuos Peligrosos

“Se han identificado como fortalezas de la legislación en materia de residuos las siguientes:

- Clasificación de los tipos de residuos y existencia de sistemas de regulación aplicables a cada uno de estos tipos de residuos.
- Clasificación de los generadores de residuos por volumen de generación y tipo de residuo, así como la especificación de las responsabilidades y obligaciones de cada uno.
- Señalamiento de las obligaciones de los administradores de sistemas de manejo de los residuos peligrosos y de sanciones ante su incumplimiento.
- Establecimiento de la creación de un Sistema Nacional de Información sobre los residuos.



- Desarrollo de un programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos.
- Incorporación de principios innovadores, como el concepto de “el que contamina paga”.
- La facultad de los municipios para establecer modelos tarifarios para el financiamiento de la gestión integral de los residuos, así como la facultad de los estados para regular los modelos tarifarios utilizados por los municipios.

En cuestión de debilidades, se puntualizan las siguientes:

- Insuficientes fundamentos constitucionales referentes al tema de residuos.
- Carencia relativa de regulación jurídica local en el tema.
- Carencia de acción pública para impugnar ante el poder judicial la inactividad o actividad ilegal de las autoridades competentes en materia de residuos.
- Carencia de un sistema jurídico para reclamar la reparación de daños ambientales.

Es conveniente destacar lo concerniente a la distribución de competencias. Ésta, en su mayoría, ha surgido con base en criterios establecidos por el Gobierno Federal, el cual no siempre considera las circunstancias estructurales, sociales y económicas de los gobiernos locales por lo que en algunos casos, los limita para ejercer dicha competencia (INECC, 2007) ”

1.2. Residuos Peligrosos

1.2.1. Concepto de Residuos Peligrosos

Antes de abordar el tema de residuos peligrosos es necesario entender qué es un residuo, de acuerdo al artículo 3º párrafo XXXII de la LGEEPA un residuo es:



“Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

Mientras que en la LGPGIR en su artículo 5° párrafo XXIX un residuo es:

“Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos; y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven”.

CUADRO 1 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Residuos Peligrosos

| | |
|-----------------------|---|
| NOM-052-SEMARNAT-2005 | Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos |
| NOM-053-SEMARNAT-1993 | Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente |
| NOM-054-SEMARNAT-1993 | Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. |
| NOM-055-SEMARNAT-2003 | Establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados |
| NOM-056-SEMARNAT-1993 | Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos |
| NOM-057-SEMARNAT-1993 | Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos |
| NOM-058-SEMARNAT-1993 | Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos |
| NOM-133-SEMARNAT-2000 | Establece la protección ambiental-Bifenilos policlorados (BPC's)-Especificaciones de manejo |
| NOM-098-SEMARNAT-2002 | Establece la protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes. |

Fuente: (SEMARNAT, 2012).



Como se observa la LGEEPA no hace distinción entre material o producto a comparación de la LGPGIR sumando a esto la LGPGIR no solo refiere entre un producto o material sino que alude entre su estado físico, contenedor, valorización y aprovechamiento. Para comprender de manera clara ambos conceptos de residuos se definen a continuación:

- **Aprovechamiento de los Residuos:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.
- **Material:** Sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y de los residuos que éstos generan.
- **Valorización:** Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

En su artículo 3° párrafo XXXIII de la LGEEPA un residuo peligroso se define como:

“Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.”

Mientras que en la LGPGIR en su artículo 5 párrafo XXXII los residuos peligrosos son:

“Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieren en otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley”.

El concepto abordado por la LGEEPA complementa al mencionado por la LGPGIR y ambos dan a conocer que aquellos productos o materiales que se reutilizan, al no ser desechados, no se considerarán como residuos sujetos a control siempre y cuando estén sometidos a planes de manejo que tengan por objeto reducir su generación y llevar a cabo su valorización.



1.2.2. ¿Cómo saber cuándo un residuo es peligroso?

Los residuos pueden considerarse como peligrosos atendiendo a enfoques distintos (Cortinas de Nava, 2007):

- Por definición, tratándose de aquellos contenidos en los listados comprendidos en la norma citada y que derivan de diferentes fuentes, procesos o productos desechados.
- Mediante caracterización, atendiendo a sus propiedades CRETIB, tres de las cuales pueden comprobarse mediante pruebas directas de laboratorio (corrosividad, reactividad e inflamabilidad); ya que la toxicidad se determina mediante una prueba indirecta de lixiviación (y no por estudios de capacidad tóxica) que permite cuantificar la presencia en los residuos de las sustancias tóxicas contenidas en el listado correspondiente incluido en la NOM-052-SEMARNAT-2005 para conocer si rebasan los límites máximos establecidos en él.
- Resultado de mezclas, derivar de distintas modalidades de manejo o por contaminación de equipos y construcciones que involucren a residuos peligrosos.

Algunos ejemplos de residuos peligrosos son los que se citan a continuación (Fernández Escamilla, s.f.):

- Corrosivas: Ácidos, hidróxidos.
- Reactivas: Alquilmetales y metaloides, boranos, hidruros, carbonilos metálicos, nitruros alcalinos, fosfinas, fósforo blanco, fósforos, silanos y siliciuros.
- Tóxicas: Plaguicidas.
- Inflamables: Gasolina, tolueno, acetona.
- Oxidantes: Ozono, peróxidos, nitratos, cloratos.

1.2.3. Clasificación y responsabilidades de los generadores de Residuos Peligrosos

En el artículo 151 de la LGEEPA especifica que: “La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera”, mientras que la LGPGIR en su artículo 45 delega las responsabilidades de identificación, clasificación y manejo de los residuos generados para lo cual cataloga a los generadores en 3 grupos mencionados en el artículo 44 de dicha ley:



- Gran generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- Pequeño generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- Microgenerador: Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

En el Cuadro 2 se detallan las obligaciones que poseen los diferentes generadores señalados por la LGPGIR.

1.2.4. Plan de Manejo de Residuos Peligrosos

1.2.4.1. Conceptos

De acuerdo al artículo 5 de la LGPGIR para efectos de esa ley se entiende por plan de manejo el:

“Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno”.

Para la elaboración de Planes de Manejo se deberá atender a los criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social; así como los principios de responsabilidad compartida y manejo integral (Carbajal, 2014).

1.2.4.2. Objetivos, criterios y principios

Con base en la LGPGIR se especifican los objetivos, criterios y principios de los planes de manejo.



- **Objetivos:**
 - Minimizar la generación de residuos
 - Valorizar los residuos

- **Criterios:**
 - Eficiencia ambiental
 - Eficiencia tecnológica
 - Eficiencia económica
 - Eficiencia social

- **Principios:**
 - Responsabilidad compartida
 - Manejo integral.

CUADRO 2 Obligaciones de los Generadores de Residuos Peligrosos de acuerdo a su categoría

| CATEGORÍA | Gran generador Artículo 46 | Pequeño generador Artículo 47.- | Microgenerador (Gobiernos de las entidades federativas y municipales). |
|---|-------------------------------|------------------------------------|---|
| Cantidad de generación | A partir de 10 Ton | Más de 400 kg a menos de 10 Ton | Hasta 400 kg |
| Registro ante la SEMARNAT (SEMARNAT-07-017) | SÍ | SÍ | SÍ |
| Presentar a consideración plan de manejo (SEMARNAT-07-024) | SÍ | | |
| Sujetar sus residuos a un plan de manejo (SEMARNAT-07-024) | | SÍ | SÍ |
| Contar con bitácora de movimientos | SÍ | SÍ | |
| Presentar informe anual (COA) SEMARNAT-05-001 | SÍ | | |
| Contar con seguro ambiental | SÍ | | |
| Registro ante autoridades Estatales o Municipales (Convenios o acuerdos de coordinación) | | | SÍ |
| Llevar sus residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados | | | SÍ |
| Contratar el servicio con empresas autorizadas y los respectivos manifiestos de disposición | SÍ | SÍ | SÍ |

Fuente: (Benavides González , 2013).



1.2.4.3. Modalidades de los Planes de Manejo

Para este punto se hace hincapié en el artículo 16 del RLGPGIR donde se formulan las modalidades de los planes de manejo:

- I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:
 - a) Privados, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos, o
 - b) Mixtos, los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias.

- II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser:
 - a) Individuales, aquéllos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere, o
 - b) Colectivos, aquéllos que determinan el manejo integral que se dará a uno o más residuos específicos y el cual puede elaborarse o aplicarse por varios sujetos obligados.

- III. Conforme a su ámbito de aplicación, podrán ser:
 - a) Nacionales, cuando se apliquen en todo el territorio nacional;
 - b) Regionales, cuando se apliquen en el territorio de dos o más estados o el Distrito Federal, o de dos o más municipios de un mismo estado o de distintos estados, y
 - c) Locales, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o el Distrito Federal.

- IV. Atendiendo a la corriente del residuo.

1.2.4.4. Manejo sustentable de los Residuos Peligrosos

Existen seis puntos principales en el manejo de cualquier tipo de residuos que se dividen de la siguiente forma (González Hernández, 2012):

- Reducción en la fuente: Descripción de las acciones en la fuente para una menor generación de residuos o residuos de menor peligrosidad.



- Separación: Describir las actividades, medidas, procedimientos, equipos, instalaciones y/o señalamientos para asegurar el manejo separado de los residuos dadas sus características, peligrosidad e incompatibilidad.
- Valorización: Describir las acciones para el aprovechamiento de los residuos indicando el sitio donde se realiza y el responsable del mismo.
- Tratamiento: Describir los procesos de tratamiento cuando sea el caso.
- Almacenamiento: Indicar bajo qué condiciones se realizará para evitar la liberación de contaminantes al ambiente.
- Disposición final: Señalar las condiciones en que ésta se llevará a cabo con el fin de evitar la liberación de contaminantes al ambiente.

Sin embargo para que el manejo sea considerado “sustentable” debe cumplir con los criterios que caracterizan los planes de manejo mencionados en la LGPGIR:

- Ambientalmente efectivo: Para reducir las cargas ambientales sobre el sistema.
- Económicamente viable: Con un costo aceptable para todos los sectores de la comunidad.
- Socialmente aceptable: Para asegurar la participación de la sociedad.

1.2.4.5. Residuos sujetos a Planes de Manejo

El listado de los residuos sujetos a planes de manejo se menciona en el artículo 31 de la LGPGIR, el cual se cita textualmente:

“Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:

- I. Aceites lubricantes usados;
- II. Disolventes orgánicos usados;
- III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;
- IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;
- V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio;
- VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio;
- VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo;



- VIII. Fármacos;
- IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;
- X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados;
- XI. Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos;
- XII. La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como sus derivados;
- XIII. Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos;
- XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol, y
- XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.

La Secretaría determinará, conjuntamente con las partes interesadas, otros residuos peligrosos que serán sujetos a planes de manejo, cuyos listados específicos serán incorporados en la norma oficial mexicana que establece las bases para su clasificación.”

De conformidad con el Artículo 30 de la LGPGIR:

La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:

- I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;
- II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores;
- III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables, y
- IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.



1.2.4.6. Metodología de los Planes de Manejo

Con base al artículo 29 de la LGPGIR la metodología que deberán seguir los planes de manejo incluyen los siguientes pasos:

- I. Datos que identifiquen al generador.
- II. Identificación y clasificación de las sustancias, materiales, los residuos peligrosos generados y sus características de peligrosidad.
- III. Objetivo general y específicos del plan de manejo.
- IV. Modalidad del plan de manejo.
- V. Determinación de las áreas, procesos y puntos específicos de generación de residuos peligrosos.
- VI. Establecimiento de sistemas, métodos y procedimientos adecuados para su manejo.
- VII. Habilitación de puntos de acopio y creación de un área de almacenamiento temporal.
- VIII. Determinar la disposición final de los residuos.
- IX. Establecer opciones y alternativas de manejo y procesamiento de residuos peligrosos.
- X. Informar y capacitar a todo el personal involucrado en el manejo de sustancias y residuos peligrosos.
- XI. Administración documental del manejo de residuos peligrosos.
- XII. Mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.
- XIII. Actualización del plan de manejo.

Con esta metodología caracterizada por los principios, criterios y objetivos planteados anteriormente se logra el manejo sustentable e integral de los residuos peligrosos.



CAPÍTULO 2:

ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA BÁSICA



2.1. Descripción del personal, usuarios e instalaciones de los Laboratorios de Química Básica

La Universidad Veracruzana (UV) campus Coatzacoalcos cuenta con los siguientes laboratorios:

- Laboratorios de Química Básica (LQB)
- Laboratorio de Investigación (LI)
- Laboratorio de Química Pesada (LQP)

En los Laboratorios de Química Básica se registran un gran número de usuarios y experiencias educativas impartidas. Los LQB comenzaron sus actividades en el año de 1975 hasta el primer semestre del año en curso, dichos laboratorios cuentan con el personal que se detalla en el cuadro 3:

CUADRO 3 Personal y usuarios de los Laboratorios de Química Básica

| Personal/usuario | Número de personal | |
|------------------------------|--------------------|------------------|
| | Turno matutino | Turno vespertino |
| Técnicos académicos | 2 | 1 |
| Laboratorista | 1 | 2 |
| Auxiliar laboratorista | 2 | 2 |
| Prestador de Servicio Social | 2 | |
| Intendencia | 1 | 1 |
| Alumnos | 450 | 200 |

Fuente: Coordinación del Laboratorio de Química Básica

La Facultad de Ciencias Químicas alberga cuatro carreras profesionales: Ingeniería Petrolera, Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Biotecnología; todas ellas hacen uso de los Laboratorios 1 y 2 de Química Básica en diversas experiencias educativas, las cuales se imparten cada semestre, estas se enlistan a continuación:

- Química
- Química Inorgánica



- Química Orgánica I y II
- Química Analítica y Métodos Instrumentales
- Química Orgánica y Bioquímica
- Bioquímica General
- Procesos Químicos
- Electroquímica y Fenómenos de superficie
- Laboratorio de Física

En el laboratorio 3 se realizan prácticas de tipo Biológicos tales como:

- Microbiología general
- Microbiología industrial
- Cultivo de Células y Tejidos
- Biología Celular
- Bioquímica Dinámica

Y por el momento, proyectos de EE de IA y de IBT, que no pertenecen a Química Básica, debido a que no cuentan con un laboratorio específico para las EE terminales de estos programas educativos, por ejemplo:

- Bioingeniería
- Contaminación del agua
- Contaminación de suelos
- Enzimología y Biocatálisis
- Procesos químicos
- Diseño de plantas biotecnológicas
- Y otras más.

Los laboratorios 1 y 2, cuentan con 5 mesas, cada uno con 32 gavetas sumando un total de 320 gavetas destinadas a resguardar los materiales que se utilizan en las prácticas; cada mesa cuenta con instalaciones de agua, gas y electricidad así como conductos en medio de ellas donde los alumnos pueden verter agua y algunos productos químicos inocuos o en su defecto fungen como medio de seguridad en caso de derrame; como se observa en la Figura 1 tanto de lado derecho como izquierdo de cada laboratorio se ubican 10 gavetas, siendo las del costado izquierdo las que almacenan los residuos que se generan durante las prácticas y en los costados derechos se recopilan recipientes de vidrio transparente y ámbar en los que se almacenan las soluciones preparadas y valoradas, de igual manera en cada lado se ubican 5 tarjas las cuales presentan signos de corrosión por el uso de diferentes sustancias ácidas, básicas u oxidantes que al lavar los materiales se ponen en contacto con las tarjas.

Los laboratorios cuentan con salidas de emergencia sin embargo estas son un poco



estrechas si se toma en cuenta que los grupos de alumnos que ingresan a los LQB son de 25 personas en promedio. Las señales que se observan dentro de los laboratorios principalmente son: Ruta de evacuación, regadera, lava ojos, uso obligatorio de bata y extintor. El laboratorio 3 cuenta con 2.5 mesas de trabajo, pero sobre estas están colocadas varias estufas de cultivo centrífugas refrigeradas, y recipientes voluminosos para humedales, lo que limita el uso a 1.5 mesas de trabajo.

En medio de los laboratorios 1 y 2 se localiza un almacén donde se resguardan los reactivos que se entregan a los alumnos para llevar a cabo sus prácticas (véase Figura 2); dicho sitio cuenta con: Cárcamos en el piso en caso de derrame, extintor, extractor y sus respectivos señalamientos de seguridad; solo personal autorizado puede entrar al sitio. Los recipientes en los que se almacenan los reactivos son en su mayoría de vidrio ámbar, todos ellos cuentan con nombre y fórmula del producto así como el rombo de seguridad correspondiente.



Figura 1 Laboratorio de Química Básica 1

Fuente: Coordinación de los Laboratorios de Química Básica

Los Laboratorios de Química Básica carecen de una bitácora donde los usuarios puedan registrarse ya que gran parte del alumnado que hace uso de los laboratorios ingresan por grupos cuyo docente se encarga del control de los alumnos y la organización de las prácticas. En la entrada de ambos laboratorios se ubican dos anaqueles donde los alumnos colocan sus pertenencias sin embargo esto no asegura el resguardo de las pertenencias de los usuarios. Algunas áreas del laboratorio requieren mantenimiento tal es el caso de las gavetas donde se resguardan los residuos y las tarjas; se cuenta con un área de preparación de reactivos provista de campana de extracción, lavabos y acondicionamiento de aire. Pese a los puntos que



se mencionaron con anterioridad, en los Laboratorios de Química Básica se ha hecho uso razonable y responsable de las instalaciones y reactivos procurando cumplir con las disposiciones jurídicas que le conciernen en proporción con los recursos económicos que la Universidad Veracruzana ha dispuesto para estos.



Figura 2 Almacén de reactivos químicos de los Laboratorios de Química Básica

Fuente: Coordinación de los Laboratorios de Química Básica

2.2. Manejo de los residuos

1. Metodología del manejo de residuos:

En la actualidad el manejo de los residuos consiste en su recolección y almacenamiento en frascos debidamente etiquetados resguardándose en un sitio temporal. Su confinamiento dura dos años, para su disposición final son entregados a una empresa externa capacitada y certificada cuyo objetivo es proporcionar tratamiento a los residuos químicos. El personal difiere en cuanto se les consulta acerca del éxito del manejo actual, no obstante son conscientes de la necesidad de un plan de manejo que no solo puntualice en la disminución de riesgos dentro del laboratorio sino también en el cuidado al medio ambiente a través de la responsabilidad compartida.

2. Legislación aplicada a los LQB:

Los Laboratorios de Química Básica realizan sus actividades guiándose de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's), dentro de la metodología del manejo de residuos se guían en leyes o reglamentos, tal es el caso de la Ley General para la



Prevención y Gestión Integral de Residuos y su respectivo reglamento.

3. *Prácticas de laboratorio:*

Se han empleado micro técnicas en las prácticas de laboratorio con el fin de disminuir la generación de los residuos y propiciar el ahorro económico así como de tiempo y esfuerzo; cuando un grupo procede a realizar una práctica dentro de los LQB los prestadores de servicio vigilan que los alumnos no viertan reactivos en los lavabos pese a esto se llega a dar el caso en que no se siguen las indicaciones que mencionan los manuales o los docentes en cuanto a la disposición que deben darle a los residuos propiciando que las instalaciones se deterioren y originando contaminación en el entorno.

4. *Almacenamiento:*

Como se menciona anteriormente los LQB cuentan con un sitio de resguardo de reactivos sin embargo por cuestiones que no se mencionan en las entrevistas no se cuenta con un área de confinamiento especial para los residuos generados por lo cual el sitio temporal de almacenamiento suele ser las gavetas del Laboratorio de Química Básica 1 en su costado izquierdo; el personal entrevistado nuevamente difiere acerca de la seguridad del sitio en cuestión pues mientras el docente puntualiza que todo se realiza con apego a las NOM's el personal que pasa mayor tiempo en dichos laboratorios como es el caso de la laboratorista entrevistada y prestadores de servicio aseguran que el sitio donde se almacenan actualmente los residuos constituyen un riesgo para el alumnado.

5. *Fortalezas:*

1. Inventario de los residuos
2. Optimización de la cantidad de reactivos que se otorgan en cada práctica.
3. Cada semestre se realizan juntas de academia donde se dialoga y conlleva a un plan de mejora.
4. Se ha comenzado a etiquetar.

6. *Debilidades:*

1. No existe un área de confinamiento especial para residuos.
2. El etiquetado no es lo suficientemente completo para poder llevar acabo la clasificación CRETIB.
3. Están contenidos en recipientes no adecuados a su volumen y sus características físicas.



4. Algunos recipientes no tienen nombre ni fecha, por lo cual para fines del inventario se han tomado como desconocidos.
5. No están tapados correctamente.
6. Falta de capacitación al personal.

Los Laboratorios de Química Básica han ido progresando en la medida de lo posible en el manejo de los residuos peligrosos que ahí se generan, sin embargo existen puntos que son necesarios atender y fortalecer; no obstante el personal se muestra abierto a la aplicación de nuevas técnicas en lo concerniente al tema de residuos, siendo lo ya antes mencionado el mejor de los avances.

2.3. Situación actual de los Residuos Peligrosos

2.3.1. Descripción de la generación

Como se menciona en el inicio de este capítulo 650 alumnos hacen uso de los Laboratorios de Química Básica en diferentes experiencias educativas las cuales cuentan con un listado de prácticas de laboratorio para fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos dentro del aula; cada práctica enumera los reactivos a utilizar así como los materiales, la metodología y la disposición final de los reactivos producidos o las mezclas obtenidas sin embargo cuando el alumnado no estudia con anticipación las prácticas ignora el procedimiento a seguir respecto a los residuos.

Con información obtenida en los inventarios realizados en junio 2014 y abril 2015 se sabe que los residuos que se generan con mayor frecuencia en los laboratorios son:

1. Ácido clorhídrico (394 ml)
2. Ácido sulfúrico (1242 ml)
3. Ácido nítrico (845 ml)
4. Ferrocianuro de potasio (4280 ml)
5. Cromato de potasio (3942 ml)



6. Hidróxido de sodio (649 ml)
7. Permanganato de potasio (6150 ml)
8. Benzoato de metilo (330 ml)
9. Derivados de petróleo (9647 ml)
10. Anaranjado de metilo (346 ml)
11. Difenilcarbazida (476 ml)
12. Nitrato de plata (372 ml)
13. Índigo carmín (1510 ml)

Y en el caso de las mezclas son:

- 1) Cloruro de sodio (NaCl) + Nitrato de plata (AgNO_3) + Cromato de potasio (K_2CrO_4) con un total generado de 6500 ml.
- 2) Permanganato de potasio (KMnO_4) + oxalato de potasio ($\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) + ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1:8 con un total generado de 9410 ml.

Dentro de la gama de residuos de alta peligrosidad en los LQB se pueden citar:

- 1) Nitrato de plomo (PbNO_3) con una generación de 300 ml.
- 2) Acetaldehído ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) con una generación de 90 ml.
- 3) Benceno (C_6H_6) con una generación de 200 ml.

2.3.2. Descripción de la recolección

Los residuos generados en el sitio de estudio son recolectados en frascos de vidrio transparente, frascos de vidrio ámbar y en pocos casos en botellas de plástico. Dentro de los gabinetes de los laboratorios se localizan frascos vacíos donde se recolectan los residuos. Como se observa en la Figura 3 existen problemas importantes en la recolección:

1. Volumen del recipiente inadecuado: puesto que en la mayoría de los casos la capacidad de los frascos excede el volumen de residuo generado, como ejemplo se encuentra dentro del apartado de mezclas mixtas del inventario realizado en abril del 2015 la mezcla de: éter + alcohol + sulfato de cobre (II) (CuSO_4) donde se almacenan 8 ml en un recipiente que tiene una capacidad de 190 ml, es decir que el volumen depositado es aproximadamente 24 veces menor a la capacidad del frasco.
2. Los recipientes donde se depositan los residuos para su confinamiento son en su mayoría de vidrio claro sin embargo hay residuos que deben contenerse en



frascos de vidrio ámbar para evitar el deterioro de las soluciones por efecto de la luz.

3. Solo en algunos casos los recipientes son llenados hasta su máxima capacidad lo cual puede ocasionar un derrame.



Figura 3 Recolección de residuos

Fuente: Coordinación de los Laboratorios de Química Básica

4. La razón por la que se contabilizan numerosos recipientes es porque existen casos en los que un residuo está contenido en diversos frascos, ejemplo de lo anterior es el ácido clorhídrico que en el inventario con fecha abril del 2015 se repite en 4 ocasiones, siendo el volumen general 294 ml sin embargo el volumen total de los recipientes en los que se almacenan suman 855 ml.
5. En escasos recipientes se presentó un problema con su sellado lo cual representa un riesgo puesto que si no se tiene la precaución suficiente y se toma el frasco de la tapa esta se puede desprender y causar un derrame.

2.3.3. Descripción del etiquetado

Es común encontrar frascos con etiquetas que solo mencionan el nombre o fórmula química de los residuos, no obstante se sabe que en el segundo semestre del 2014 se



comenzó etiquetar los envases como se observa en la Figura 4, dicho etiquetado contiene los siguientes datos:

- Contenido del residuo
- Laboratorio
- Práctica
- Fecha

La información que contienen actualmente las etiquetas es un avance en el manejo de residuos sin embargo no es suficiente si se llegase a tener alguna contingencia en el laboratorio. Se ha podido observar dos aspectos importantes correspondientes al etiquetado de los residuos:

1. Existen actualmente 52 recipientes que carecen de etiquetado por lo que se desconocen sus componentes. En el inventario realizado en junio del 2014 solo se contaban con 20 de estos mientras tanto en poco más de 10 meses el número ha incrementado a 32; algunas características de estas sustancias es que son productos de mezclas donde solo se especifica el nombre de un reactivo mientras que se omite el nombre o nombres de los reactivos faltantes; ya que las características físicas (color, olor y estado físico) no coinciden con el reactivo descrito en la etiqueta se detecta fácilmente la omisión de otra sustancia clasificándose así como un producto desconocido; lo anterior dificulta el manejo del residuo en cuestión puesto que no se puede determinar su incompatibilidad respecto a otros residuos.
2. Se omiten datos esenciales en el etiquetado actual como capacidad del recipiente, volumen del residuo depositado, potencial de Hidrogeno (pH), detalles de su peligrosidad en relación a la salud, inflamabilidad, reactividad así como su manipulación.

2.3.4. Descripción del almacenamiento

Como se ha mencionado anteriormente, los residuos peligrosos generados durante las prácticas son almacenados en sitios temporales ubicados en los Laboratorios de Química Básica 1 y 2 en sus costados izquierdos en las gavetas 16 al 20 y 1 al 10 respectivamente; su ubicación se detalla a continuación:

- Gaveta 16 inferior: Residuos desconocidos, mezclas orgánicas
- Gaveta 16 superior: Reactivos inorgánicos
- Gaveta 17 inferior: Mezclas mixtas (orgánicas e inorgánicas)



- Gaveta 17 superior: Mezclas mixtas (orgánicas e inorgánicas)
- Gaveta 18 inferior: Residuos aromáticos, orgánicos
- Gaveta 18 superior: Residuos de hidróxidos, permanganatos, plomo
- Gaveta 19 inferior: Mezclas inorgánicas, cromatos
- Gaveta 19 superior: Mezclas inorgánicas, cromatos
- Gaveta 20 inferior: Cianuros y sus derivados
- Gaveta 20 superior: Residuos ácidos.

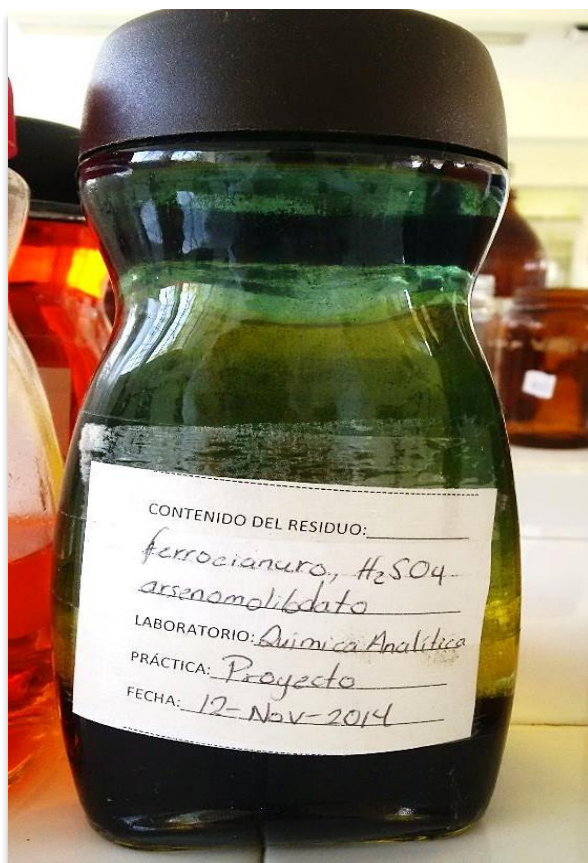


Figura 4 Etiquetado de un Residuo Peligroso

Fuente: Coordinación de los Laboratorios de Química Básica

Por otra parte en el Laboratorio de Química Básica 2 se tiene la siguiente clasificación en las gavetas destinadas a residuos:

- Gaveta 1 y 2: Reactivos pendientes de reubicar
- Gaveta 3: Reactivos en uso
- Gaveta 4: Reactivos en uso
- Gaveta 5: Reactivos para desechar
- Gaveta 6: Reactivos por recuperar



- Gaveta 7: Productos
- Gaveta 8: Residuos de prácticas
- Gaveta 9: Confinación de reactivos
- Gaveta 10: Confinación de reactivos

La infraestructura con la que cuenta el sitio temporal de almacenamiento no es la adecuada en cuestión de seguridad pues carece de señalamientos, cárcamos en caso de derrame, candados para evitar que personas ajenas a su manejo puedan manipular las sustancias y solo en el caso del laboratorio 1 la gaveta 20 no posee puerta, sin embargo como se mencionaba en las entrevistas, un éxito que ha obtenido los LQB es la bitácora de los residuos que se han generado en los dos últimos años la cual permite a su vez tener una visión clara en el almacenamiento tomando en cuenta la compatibilidad de los desechos químicos generados.

2.3.5. Descripción de la disposición final

La Universidad Veracruzana durante periodos de dos años dispone los residuos biológicos- infecciosos, químicos y peligrosos a empresas certificadas para tal asunto, mediante una licitación. En el año en curso la licitación se encuentra publicada en el portal de Coordinación Universitaria de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales de la Universidad Veracruzana bajo el nombre de: “Invitación a Cuando Menos Tres Personas número UV/ITP/002/2015 relativa a la Contratación de Servicio y Materiales para Recolección y Traslado de Residuos Biológicos Infecciosos, Químicos y Peligrosos”, dicho procedimiento está a cargo de la Dirección de Recursos Materiales. La licitación abarca las regiones de: Xalapa, Veracruz, Córdoba – Orizaba, Poza Rica – Tuxpan, Coahuila de Zaragoza – Minatitlán. El Servicio y Materiales para Recolección y Traslado de Residuos Biológicos Infecciosos, Químicos y Peligrosos, deberá comenzar a partir del 23 de abril de 2015 hasta el 30 de abril de 2016; los requisitos legales, administrativos y fiscales se citan a continuación:

1. Requisitos legales:

- a. Escrito, bajo protesta de decir verdad, que acredite su existencia legal y personalidad jurídica.
- b. Copia de identificación oficial vigente del licitante
- c. Copia de comprobante de domicilio
- d. Copia de permisos y autorizaciones vigentes en materia de residuos

2. Requisitos administrativos:



- a. Currículum comercial de la empresa
- b. Relación de los cinco principales clientes y contratos

3. Requisitos fiscales:

- a. Copia del Registro Federal de Contribuyentes
- b. Copia de la Declaración Anual del pago de impuestos federales correspondiente al ejercicio 2013
- c. Balance General y Estado de Resultados correspondientes al ejercicio 2013.
- d. Documento en el que conste el acuse de recepción de solicitud de opinión ante el SAT respecto del cumplimiento de sus obligaciones fiscales

De acuerdo al acto de fallos de la licitación, a través de la evaluación de los aspectos legales, administrativos, técnicos y económicos en cuestión, se sabe que:

- A la empresa MEDAM, S. de R.L. de C.V. se le adjudica la contratación del servicio integral de recepción, traslado, tratamiento de incineración y disposición final de residuos peligrosos biológicos infecciosos adquiriendo un volumen de 20, 070 Kg por un costo de \$199,054.26 (Ciento noventa y nueve mil cincuenta y cuatro pesos 26/100 M.N.).
- A la empresa ECOENTORNO, S.A. de C.V. se le adjudica el servicio integral de recepción, traslado, tratamiento de incineración y disposición final de los residuos químicos y de igual forma la contratación del servicio de suministro de contenedores, bolsas e insumos en general de residuos químicos para las diferentes por un costo de \$225, 551.79 y \$176,498.83 respectivamente, sumando un total (ya incluido el Impuesto al Valor Agregado) de \$402,050.62 (Cuatrocientos dos mil cincuenta pesos 62/100 M.N.).

Las responsabilidades del "Prestador de Servicios", enlistadas en las cláusulas del contrato relativo a la licitación Invitación a Cuando Menos Tres Personas número UV/ITP/002/2015 [...], se citan a continuación:

- El transporte externo se realizará con transportes debidamente equipados y con autorización vigente para dichos fines.
- El personal que efectuará las recolecciones está debidamente capacitado en el manejo de los residuos correspondientes.



- El personal realizará la recolección de los residuos peligrosos, utilizando el equipo de protección personal.
- Proporcionará en calidad de comodato uno o varios contenedores de 250 litros de capacidad para que pueda llevar a cabo el almacenamiento temporal de los residuos.
- Realizar la recolección y transporte de los residuos desde el almacén temporal de cada institución en contenedores expreso para ello.
- Como comprobación de los servicios, la empresa expedirá los manifiestos de entrega, transporte y recepción de los servicios realizados en cada dependencia de la Universidad Veracruzana a la Dirección General del Área de Ciencias de la Salud.

Las obligaciones de la Universidad Veracruzana enlistadas en las cláusulas del contrato relativo a la licitación Invitación a Cuando Menos Tres Personas número UV/ITP/002/2015 [...], se citan a continuación:

- Los residuos químicos se entregarán correctamente identificados y agrupados tomando en cuenta su incompatibilidad con otros reactivos químicos, envasados según sus características físico químicas conforme a las NOM's.
- Mantener los contenedores y tambores con residuos peligrosos en el almacén temporal con fácil acceso para su recolección.
- Proporcionar al Prestador de Servicios todos los elementos e información necesaria para que ésta pueda brindar en forma eficiente los servicios.

2.4. Análisis FODA de los Laboratorios de Química Básica

“El análisis FODA (Fortaleza, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta que permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio (persona, empresa u organización, etc.) permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permite, en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados” (MATRIZ FODA, 2011). De entre estas cuatro variables, tanto fortalezas como debilidades son internas de la organización, por lo que es posible actuar directamente sobre ellas. En cambio las oportunidades y las amenazas son externas, por lo que en general resulta muy difícil poder modificarlas (Glagovsky, s.f.).



CUADRO 4 Matriz FODA respecto al manejo de Residuos Peligrosos de los Laboratorios de Química Básica

| | FORTALEZAS | OPORTUNIDADES | DEBILIDADES | AMENAZAS |
|--------------------------|---|--|--|--|
| GENERACIÓN | Reutilización de residuos que se encuentran sin contaminar | Aplicación de técnicas de micro ensayo para disminuir los volúmenes de generación | La mayoría de los residuos están compuestos por mezclas | Exigencia en el modelo educativo que conlleve a la realización de prácticas de laboratorio con residuos peligrosos como metales pesados |
| RECOLECCIÓN | Personal adecuado para la recolección de los residuos generados durante las prácticas escolares así como suficientes recipientes de recolección | Utilizar reactivos de empresas socialmente responsables que se encarguen de dar tratamiento o reutilizar los envases vacíos de sus productos | Frascos que exceden el volumen contenido mientras que en otros casos son llenados hasta el tope. | Reacción de los residuos por agentes externos tales como temperatura y humedad |
| ETIQUETADO | Durante el segundo semestre del 2014 se ha hecho uso de etiquetas que contienen más información acerca del residuo | Involucrar al alumnado en el etiquetado de los residuos | Cerca de 52 frascos que contienen residuos carecen de etiquetas por lo que se desconoce su contenido | La mezcla de residuos puede ocasionar un accidente |
| ALMACENAMIENTO | El almacenamiento de los residuos en el sitio actual se ha hecho a través de la clasificación por grupos químicos | Uso de la legislación competente en el caso para diseñar estrategias que disminuyan el riesgo del almacenamiento de los residuos en los LQB | Se carece de un área específica para el almacenamiento de los residuos | Falta de interés por parte del personal administrativo de la Universidad Veracruzana para la creación de un sitio de almacenamiento temporal |
| DISPOSICIÓN FINAL | Apego a la normatividad ambiental vigente respecto a la disposición final de los residuos | Aprovechar la diversidad de empresas dedicadas a la disposición de residuos para elegir la que mejor se adecue a las necesidades de la universidad | Inexistencia de un sitio de transferencia de residuos así como la falta de una bitácora donde se registren las entradas y salidas de residuos. | Falta de presupuesto para llevar a cabo la contratación de la empresa externa encargada de la disposición y tratamientos de los residuos |

Fuente: autoría propia

Autor: Roxana M. Chavez Vargas
Asesor: Dra. Mirza Ema Ye Gómez



CAPÍTULO 3:

PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA BÁSICA



En el presente y último capítulo, con base en el artículo 29 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se puntualizan y describen cada uno de los requerimientos que deben contener los planes de manejo, en este caso siendo los residuos químicos peligrosos el objeto de estudio.

3.1. Datos del generador

En el cuadro 5 se describen los datos de los LQB así como de su responsable.

CUADRO 5 Datos de los Laboratorios de Química Básica

| | | | | | |
|--|--------------------------------------|------------------|----------------------------|---------------|----------|
| Institución educativa | Universidad Veracruzana | | | | |
| Facultad | Ciencias Químicas | | Campus | Coatzacoalcos | |
| Sitio | Laboratorios de Química Básica 1 y 2 | | | | |
| Dirección: | | | | | |
| Av. Universidad | Km. 7.5 | Santa Isabel | 96535 | Coatzacoalcos | Veracruz |
| Avenida | No. | Colonia | C.P. | Municipio | Estado |
| Télefono: | | | Correo electrónico: | | |
| 921 21 1 57 13 | | | | | |
| Datos del responsable | | | | | |
| Ye | | Gómez | Mirza Ema | | Q.F.B. |
| Apellido Paterno | | Apellido Materno | Nombre(s) | | Título |
| Técnico Académico de T.C. Puesto | | | | | |
| Descripción de las actividades del generador: | | | | | |
| Laboratorio estudiantil de grado universitario en el que se desarrollan prácticas de laboratorio de asignaturas tales como: química orgánica, química inorgánica, química básica, química analítica entre otras. | | | | | |

Fuente: Coordinación de los LQB

3.2. Identificación y clasificación de los Residuos Peligrosos

Se analizaron los residuos químicos almacenados en el Laboratorio de Química Básica 1 para determinar su tipo, volumen, clasificación y peligrosidad. La razón por la que se ha omitido el análisis de las prácticas de laboratorio por experiencia educativa es debido a la constante actualización de las mismas en las juntas de academia, tales como las microtécnicas. Los resultados obtenidos del laboratorio realizados en fecha efectiva abril 2015 se puntualiza en los siguientes apartados, de igual manera se describe de manera breve la forma correcta en que deben identificarse, clasificarse y registrarse los residuos químicos peligrosos que se generen en fechas posteriores.



3.2.1. Identificación

Para fines de análisis de residuos químicos peligrosos se han identificado 11 grupos:

- Residuos ácidos
- Residuos de cianuros y sus derivados
- Residuos de cromo y sus derivados
- Residuos de hidróxidos
- Residuos de permanganatos
- Residuos aromáticos
- Residuos de metales pesados: Plomo y mercurio
- Residuos orgánicos
- Residuos inorgánicos
- Residuos de mezclas: Inorgánicas, orgánicas y mixtas.
- Residuos desconocidos

3.2.2. Clasificación y características de peligrosidad

Ya que el diseño del plan de manejo planteado se sustenta en la legalidad ambiental y que los residuos objetivo son los químicos peligrosos, se hace uso de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su clasificación.

- Corrosivos:
 - PH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5.
- Reactivos:
 - Líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición.
 - Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora.
 - Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.
 - Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables.
- Explosivos:
 - Cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.



- Tóxicos:
 - Contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 2 de la NOM-052-SEMARNAT-2005.
 - Si el generador conoce que el residuo contiene un constituyente tóxico que lo hace peligroso.

- Inflamables:
 - Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5°C.
 - No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C.

- Biológico-infecciosos:
 - Véase la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

3.2.3. Bitácora y resultados

De acuerdo a las disposiciones de la SEMARNAT, cuando en una práctica se realice una mezcla de residuos con otros considerados como peligrosos y la mezcla conserve dichas características se considerará como un residuo peligroso. Para diseñar el plan de manejo idóneo a los LQB se contabilizaron los residuos generados del año 2013 al año en curso, se identificaron 11 grupos mencionados en el apartado 3.2.1 de este capítulo y se clasificó de acuerdo al acrónimo CRETIB enunciado en la NOM-052-SEMARNAT-2005, proyectando los resultados obtenidos en el cuadro 6; la bitácora utilizada contiene los siguientes datos:

- Nombre del residuo
- Estado físico (líquido, sólido)
- Tipo de recipiente (vidrio claro, vidrio ámbar, plástico, otros)
- Capacidad del recipiente (ml)
- Volumen del residuo (ml)
- Características de peligrosidad (CRETIB)
- Ubicación (número de gaveta y su ubicación inferior o superior según corresponda)
- Observaciones (color, olor, formación de cristales, sedimentos, etc.).



CUADRO 6 Generación de Residuos Peligrosos en los LQB 2015

| RESIDUOS | LIQUIDOS | | SÓLIDOS | | TOTAL FRASCOS DE RESIDUOS | PELIGROSIDAD | | | | | |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------------------------|--------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
| | TOTAL FRASCOS | VOLUMEN (ml) | TOTAL FRASCOS | VOLUMEN (gr) | | C | R | E | T | I | B |
| RESIDUOS ÁCIDOS | 12 | 2,087.0 | 0 | 0.0 | 12 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RESIDUOS DE CIANUROS Y SUS DERIVADOS | 4 | 1,590.0 | 0 | 0.0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| RESIDUOS DE CROMO Y SUS DERIVADOS | 4 | 462.0 | 0 | 0.0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| RESIDUOS DE HIDRÓXIDOS | 5 | 644.0 | 0 | 0.0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| RESIDUOS DE PERMANGANATOS | 15 | 17,138.0 | 0 | 0.0 | 15 | 9 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 |
| RESIDUOS AROMÁTICOS | 3 | 79.0 | 1 | 13.0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 4 | 3 | 0 |
| RESIDUOS ORGÁNICOS | 29 | 9,392.0 | 3 | 9.7 | 32 | 0 | 2 | 0 | 10 | 19 | 0 |
| RESIDUOS INORGÁNICOS | 25 | 4,078.0 | 3 | 61.3 | 28 | 1 | 1 | 0 | 23 | 1 | 0 |
| RESIDUOS DE MEZCLAS INORGÁNICAS | 16 | 19,138.0 | 1 | 150.0 | 17 | 4 | 5 | 0 | 14 | 0 | 0 |
| RESIDUOS DE MEZCLAS ORGÁNICAS | 4 | 548.0 | 0 | 0.0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| RESIDUOS DE MEZCLAS MIXTAS | 32 | 9,079.0 | 2 | 8.9 | 34 | 6 | 1 | 0 | 30 | 11 | 0 |
| RESIDUOS DESCONOCIDOS | 26 | 5,124.0 | 4 | 43.5 | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 | 4 | 0 |
| TOTAL | 175 | 69,359.0 | 14 | 286.4 | 189 | 36 | 14 | 0 | 133 | 40 | 0 |

Fuente: (Gómez & Chavez, 2015)



3.3. Objetivos

3.3.1. Objetivo general

Promover en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos el manejo integral de residuos químicos peligrosos mediante la implementación de metodologías adecuadas con el fin de minimizar la generación de residuos peligrosos bajo criterios de eficiencia ambiental, social y económica a través del principio de responsabilidad compartida.

3.3.2. Objetivos específicos

1. Plantear un sistema de buenas prácticas para el manejo de residuos generados en los LQB a partir del diagnóstico de la generación de residuos.
2. Establecer tareas en el manejo de los residuos peligrosos en los que se puede aplicar el principio de responsabilidad compartida.
3. Promover la prevención de la contaminación por residuos químicos y la concientización ambiental en los distintos actores involucrados en los LQB.

3.4. Modalidad del Plan de Manejo

De acuerdo al artículo 16 del RLGPGIR existen 4 tipos de modalidades en los planes de manejo; ya que dicho estudio depende de las características del residuo, la modalidad del plan de manejo diseñado se perfila en el cuarto párrafo del artículo citado con anterioridad: “Atendiendo a la corriente del residuo”.

3.5. Procedimientos para el Manejo de Residuos Peligrosos

3.5.1. Equipo de seguridad

Uno de los motivos por los que se realiza un plan de manejo de residuos químicos peligrosos es salvaguardar la seguridad personal de los sujetos que generan o manipulan dichos residuos, para ello es importante indicar el equipo de protección personal que deberá utilizarse cuando se recolecte, almacene, manipule o se dispongan los residuos peligrosos de los LQB; la ropa utilizada debe proteger tanto de salpicaduras como de derrames, debe ser fácilmente removible y resistente al fuego.



- *Vestuario:* Evitar uso de medias de nylon, shorts o bermudas, faldas o vestidos; se aconseja el uso de ropa de algodón y mezclilla así como pantalones largos, no acampanados ni rasgados. Evitar el uso de joyería. El peinado en las mujeres deberá ser recogido.
- *Bata de algodón:* Debe usarse correctamente abotonada y con las mangas pegadas a las muñecas.
- *Calzado:* Se debe utilizar zapatos totalmente cerrados y que sean de cuero o cuero sintético. Se debe omitir el uso de sandalias o cualquier zapato que deje piel al descubierto, zapatos hechos con tela en la parte superior o de tacón alto.
- *Gafas protectoras:* Las gafas protectoras deben ser lo más cómodas posibles, ajustándose a la nariz y la cara y no interferir en los movimientos del usuario. Para las personas que usen lentes deberán utilizar gafas de protección ocular que se puedan llevar sobre los lentes sin que perturben el ajuste de las mismas.
- *Mascarilla de filtros químicos:* Evitar, en el caso de los varones, las barbas puesto que omiten el sellado correcto de las mascarillas.
- *Guantes neopreno:* Protegen de reactivos corrosivos o tóxicos así como de exposiciones térmicas.

3.5.2. Recolección

Al finalizar cada práctica educativa se recolectarán los residuos por parte del personal encargado, para esto se destinará un sitio específico (mesas o barras ubicadas en cada costado del laboratorio) donde los alumnos deberán llevar sus residuos; el personal encargado de la recolección verificará que los envases contengan las etiquetas apropiadas, cuya información debe ser escrita con letra clara y contener los datos correctos de acuerdo a la sustancia o mezcla generada así como también cerciorarse que el envase sea apropiado al residuo. Cuando se transporten los residuos recolectados al área de almacenamiento temporal (gavetas izquierdas de los laboratorios I y II ubicadas en los costados), los envases deberán ser tomados siempre del fondo y nunca de la tapa, evitando un derrame en caso de que este haya sido mal sellado.

Cuando un grupo de residuos presenten las mismas propiedades físicas y químicas se encuentren contenidos en diversos recipientes que excedan la capacidad respecto al volumen depositado, el personal encargado recolectará dichos residuos en un



recipiente apropiado al volumen y compatible químicamente con los reactivos o mezcla de reactivos evitando así la acumulación en el área de almacenamiento.

3.5.3. Envasado

Las reglas básicas en el envasado serán las siguientes:

- Los recipientes deben estar correctamente etiquetados, en perfecto estado (sin fisuras), limpios, secos y con las tapas apropiadas para un cierre hermético.
- Los envases se llenarán como máximo a $\frac{3}{4}$ de su capacidad, a modo de evitar fugas y derrames.
- El material del envase debe ser químicamente compatible con el residuo que contiene, para el caso de los cromatos, yoduros, permanganatos y reactivos que así lo requieran se usarán recipientes ámbar evitando su disociación por efecto de la luz.
- Se evitará en la medida de lo posible el uso de recipientes de vidrio.
- Pueden emplearse envases originales procedentes del almacén de reactivos, siempre y cuando dichos envases no permitan la liberación de los materiales o residuos peligrosos contenidos en ellos conforme lo indica el artículo 87 del RLGPGIR.
- Los envases vacíos que hallan contenido reactivos químicos peligrosos se considerarán como residuo peligrosos.

3.5.4. Etiquetado

Los pasos a seguir en el etiquetado son los siguientes:

- Cada residuo generado, se etiquetará de acuerdo a la característica de peligrosidad que presente, (en caso de tratarse de mezclas de residuos, la característica de peligrosidad se la dará el residuo que se encuentre en mayor proporción).
- Cuando un envase no se encuentre etiquetado, deberá de manejarse la sustancia contenida como un residuo peligroso hasta que su contenido sea correctamente identificado y etiquetado.



- El modelo de la etiqueta será el que se muestra en la Figura 5.
- Los envases que se le asignen a los alumnos deberán ser etiquetados por los mismos, de modo tal que el alumno indagará, previo a las prácticas, los reactivos a utilizar, las características de peligrosidad y la forma segura de manipular los reactivos (equipo de seguridad, incompatibilidad, disposición final, etc.) fomentando así la familiaridad del alumno con las hojas de seguridad y a su vez una cultura de prevención de accidentes.
- En el formato se describirá el residuo, o bien, se anotará la o las sustancias que lo componen, así como la concentración y el porcentaje de cada una de ellas de manera aproximada.


| | | |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|
|  UNIVERSIDAD VERACRUZANA Facultad de Ciencias Químicas | Experiencia Educativa: | Docente: |
| | Nombre de la práctica: | |
| Fecha: | Nombre del residuo o mezcla: | |
| Laboratorio: | Formula (s) Química (s): | Concentración |
| | _____ | _____ |
| | _____ | _____ |
| Características | Capacidad del recipiente = [ml; gr]: | Volumen contenido = [ml; gr]: |
| C | Observaciones: | |
| R | | |
| E | | |
| T | | |
| I | | |
| B | | |
| | | |
| | | |

Figura 5 Etiquetado para residuos químicos generados en los LQB I y II

Fuente: Autoría propia

3.5.5. Almacenamiento

Los Laboratorios de Química Básica I y II no poseen un área específica de almacenamiento por lo tanto para efectos de acopio se propondrán medidas de mejora en el sitio actual de recepción de residuos (gavetas ubicadas en los costados izquierdos de los LQB); en el apartado 3.6 se especifican los lineamientos de las áreas de almacenamiento de residuos conforme lo dicta la Secretaria de Medio Ambiente.

- Para el almacenamiento de los residuos en el lugar de generación se recomienda el uso de cubetas de retención de polietileno de alta densidad o cajas del mismo material (véase Figura 6).
- Señalizar las gavetas con el etiquetado correspondiente al grupo químico de residuo almacenado.
- Realizar inspecciones periódicas a modo de detectar derrames o alteraciones en los residuos almacenados.
- Los residuos se almacenaran a modo de evitar incompatibilidades químicas.

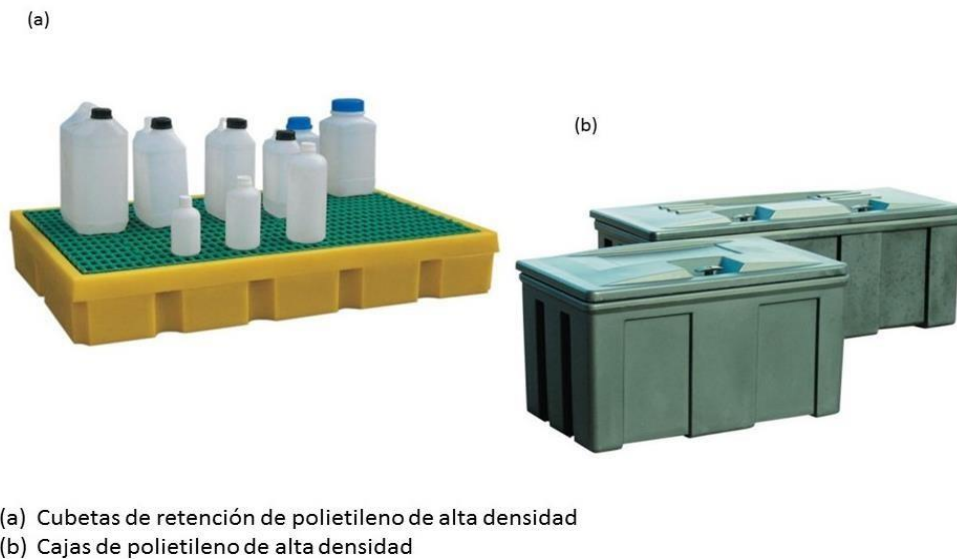


Figura 6 Recipientes para almacenamiento de residuos peligrosos en el lugar de generación

Fuente: (HALÉCO, 2014)



3.5.6. Caracterización y registro en bitácoras

Es importante contar en los LQB con un registro de los residuos generados durante el semestre, para así tener una visión de las sustancias que se pueden someter a tratamiento para minimizar el almacenamiento de residuos en el laboratorio. Por motivos de incompatibilidad químicas y ya conociendo los grupos de residuos que se generan en los LQB (véase Cuadro 6) se propone la caracterización de grupos químicos descrita en el Cuadro 7 basadas en la NOM-054-SEMARNAT-1993.

El formato para el registro de residuos será como se muestra en la Figura 7, destacando que cuando se trate de una mezcla de residuos se clasificará de acuerdo al residuos que se encuentre en mayor proporción; si en la mezcla existe la presencia de una sustancia peligrosa el apartado de la NOM-018-STPS-1993 y la NOM-052-SEMARNAT-2005 se registrará con base a esta.

3.6. Área de almacenamiento temporal

Como se detalla a lo largo del capítulo 2, en los Laboratorios de Química Básica 1 y 2 se carece de un área de almacenamiento temporal de residuos químicos por lo que estos se almacenan dentro de los LQB bajo criterios poco eficientes en términos de prevención de accidentes, se desconoce la causa por la cual la Facultad de Ciencias Químicas no cuenta con un sitio especial para el almacenamiento de sus residuos por lo que en este apartado se pretende dar a conocer los criterios exigidos por la Secretaría de Medio Ambiente para el almacenamiento de residuos peligrosos en áreas cerradas y descritas en la Sección I del capítulo IV del RLGPGIR y que deberán ser tomados en cuenta por la FCQ en un futuro (véase Figura 8).

**CUADRO 7** Caracterización de grupos químicos generados en los LQB

| GRUPO QUÍMICO | DESCRIPCIÓN | EJEMPLOS |
|----------------------------|---|---|
| Ácidos orgánicos | Compuestos que resultan de la oxidación potente de los alcoholes primarios o de la oxidación moderada de los aldehídos. | Ácido maleico Ácido benzoico Ácido fumárico Ácido oxálico |
| Ácidos inorgánicos | Compuesto de hidrógeno y uno o más elementos (a excepción del carbono) que, cuando se disuelve en agua u otro disolvente, se rompe o disocia, produciendo iones hidrógeno (Hinkamp, 2001) | Ácido sulfúrico Ácido clorhídrico Ácido nítrico |
| Alcoholes y glicoles | Los alcoholes son compuestos orgánicos formados a partir de los hidrocarburos mediante la sustitución de uno o más grupos hidroxilo por un número igual de átomos de hidrógeno. Los glicoles son compuestos alifáticos que poseen dos grupos hidroxilo por molécula. | Etilenglicol Glicerina Hexanol Alcohol amílico Alcohol butílico |
| Aldehídos | Compuesto caracterizado por la presencia del grupo carbonilo (C=O). Los aldehídos presentan el grupo carbonilo en posición terminal. | Acetaldehído Benzaldehído Formaldehído |
| Aminas | Compuestos derivados del amoniaco, formados al sustituirse en este los hidrógenos por grupos alifáticos, R, o aromáticos, Ar (Arias Acuña, 2006). | Butilamina Dimetilamina Difenilamina Etilenammina |
| Halógenos y sus compuestos | Grupo de elementos que se encuentran ubicados en el grupo 17 de la tabla periódica. El grupo se encuentra formado por los elementos flúor, cloro, bromo, yodo y astato | Cloroformo Clorobenceno Bromuro de metilo |
| Cáusticos | Compuestos que se conocen por quemar los tejidos orgánicos. Generalmente bases orgánicas e inorgánicas. | Amoniaco Hidróxido de sodio Hipoclorito de sodio Metilato de sodio |
| Cetonas y sus derivados | Compuesto orgánico caracterizado por poseer un grupo funcional carbonilo unido a dos átomos de carbono. Las cetonas suelen ser menos reactivas que los aldehídos. | Acetona Ciclohexanona Metil isobutil cetona |
| Cianuro y sus derivados | Se trata de un anión monovalente de representación CN ⁻ ; consiste de un átomo de carbono con un enlace triple con un átomo de nitrógeno. | Ácido cianhídrico Ferrocianuro Sulfocianuro |
| Desconocidos | Son aquellos que no poseen etiqueta en el envase que lo contiene, por lo cual se desconoce sus componentes | |

Fuente: NOM-054-SEMARNAT-1993

**CUADRO 7** Caracterización de grupos químicos generados en los LQB continuación

| GRUPO QUÍMICO | DESCRIPCIÓN | EJEMPLOS |
|---|--|--|
| Ésteres y sus isómeros | Son compuestos orgánicos derivados de ácidos orgánicos o inorgánicos oxigenados en los cuales uno o más protones son sustituidos por grupos orgánicos alquilo | Acetato de etilo Acetato de sodio |
| Éteres y sus isómeros | Son compuestos que resultan de la unión de dos radicales alquílicos o aromáticos a través de un puente de oxígeno -O- | Metil butil éter Metil etil éter Glicol éter |
| Fenoles | Son derivados aromáticos que presentan grupos "hidroxilo", -OH | Fenol pirocatecol |
| Hidrocarburos alifáticos (saturados-saturados) no | Compuestos orgánicos no derivados del benceno, los átomos de carbono forman cadenas abiertas. | Petróleo crudo y sus fracciones Etano Propano |
| Hidrocarburos aromáticos | Son hidrocarburos derivados del benceno. | Clorobenceno, metilbenceno (tolueno) nitrobenceno |
| Metales alcalinos y alcalinotérreos | Los metales alcalinotérreos se encuentran situados en el grupo 2 de la tabla periódica. Los metales alcalinos pertenecen al grupo 1 de la tabla periódica, son muy reactivos. | Magnesio Mezclas de sodio y potasio Potasio Calcio |
| Metales tóxicos y sus compuestos | Compuestos de metales pesados (cadmio, plomo, mercurio, berilio, arsénico y bario), así como los listados en el anexo 1 de la NOM-054-SEMARNAT-1993 | Molibdato de amonio Permanganato de amonio Cloruro de bario Dicromato de potasio Nitrato de plata Permanganato de sodio |
| Nitruros, nitrilos y compuestos nitrados | Los nitruros son compuestos binarios que contienen el anión Nitrógeno N-3, liberando al reaccionar con agua, amoníaco y en algunos casos hidrógeno. Las reacciones son en general explosivas (AI-Químicos, 2007). Los nitrilos son compuestos orgánicos que poseen un grupo Ciano (- C \equiv N) como grupo funcional principal. Son derivados orgánicos del cianuro de los que el hidrógeno ha sido sustituido por un radical alquilo | Nitruro de potasio Nitruro de sodio Dinitrofenilhidrazina Nitrobenceno |

Fuente: NOM-054-SEMARNAT-1993



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Facultad de Ciencias Químicas

GRUPO DE RESIDUO:

ELABORÓ:

LABORATORIO:

FECHA:

REVISÓ:

| NO | NOMBRE DEL RESIDUO/REACTIVO | ESTADO FÍSICO | TIPO DE RECIPIENTE | CAPACIDAD (ml;gr) | VOLUMEN O PESO (ml;gr) | NOM-052-SEMARNAT-2005 | | | | | | NOM-018-STPS-1993 | | | | UBICACIÓN (MESA) | OBSERVACIONES (aspecto físico, sedimentos, etc) |
|----|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|-------------------|---|---|---|------------------|---|
| | | | | | | C | R | E | T | I | B | S | I | R | E | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOM- 052-SEMARNAT-2005: C: Corrosivo; R: Reactivo; E: Explosivo; T: Tóxico; I: Inflamabilidad; B: Biológico infeccioso

NOM-018-STPS-1993: S: salud; I: Inflamabilidad; R: Reactivo; E: Especial

Figura 7 Formato de registro de residuos peligrosos

Fuente: Coordinación del Laboratorio de Química Básica y sugerencias de la autora



3.6.1. Condiciones de almacenamiento en áreas cerradas para Residuos Peligrosos

Con base en la fracción I y II del Art. 82 del RLGPGIR, las condiciones de almacenamiento de residuos peligrosos para áreas cerradas serán las siguientes:

- Estar separadas de las áreas de laboratorios, servicios, oficinas y del almacén de reactivos químicos;
- Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;
- Para el caso de residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;
- Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;
- Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios;

- No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;
- Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y
- No rebasar la capacidad instalada del almacén.

En la Figura 8 se muestra como ejemplo las características de un almacén temporal de residuos peligrosos.



Figura 8 Almacén temporal de Residuos Peligrosos

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2011)



3.7. Disposición final de los Residuos Peligrosos

Ya que la FCQ de la UV campus Coatzacoalcos no es quien decide directamente el destino final que tendrán los residuos generados en los laboratorios, la disposición final en este plan de manejo será de acuerdo a los lineamientos de la Universidad detallados en el apartado 2.4.5 del presente trabajo; sin embargo, se describe a continuación los lineamientos de destino final de los residuos requeridos por la Secretaría de Medio Ambiente a través del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

- Artículo 84: Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses.
- Artículo 85.- Quienes presten servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos deberán cumplir con lo siguiente:
 - a) Verificar que los residuos peligrosos de que se trate, estén debidamente etiquetados e identificados y, en su caso, envasados y embalados;
 - b) Contar con un plan de contingencias y el equipo necesario para atender cualquier emergencia ocasionada por fugas, derrames o accidentes;
 - c) Contar con personal capacitado para la recolección y transporte de residuos peligrosos;
 - d) Solicitar al generador el original del manifiesto correspondiente al volumen de residuos peligrosos que vayan a transportarse, firmarlo y guardar las dos copias que del mismo le corresponden;
 - e) Observar las características de compatibilidad para el transporte de los residuos peligrosos,
 - f) Los residuos que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad no podrán ser transportados junto con ningún otro tipo de residuos peligrosos.
 - g) El embarque de residuos peligrosos no deberá rebasar, por viaje y por generador, los 200 kilogramos de peso neto o su equivalente en otra unidad de medida.



- Artículo 86.- El procedimiento para llevar a cabo el transporte de residuos peligrosos se desarrollará de la siguiente manera:
- a) Por cada embarque de residuos, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado y dos copias del mismo, en el momento de entrega de los residuos;
 - b) El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos para su tratamiento o disposición final;
 - c) El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador, y
 - d) Si transcurrido un plazo de sesenta días naturales, contados a partir de la fecha en que la empresa de servicios de manejo correspondiente reciba los residuos peligrosos para su transporte, no devuelve al generador el original del manifiesto debidamente firmado por el destinatario, el generador deberá informar a la Secretaría de este hecho a efecto de que dicha dependencia determine las medidas que procedan.

3.8. Valorización y alternativas de manejo de Residuos Peligrosos

“Las alternativas para prevenir los riesgos de los residuos al ambiente y la salud incluyen la prevención de su generación, así como su valorización (vía reutilización, reciclado o co-procesamiento energético o de otra índole), tratamiento (físico, químico, biológico o térmico) y su disposición final ambientalmente adecuada, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable (Cortinas de Nava, s.f.)”.

3.8.1. Valorización

De acuerdo a la LGPGIR la valorización de los residuos es el conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente de los materiales que componen los residuos; para lograr dicho objetivo la reutilización y recuperación son dos métodos primordiales que realizadas de forma correcta aseguran la disminución



de residuos y la reincorporación de los reactivos recuperados, a través de tratamientos físicos, químicos o térmicos.

3.8.2. Minimización

Dos técnicas de minimización de residuos son la recuperación y la reutilización de los mismos. Entiéndase por:

- **Recuperación:** Proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter una materia ya utilizada a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener un nuevo producto (Archila, Gómez, & Noriega Lalinde, 2011); ejemplos de esta técnica se detallan en el apartado 3.8.3 del capítulo en cuestión.
- **Reutilización:** Consiste en volver a utilizar una sustancia que provenía de un residuo y se ha conseguido recuperar mediante un tratamiento químico. Con esto se consigue que la sustancia que presumiblemente iba a aumentar la cantidad de residuos vuelva a ser útil para un nuevo proceso químico (Yerga, s.f.).

Una manera sencilla de minimizar los residuos es controlar la compra de reactivos por la Universidad Veracruzana, ya que si se solicitan reactivos en grandes volúmenes y no se llegase a utilizar en el tiempo de vida útil pasará a ser un residuo más en los LQB. Por parte de los técnicos académicos se ha adoptado operaciones químicas (semi y micro ensayos) en las que se disminuye el volumen de reactivos durante las prácticas por lo que el volumen de residuo también se reduce.

“En el caso de que la cantidad no pueda ser minimizada, los residuos deben ser lo menos peligrosos posible para el medio ambiente y el ser humano. Un ejemplo puede ser en la limpieza del material, en donde se genera un residuo con gran cantidad de disolvente. Si para limpiar utilizamos detergentes biodegradables, en lugar de disolventes orgánicos, la peligrosidad del residuo sería menor (Yerga, s.f.)”.

3.9. Tratamientos

Los tratamientos para residuos peligrosos suelen clasificarse en: térmicos, físicos, químicos y biológicos, de los cuales se pueden mencionar:



- Tratamiento biológico: Casi todos los residuos orgánicos peligrosos porque esencialmente todas las sustancias orgánicas se degradan si se establecen, mantienen y controlan las poblaciones microbianas apropiadas (Ercoli, 1998).
- Adsorción con carbón: Es un proceso en el cual una sustancia se adsorbe en la superficie de un carbón especialmente tratado. El método es efectivo para remover la materia orgánico (Mercader Trejo, 2002).
- Decloración: Remueve el cloro mediante un reemplazo químico, se lleva a cabo un intercambio de iones de cloro, con iones de hidrogeno o de hidróxido.
- Incineración: destrucción del residuo a través de la combustión.
- Neutralización: reduce la acidez o alcalinidad de una sustancia, adicionando compuestos alcalinos o ácidos respectivamente.
- Oxidación: se combinan los constituyentes del residuo con oxígeno, se utiliza mayormente en residuos que contienen cianuros, fenoles y compuestos organosulfurados.
- Precipitación química: reduce la cantidad de sólidos presentes en un residuo líquido, utilizado especialmente para la eliminación de iones de metales pesados del agua (Manahan, 2007).

La coordinación de los LQB en conjunto con los técnicos académicos serán los encargados de seleccionar el tipo de tratamiento para los residuos generados si se considera económicamente factible, caso contrario los residuos serán tratados por la empresa seleccionada en las licitaciones correspondientes a residuos químicos peligrosos en la Universidad Veracruzana. Los tratamientos comunes para grupos químicos de residuos peligrosos se detallan a continuación.

3.9.1. Neutralización para ácidos y bases

“Primeramente, se realiza una dilución de la sustancia a tratar, hasta una concentración no mayor de 1 M o 5%. Al residuo diluido se agrega una solución diluida de carbonato de sodio, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, etc., según sea el caso, al mismo tiempo que se agita. Si es necesario, se añade un poco de hielo a la solución para que la temperatura no exceda los 40 °C. En el caso de los ácidos, éstos pueden neutralizarse también con carbonato de sodio sólido o cal. Una vez ajustado el pH a la neutralidad, el



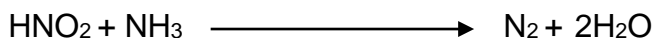
residuo puede ser vertido al drenaje bajo el chorro de agua (Álvarez Chavez, Arce Corrales, & Parra Vergara, 2003)”.

3.9.2. Destilación de hidrocarburos halogenados

Son utilizados en los laboratorios como disolventes, la mayoría son tóxicos, por ejemplo: Cloruro de metileno, tetracloruro de carbono, cloroformo, entre otros; pueden ser recuperados por destilación, su volatilidad y su baja solubilidad en agua evitan que sean dispuestos en el drenaje.

3.9.3. Nitritos en solución acuosa

Se pueden destruir por la adición de un exceso (50 %) de una solución acuosa de hidróxidos de amonio y acidificando con ácido clorhídrico a un pH de 1, la reacción que se lleva a cabo es:



3.9.4. Oxidación – reducción

“Algunas sustancias se oxidan o reducen para disminuir su peligrosidad, ejemplo: Permanganato de potasio, ácido pícrico, cianuros, ferri y ferrocianuros, bromuro de etidio, clorato de potasio, peróxido de hidrógeno, formaldehído, fenol, bromo, yodo, etc. Se pueden utilizar como agentes oxidantes: hipoclorito de sodio, permanganato de potasio; y como reductores bisulfito de sodio, tiosulfato de sodio, entre otros (Álvarez Chavez, Arce Corrales, & Parra Vergara, 2003)”.

3.9.5. Incineración

La incineración es recomendada para los siguientes residuos:

- Aminas aromáticas
- Hidrocarburos, cetonas, alcoholes, ésteres.
- Metales alcalinos, alcalinotérreos.
- Hidrocarburos halogenados
- Ácidos orgánicos



3.9.6. Solventes formadores de peróxidos

Dentro de los residuos generados en los LQB existen sustancias formadoras de peróxidos, algunos compuestos que forman peróxidos pueden reaccionar de manera violenta generando una explosión al ser destilados; el oxígeno atmosférico es suficiente para que se creen peróxidos, para evitar este tipo de accidentes se detallan en el cuadro 9 cuáles son esas sustancias y el tiempo de almacenamiento.

CUADRO 8 Sustancias formadoras de peróxidos

| Severo peligro de producción de peróxido durante el almacenamiento con exposición al aire. Desechar en 3 meses | |
|---|---|
| Éter diisopropílico | Amida de sodio (sodamida) |
| Divinilacetileno | Cloruro de vilideno (1,1-Dicloroetileno) |
| Potasio metálico | Amida de potasio |
| Peligro de peróxido en concentración: no destilar o evaporar sin hacer antes la prueba de perdidos: desechar o probar para perdidos después de 6 meses | |
| Dietil acetaldehído (acetal) | Dimetil etilen glicol éter (GLYME) |
| Cumeno (Isopropilbenceno) | Éter acético etilen glicol |
| Ciclohexeno | Etilen glicol monoéteres |
| Decalin | (CELLOSOLVES) |
| Diciclopentadieno | Furano |
| Dietil éter | Metilacetileno |
| Dietilenglicol dimetil éter (diglime) | Metil isobutil cetona |
| Diacetileno | Tetrahidrofurano |
| | Tetralin |
| | Éteres vinílicos |
| | Metilciclopentano |
| Peligro de polimerización rápida, iniciada por formaciones internas de peróxidos | |
| Lista A: Líquidos normales (desechar o hacer prueba de peróxidos después de 6 meses) | Lista B: Gases normales (desechar después de 12 meses) |
| Cloropreno | Butadieno |
| Estireno | Tetrafluoroetileno |
| Acetato de vinilo | Vinilacetileno |
| Vinilpiridina | Cloruro de vinilo |

Fuente: (Mercader Trejo, 2002)



3.9.7. Vertidos

Se pueden desechar residuos no peligrosos siempre que no superen los límites establecidos por las leyes, con abundante agua. También se pueden desechar residuos peligrosos siempre y cuando se haya eliminado la característica que lo hacía peligroso, mediante neutralización o algún tratamiento. (Mercader Trejo, 2002)

- Haluros de ácidos orgánicos: Añadir NaHCO_3 y agua. Verter al desagüe.
- Sales inorgánicas: Añadir un exceso de Na_2CO_3 y agua. Dejar en reposo (24h). Neutralizar (HCl 6M). Verter al desagüe.
- Ácidos inorgánicos: Diluir con agua en una proporción de 1:10 y neutralización con NaOH 1N, hasta que la disolución tenga un pH sobre 7.
- Oxidantes: Tratar con un reductor. Neutralizar. Verter al desagüe.
- Reductores: Añadir Na_2CO_3 y agua (hasta suspensión). Dejar en reposo (2h). Neutralizar. Verter al desagüe.
- Bases inorgánicas y amoníaco: Neutralizar. Verter al desagüe.
- Peróxidos inorgánicos: Diluir. Verter al desagüe.
- Sulfuros inorgánicos: Añadir una disolución de FeCl_3 con agitación. Neutralizar (Na_2CO_3). Verter al desagüe.

3.10. Responsabilidad compartida

El personal que trata con residuos químicos peligrosos debe tener un nivel aceptable de estos conocimientos, así como conocer las principales leyes que tratan sobre la materia. Si no fuera así, se debe formar al personal mediante cursos impartidos por expertos. Tal como se indica en el objetivo de este plan, la responsabilidad compartida es uno de los principios de los planes de manejo, por lo cual se proponen tareas básicas para el personal y usuarios de los Laboratorios de Química Básica I y II.

3.10.1. Coordinadora

- Se encargará de supervisar que el plan de manejo se cumpla correctamente de acuerdo a lo dispuesto en la Ley.



- Promoverá juntas para la mejora continua del manejo de residuos peligrosos.

3.10.2. Técnicos académicos

- El cuerpo académico serán quienes proporcionen capacitación a los (as) laboratoristas respecto al manejo de residuos peligrosos y el conocimiento del plan de manejo.
- Las responsabilidades de los cuerpos académicos con los alumnos serán:
 - Dar a conocer el plan de manejo de residuos peligrosos de los LQB.
 - Indicar la forma correcta de etiquetar los residuos de acuerdo al modelo anteriormente descrito.
 - Promover en el alumno el uso de hojas de seguridad y manejo de reactivos antes de iniciar una práctica de laboratorio con la finalidad de evitar accidentes.
 - Instruir al estudiante en la identificación y clasificación de un residuo peligroso como lo indica la NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993 así como las incompatibilidades químicas entre los recipientes contenedores de residuos y las sustancias almacenadas.

3.10.3. Laboratoristas

- Auxiliará en el inventario de residuos a los prestadores de servicio social.
- Dará tratamiento a los residuos que así se halla dispuesto.

3.10.4. Prestadores de Servicio Social

- Recolectará los residuos generados durante las prácticas.
- Inspeccionará que los alumnos etiqueten correctamente los residuos generados durante las prácticas para disminuir los residuos desconocidos contabilizados.
- Comprobará que los envases no presenten fisuras y cuenten con sus respectivas tapas así como que no haya ningún vertido en el suelo donde se almacenan los residuos.



- Realizará al final del semestre el inventario de los residuos generados.

3.10.5. Alumnos

- Investigarán, previo a las prácticas a realizar, la manipulación, el equipo de protección personal, las características de peligrosidad y la disposición final de los reactivos a utilizar.
- Se encargarán de etiquetar correctamente los residuos generados.

3.11. Medidas para prevenir y contender contingencias

3.11.1. Prevención en caso de derrames

En el cuadro 9 se enlistan algunas acciones a realizar en caso de derrames en el área de almacenamiento de los residuos químicos peligrosos, a continuación se detallan las medidas de acción en el caso de 3 grupos químicos que se encuentran comúnmente en los LQB:

- Líquidos inflamables: Se deben adsorber con carbón activado, adsorbentes comerciales o una mezcla de carbonato de sodio, diatomita y arena (1:1:1 en peso).
- Ácidos: Para la neutralización de los ácidos lo mejor es emplear los adsorbentes neutralizadores comerciales, sin embargo se puede emplear bicarbonato de sodio al 5%. Una vez realizada la neutralización se debe lavar la superficie con abundante agua y detergente.
- Bases: Emplear para su neutralización ácido clorhídrico diluido (0.1 M). Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

3.11.2. Primeros auxilios

Los riesgos en los laboratorios producidos por reactivos químicos suelen ser los mismos en cualquier laboratorio universitario, por lo cual se han tomado fragmentos de las guías de seguridad en los laboratorios de prácticas de la Universidad de Alcalá, España.



CUADRO 9 Procedimiento en caso de derrames

| SUSTANCIA | PROCEDIMIENTO |
|---------------------------------|--|
| Aldehídos | Solución de bisulfito de sodio en exceso |
| Aminas | Bisulfato de sodio, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico |
| Derivados de ácidos orgánicos | Bicarbonato de sodio |
| Cetonas | Solución de bisulfito de sodio en exceso |
| Cianuros | Solución de hipoclorito de sodio, reposar por 24 horas. Mantener siempre un pH básico |
| Halogenuros orgánicos | Mezcla de carbonato de sodio, diatomita y arena (1:1:1 en peso) en exceso, lavar con agua y jabón el lugar |
| Metales alcalinos | Alcohol isopropílico en exceso |
| Disoluciones de metales pesados | Formar derivados insolubles o recoger y precipitar |
| Oxidantes | Solución de algún reductor (bisulfitos, tiosulfatos) 6 mol/L y neutralizar |
| Peróxidos | Mezcla de carbonato de sodio, diatomita y arena (1:1:1 en peso) en exceso |
| Reductores | Carbonato de sodio y agua hasta formar una suspensión, reposar por 2 horas y neutralizar |
| Sales inorgánicas | Carbonato de sodio, reposar por 24 horas y neutralizar con HCl 6 mol/L |

Fuente: (Alfaro Vargas)

➤ Quemaduras

- Las pequeñas quemaduras producidas por material caliente, baños, placas o mantas calefactoras, etc., se tratarán lavando la zona afectada con agua fría durante 10-15 minutos. Las quemaduras más graves requieren atención médica inmediata. No utilizar cremas y pomadas grasas en las quemaduras graves.

➤ Cortes

- Lavar bien, con abundante agua corriente, durante 10 minutos como mínimo. Si son pequeños y dejan de sangrar en poco tiempo, lavar con agua y jabón y cubrir con una venda o apósito. Si son grandes y no paran de sangrar, requiere asistencia médica inmediata.

➤ Derrame de productos químicos sobre la piel

- Los productos químicos que se hayan vertido sobre la piel han de ser lavados inmediatamente con agua corriente abundante, como mínimo durante 15 minutos. Las regaderas de seguridad instaladas en los laboratorios serán utilizadas en aquellos casos en que la zona afectada del cuerpo sea grande y no sea suficiente el lavado en un fregadero. Es necesario sacar toda la ropa contaminada a la persona afectada lo antes



posible mientras esté bajo la ducha. Proporcionar asistencia médica a la persona afectada.

- Actuación en caso de producirse corrosiones en la piel
 - Por ácidos. Cortar lo más rápidamente posible la ropa. Lavar con abundante agua la zona afectada. Neutralizar la acidez con bicarbonato sódico durante 15-20 minutos. Remover el exceso de pasta formada, secar y cubrir la parte afectada con linimento óleo-calcáreo o parecido.
 - Por álcalis. Lavar la zona afectada con abundante agua y aclararla con una disolución saturada de ácido bórico o con una disolución de ácido acético al 1%. Secar y cubrir la zona afectada con una pomada de ácido tánico.

- Contacto de álcalis con los ojos
 - Lavar con abundante agua por 15-20 min. Lavar con solución de ácido bórico al 1% por 10-15 min.

- Actuación en caso de ingestión de productos químicos.
 - Antes de cualquier actuación concreta pedir asistencia médica. Si el paciente está inconsciente, colocarlo en posición inclinada, con la cabeza de lado, y preferentemente la lengua hacia fuera. Si está consciente, mantenerlo apoyado.
 - No provocar el vómito si el producto ingerido es corrosivo.

- Actuación en caso de inhalación de productos químicos.
 - Conducir inmediatamente a la persona afectada a un sitio con aire fresco. Al primer síntoma de dificultad respiratoria, iniciar la respiración artificial boca a boca. El oxígeno se ha de administrar únicamente por personal capacitado.
 - Si se trata de un gas, utilizar el tipo adecuado de máscara para gases durante el tiempo que dure el rescate del accidentado. Si la máscara disponible no es la adecuada, será necesario aguantar la respiración el máximo posible mientras se esté en contacto con los vapores tóxicos.

3.11.3. Botiquín

El botiquín debe conservar la dotación de materiales indicados para proporcionar atención inmediata en caso de un accidente, estar ubicado en un lugar seco y visible y deberá revisarse periódicamente para asegurar que los materiales estén completos; los botiquines contienen y se clasifican de la siguiente manera (COVAMI, 2011):



- Material de seguridad
 - Varios pares de guantes de látex
 - Mascarilla con válvula de un solo paso para respiración artificial

- Material seco
 - Torundas de algodón
 - Gasas de 5 x 5 cm.
 - Compresas de gasas de 10 x 10 cm.
 - Tela adhesiva y/o quirúrgica
 - Vendas elásticas en rollo de 5 cm.
 - Vendas elásticas en rollo de 10 cm.
 - Vendas de gasa en rollo de 5 cm.
 - Vendas de gasa en rollo de 10 cm.
 - Abatelenguas
 - Apósito de tela y/o vendas adhesivas
 - Venda triangular
 - Sábana térmica

- Material líquido
 - Cloruro de bazalconio (Benzal, solución para heridas)
 - Jabón neutro, preferentemente líquido
 - Vaselina
 - Agua hervida o estéril

- Instrumental
 - Tijeras rectas y tijeras de botón (punta roma)
 - Pinzas Kelly rectas
 - Pinzas de disección sin dientes
 - Termómetro

- Material complementario
 - Linterna de mano
 - Tablillas de madera o cartón para inmovilizar
 - Hisopos de algodón
 - Lápiz/pluma y papel



GLOSARIO

- **Adsorción:** Proceso por el cual átomos o moléculas de una sustancia que se encuentra en determinada fase, son retenidos en la superficie de otra sustancia, que se encuentra en otra fase. Como resultado de este proceso, se forma una capa de líquido o gas en la superficie de una sustancia sólida o líquida.
- **Aprovechamiento de residuos:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.
- **Caracterización:** Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.
- **Cáustico:** Sustancia que quema o corroe los tejidos.
- **Disposición final:** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.
- **Equilibrio ecológico:** La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.
- **Explosivo:** Sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve.
- **Gran generador:** Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- **Inflamable:** Que se enciende con facilidad y desprende inmediatamente llamas.
- **Manejo Integral:** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos,



individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

- **Microgenerador:** Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- **Minimizar:** Proceso que tiene por objeto la reducción, en este caso de residuos.
- **Pequeño generador:** Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a 400 kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- **PH:** Potencial de hidrogeno; es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia.
- **Plan de Manejo:** Instrumento que tiene por objeto minimizar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los que se generan, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.
- **Precipitación química:** proceso químico de tres pasos que consiste en: coagulación, floculación y sedimentación.
- **Reactivo:** Elementos químicos que establecen una interacción con otras sustancias en el marco de una reacción química, generando una sustancia con propiedades diferentes que recibe el nombre de producto.
- **Residuo:** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.
- **Residuo incompatible:** Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos.
- **Residuo peligroso:** Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como



envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

- **Responsabilidad compartida:** Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.
- **Toxicidad:** Cantidad de una sustancia que, bajo un conjunto específico de condiciones, causa efectos perjudiciales en el medio ambiente y la salud.
- **Valorización:** Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.



BIBLIOGRAFÍA

- Alcañiz, E. d. (1995). *La seguridad en los laboratorios de practicas*. Recuperado el 08 de mayo de 2015, de <http://www2.uah.es/edejesus/seguridad.htm>
- Alfaro Vargas, A. (s.f.). *Instructivo de Manejo de Desechos Residuos Químicos*. Recuperado el 15 de mayo de 2015, de <http://www.vra.ucr.ac.cr/sites/default/files/adjuntos/Manejo%20de%20desechos%20residuos%20qu%C3%ADmicos.pdf>
- Al-Químicos. (13 de abril de 2007). *Al-Químicos*. Recuperado el 03 de mayo de 2015, de <http://al-quimicos.blogspot.mx/2007/04/nitruros.html>
- Álvarez Chavez, C. R., Arce Corrales, M. E., & Parra Vergara, N. V. (2003). *Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora*. Universidad de Sonora, Ciencias Químicas Biológicas. Hermosillo: Universidad de Sonora. Recuperado el 20 de mayo de 2015
- Archila, L. F., Gómez, L. V., & Noriega Lalinde, J. (13 de noviembre de 2011). *Recuperación de Desechos*. México. Recuperado el 14 de mayo de 2015, de <http://es.slideshare.net/jessinoriegalalinde/recuperacin-de-desechos>
- Arias Acuña, F. (2006). *Química Orgánica*. San José, Costa Rica: EUNED. Recuperado el 04 de mayo de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=TL98uAXZ3JQC&pg=PA246&dq=que+son+las+aminas&hl=es&sa=X&ei=vhJiVZGLOciCyQT-6YHAAQ&ved=0CCEQ6AEwAQ#v=onepage&q=que%20son%20las%20aminas&f=false>
- Arzúa García, A. (26 de Noviembre de 2008). *Aspectos Jurídicos de la Gestión de Residuos Peligrosos en México*. Aguascalientes, México.
- Basurto González, D. (15 de Noviembre de 2007). *Manejo de Materiales y Residuos Peligrosos*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/398/basurto.html>
- Benavides González, H. (17 de Abril de 2013). *PREVENCIÓN Y GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*. Nuevo Leon, México.
- Carbajal, R. M. (2014). *EXPOC Comunicación de Sustentabilidad y RSE*. Obtenido de <http://www.expoknews.com/6-preguntas-sobre-plan-de-manejo-de-residuos-peligrosos/>
- Cortinas de Nava, C. (2007). *Regulación de los Residuos Peligrosos en México*. México: SEMARNAT. Obtenido de http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/regulacion_de_rp_en_mexico_2007.pdf



- Cortinas de Nava, C. (2007). Residuos peligrosos y no peligrosos y su perspectiva en México.
- Cortinas de Nava, C. (s.f.). *Formato único de Planes de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, Residuos Químicos Peligrosos y Residuos Biológico Infecciosos de las instituciones educativas*. México. Recuperado el 10 de abril de 2015
- COVAMI. (2011). *COVAMI soluciones seguras*. Recuperado el 05 de mayo de 2015, de <http://www.covami.com/articles/que-debe-contener-un-botiquin-de-primeros-auxilios>
- Diario Oficial de la Federación. (28 de Enero de 1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
- Diario Oficial de la Federación. (1999). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México.
- Diario Oficial de la Federación. (08 de octubre de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir.htm>
- Diario Oficial de la Federación. (30 de Noviembre de 2006). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de <http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-GENERAL-PARA-LA-PREVENCION-Y-GESTION-INTEGRAL-DE-LOS-RESIDUOS.pdf>
- Ercoli, E. C. (24 de Noviembre de 1998). *Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental*. Recuperado el 26 de Mayo de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/remediacion/tema11.pdf>
- Fernández Escamilla, F. (s.f.). Manejo de Residuos Peligrosos. Yucatán, México.
- Fernández, G. (29 de junio de 2008). *Química orgánica*. Recuperado el 02 de mayo de 2015, de <http://www.quimicaorganica.org/esteres.html>
- Glagovsky, H. E. (s.f.). *Gestiopolis*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/teoria-del-analisis-foda/>
- Gómez , R., & Chavez, R. (abril de 2015). Inventario residuos de los Laboratorios de Química Básica 2015. Coatzacoalcos, Veracruz, México.
- Gómez Morales, R. (24 de marzo de 2015). Entrevista a prestador de servicio social de los Laboratorios de Química Básica. (R. M. Chavez Vargas, Entrevistador)
- González Hernández, E. E. (08 de Junio de 2012). Registro y Evaluación del Contenido de Planes de Manejo de Residuos Mineros. Ixtapa, Guerrero, México:



- SEMARNAT. Obtenido de <https://www.camimex.org.mx/files/4513/6177/3708/2-1.pdf>
- HALÉCO. (2014). *HALÉCO*. Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de <http://www.haleco.es/producto/000-695-93-cubeta-de-retencion-de-polietileno-con-fondo-plano-para-bidones-y-garrafas-100-litros-99-cm-x-64-5-cm-x-14-5-cm/>
- Hinkamp, D. (2001). Ácidos inorgánicos. En O. I. Trabajo, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (C. Pawlowsky, Trad., Cuarta ed., Vol. 4). España: Chantal Dufresne, BA. Recuperado el 20 de mayo de 2015
- INECC. (31 de marzo de 2005). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/34/parte2.html>
- INECC. (15 de noviembre de 2007). El marco legal de los residuos en México. México. Recuperado el agosto de 2014, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/495/marco.html>
- INECC. (15 de 11 de 2007). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Recuperado el 01 de febrero de 2015, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/33/convenios.html>
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México: Reverté S.A. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=5NR8Dlk1n68C&pg=PA621&lpg=PA621&dq=tratamiento+por+precipitaci%C3%B3n+quimica+en+residuos+peligrosos&source=bl&ots=k5gfJ8wjKk&sig=h-_1JIFy-Ykcfrr4xBJ9udVnD-E&hl=es-419&sa=X&ei=XERIVbTAG6TnsAT-iYGABw&ved=0CB0Q6AEwAA#v=o
- Maria Bertini, L. (2009). *Gestión de Residuos Generados en Laboratorios de Enseñanza de la Química de Entidades Universitarias*. Universidad Nacional de San Martín. Recuperado el 18 de mayo de 2015
- Marín Feria , C. (24 de marzo de 2015). Entrevista a laboratorista de los Laboratorios de Química Básica. (R. M. Chavez Vargas, Entrevistador)
- Matias Ostos, J. A. (27 de mayo de 2015). Entrevista a usuarios de los Laboratorios de Química Básica. (R. M. Chavez Vargas, Entrevistador)
- MATRIZ FODA. (2011). *MATRIZ FODA*. Obtenido de <http://www.matrizfoda.com/home.html>
- Mendoza Valenzuela, L. (22 de Octubre de 2008). Simposio de Legislación y Control de la Contaminación por Residuos en la Región Fronteriza. México.
- Mercader Trejo, F. (2002). *Manejo de Residuos de Laboratorio*. Queretaro, México: Centro Nacional de Metrología. Recuperado el 22 de abril de 2015



PROFEPA. (10 de Febrero de 2014). *PROFEPA*. Recuperado el 02 de Enero de 2015, de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/1370/1/mx/control_de_residuos_peligrosos.html

Química y algo mas. (23 de mayo de 2011). *Química y algo mas*. Recuperado el 02 de mayo de 2015, de <http://www.quimicayalgomas.com/quimica-organica/acidos-organicos-parte-1/>

Salazar Salas, J. M. (s.f.). Planes de Manejo de Residuos. México. Obtenido de catehe.com/09_boletines/2011/b328/b328.ppt

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL. (27 de Octubre de 2000). NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. México: Diario Oficial de la Federación .

SEMARNAT. (23 de Junio de 2006). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-SEMARNAT-2005, QUE ESTABLECE LAS CARACTERÍSTICAS, EL PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LOS LISTADOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS. México: Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT. (2012). NOMS en materia de residuos peligrosos. Obtenido de <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-residuos-peligrosos>

SEMARNAT. (2014). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de <http://tramites.semarnat.gob.mx/index.php/residuos-peligrosos/registros/169-semarnat-07-024-registro-plan-de-manejo>

Sociedad Americana de Química. (2002). *Seguridad en los Laboratorios Químicos Académicos* (7ma. ed., Vol. 1). Recuperado el 18 de abril de 2015, de <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/seguridad-en-los-laboratorios-quimicos-acadu00e9micos-acadu00e9mico.pdf>

Ugalde, V. (s.f.). Problemas jurídicos de la gestión gubernamental de los residuos. México. Obtenido de http://www.ceja.org.mx/IMG/PyGA_Art_Vicente_Ugalde.pdf

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2011). Principios e instalaciones de almacenamiento. Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358043/exe/leccin_32_principios_e_instalaciones_de_almacenamiento.html

Vázquez A. , J. (15 de marzo de 2013). Almacen de Residuos Peligrosos. Recuperado el 10 de mayo de 2015, de <http://es.slideshare.net/jesusvazquezalv/almacen-de-residuos-peligrosos>



- Vázquez A., J. (17 de febrero de 2013). Manejo de Residuos Peligrosos. 35. México. Recuperado el 10 de mayo de 2015, de <http://es.slideshare.net/jesusvazquezalv/manejo-de-residuos-peligrosos-16588110?related=1>
- Viveros Cubillos, G. (24 de marzo de 2015). Entrevista a docente de los Laboratorios de Química Básica. (R. M. Chavez Vargas, Entrevistador)
- Ye Gómez, M. E. (24 de marzo de 2015). Entrevista a la coordinadora de los Laboratorios de Química Básica. (R. M. Chavez Vargas, Entrevistador)
- Yerga, D. M. (s.f.). Residuos Químicos en un laboratorio. Recuperado el 10 de mayo de 2015, de <http://es.slideshare.net/yerga/residuos-quimicos-en-un-laboratorio>
- Yurkanis Bruice, P. (2008). *Química orgánica* (Quinta ed.). (V. G. Pozo, Trad.) México, México: Pearson Educación. Recuperado el 03 de mayo de 2015, de <http://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookRead.aspx>



ANEXOS

Clasificación de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se consideran residuos peligrosos biológico-infecciosos los siguientes:

- La sangre
 - La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como los derivados no comerciales, incluyendo las células progenitoras, hematopoyéticas y las fracciones celulares o a celulares de la sangre resultante (hemoderivados).
- Los cultivos y cepas de agentes biológico-infecciosos
 - Los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación, así como los generados en la producción y control de agentes biológico-infecciosos.
 - Utensilios desechables usados para contener, transferir, inocular y mezclar cultivos de agentes biológico-infecciosos.
- Los patológicos
 - Los tejidos, órganos y partes que se extirpan o remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica, que no se encuentren en formol.
 - Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico, excluyendo orina y excremento.
 - Los cadáveres y partes de animales que fueron inoculados con agentes enteropatógenos en centros de investigación y bioterios.
- Los residuos no anatómicos

Son residuos no anatómicos los siguientes:

- Los recipientes desechables que contengan sangre líquida.



- Los materiales de curación, empapados, saturados, o goteando sangre o cualquiera de los siguientes fluidos corporales: líquido sinovial, líquido pericárdico, líquido pleural, líquido Céfal-Raquídeo o líquido peritoneal.
 - Los materiales desechables que contengan esputo, secreciones pulmonares y cualquier material usado para contener éstos, de pacientes con sospecha o diagnóstico de tuberculosis o de otra enfermedad infecciosa según sea determinado por la SSA mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.
 - Los materiales desechables que estén empapados, saturados o goteando sangre, o secreciones de pacientes con sospecha o diagnóstico de fiebres hemorrágicas, así como otras enfermedades infecciosas emergentes según sea determinado por la SSA mediante memorándum interno o el Boletín Epidemiológico.
 - Materiales absorbentes utilizados en las jaulas de animales que hayan sido expuestos a agentes enteropatógenos.
- Los objetos punzocortantes
- Los que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, únicamente: tubos capilares, navajas, lancetas, agujas de jeringas desechables, agujas hipodérmicas, de sutura, de acupuntura y para tatuaje, bisturís y estiletes de catéter, excepto todo material de vidrio roto utilizado en el laboratorio, el cual deberá desinfectar o esterilizar antes de ser dispuesto como residuo municipal.

Tabla 2: Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

**TABLA 2. Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT**

| No. CAS ¹ | Contaminante | LMP ² (mg/L) |
|---|---|-------------------------|
| CONSTITUYENTES INORGANICOS (METALES) | | |
| 7440-38-2 | Arsénico | 5.0 |
| 7440-39-3 | Bario | 100.0 |
| 7440-43-9 | Cadmio | 1.0 |
| 7440-47-3 | Cromo | 5.0 |
| 7439-97-6 | Mercurio | 0.2 |
| 7440-22-4 | Plata | 5.0 |
| 7439-92-1 | Plomo | 5.0 |
| 7782-49-2 | Selenio | 1.0 |
| CONSTITUYENTES ORGANICOS SEMIVOLATILES | | |
| 94-75-7 | Acido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) | 10.0 |
| 93-72-1 | Acido 2,4,5-Triclorofenoxipropiónico (Silvex) | 1.0 |
| 57-74-9 | Clordano | 0.03 |
| 95-48-7 | o-Cresol | 200.0 |
| 108-39-4 | m-Cresol | 200.0 |
| 106-44-5 | p-Cresol | 200.0 |
| 1319-77-3 | Cresol | 200.0 |
| 121-14-2 | 2,4-Dinitrotolueno | 0.13 |
| 72-20-8 | Endrin | 0.02 |
| 76-44-8 | Heptacloro (y su Epóxido) | 0.008 |
| 67-72-1 | Hexacloroetano | 3.0 |
| 58-89-9 | Lindano | 0.4 |
| 74-43-5 | Metoxicloro | 10.0 |
| 98-95-3 | Nitrobenceno | 2.0 |
| 87-86-5 | Pentaclorofenol | 100.0 |
| 8001-35-2 | Toxafeno | 0.5 |
| 95-95-4 | 2,4,5-Triclorofenol | 400.0 |
| 88-06-2 | 2,4,6-Triclorofenol | 2.0 |
| CONSTITUYENTES ORGANICOS VOLATILES | | |
| 71-43-2 | Benceno | 0.5 |
| 108-90-7 | Clorobenceno | 100.0 |
| 67-66-3 | Cloroformo | 6.0 |
| 75-01-4 | Cloruro de Vinilo | 0.2 |
| 106-46-7 | 1,4-Diclorobenceno | 7.5 |
| 107-06-2 | 1,2-Dicloroetano | 0.5 |
| 75-35-4 | 1,1-Dicloroetileno | 0.7 |
| 118-74-1 | Hexaclorobenceno | 0.13 |
| 87-68-3 | Hexaclorobutadieno | 0.5 |
| 78-93-3 | Metil etil cetona | 200.0 |
| 110-86-1 | Piridina | 5.0 |
| 127-18-4 | Tetracloroetileno | 0.7 |
| 56-23-5 | Tetracloruro de Carbono | 0.5 |
| 79-01-6 | Tricloroetileno | 0.5 |

¹ No. CAS: Número del Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos) ² LMP: Límite Máximo Permissible
Fuente: (SEMARNAT, 2006)



Apéndice F de de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

F.1 El esquema del sistema debe ser un rombo, como lo muestra la figura F.1.

F.2 El rombo debe tener cuatro divisiones como lo muestra la figura F.1, con los colores de fondo y contrastante de acuerdo a la Tabla A.1, con el siguiente orden:

- a) riesgo a la salud, en color azul;
- b) riesgo de inflamabilidad, en color rojo;
- c) riesgo de reactividad, en color amarillo;
- d) riesgos especiales, en color blanco.

F.3 Se debe clasificar a la sustancia de acuerdo con los criterios de clasificación de grado de riesgo establecidos en las Tablas E.3, E.4 y F.1.

F.4 Para identificar los riesgos especiales se debe:

- a) usar las letras OXI para indicar la presencia de una sustancia oxidante;
- b) usar el símbolo W para indicar que una sustancia puede tener una reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua;
- c) opcionalmente usar las letras o símbolos del equipo de protección personal.

F.5 Variables permitidas en el modelo rombo:

- a) agregar el nombre de la sustancia en el entorno de la figura;
- b) agregar las letras o símbolos del equipo de protección personal, en un recuadro, en el entorno del modelo, con fondo color blanco, y letras y símbolos en color contrastante, según lo establecido en la Tabla A.1.

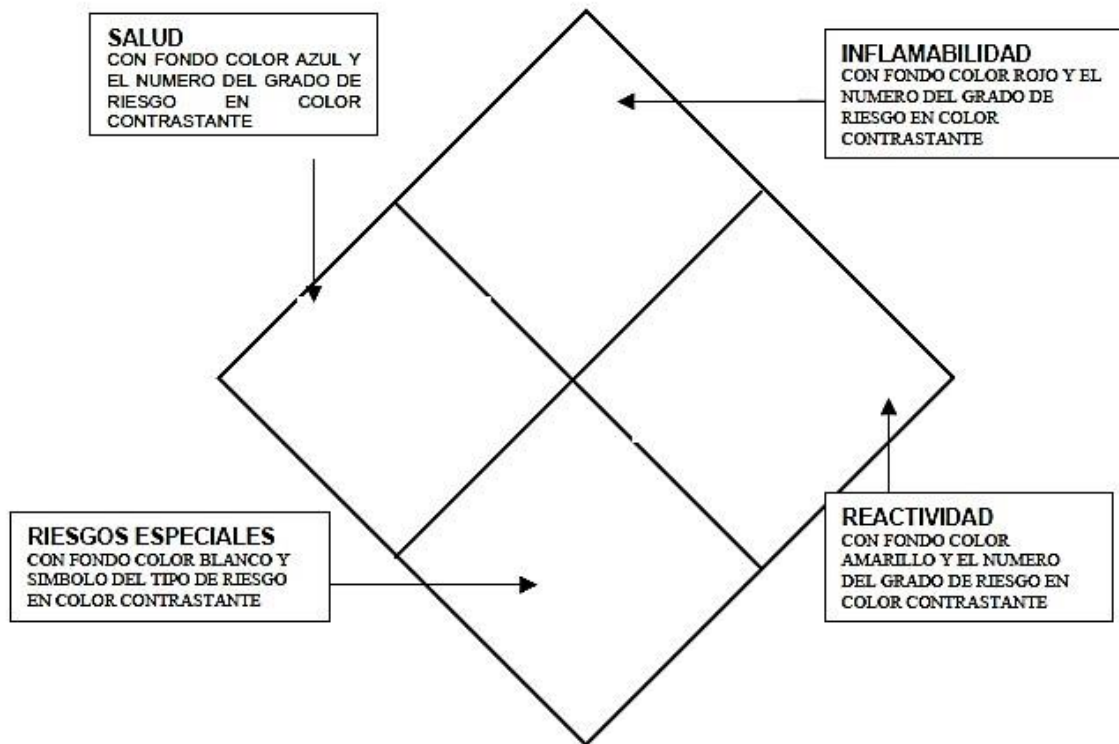


Figura 10 Ejemplo de identificación del modelo rombo

Fuente: (SEMARNAT, 2006)



Tablas A.1, E3, E4, F.1 y apéndice F de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

CUADRO 9 Criterios de clasificación de grados de riesgo a la salud (Tabla F.1)

| GRADO DE RIESGO | CARACTERÍSTICA DE LA SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA |
|-----------------|---|
| 4 | Sustancias que bajo condiciones de emergencia, pueden ser letales. Los siguientes criterios deben considerarse en la clasificación: Gases cuya CL50 de toxicidad aguda por inhalación sea menor o igual a 1,000 ppm. Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C sea igual o mayor que diez veces su CL50 para toxicidad aguda por inhalación, siempre y cuando su CL50 sea menor o igual a 1,000 ppm. Polvos y neblinas cuya CL50 para toxicidad aguda por inhalación sea menor o igual a 0.5 mg/l. Sustancias cuya DL50 para toxicidad dérmica aguda sea menor o igual a 40 mg/kg. Sustancias cuya DL50 para toxicidad oral aguda sea menor o igual a 5 mg/kg. |
| 3 | Sustancias que bajo condiciones de emergencia, pueden causar daños serios o permanentes. Los siguientes criterios deben considerarse en la clasificación: Gases cuya CL50 de toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 1,000 ppm, pero menor o igual a 3,000 ppm. Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C sea igual o mayor que su CL50 para toxicidad aguda por inhalación, siempre y cuando su CL50 sea menor o igual a 3,000 ppm y que no cumpla los criterios para el grado 4 de peligro. Polvos y neblinas cuya CL50 para toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 0.5 mg/l, pero menor o igual a 2 mg/l. Sustancias cuya DL50 para toxicidad dérmica aguda sea mayor que 40 mg/kg, pero menor o igual a 200 mg/kg. Sustancias que sean corrosivas al tracto respiratorio. Sustancias que sean corrosivas a los ojos o que causen opacidad corneal irreversible. Sustancias que sean irritantes y/o corrosivas severas para la piel. Sustancias cuya DL50 para toxicidad oral aguda sea mayor que 5 mg/kg, pero menor o igual a 50 mg/kg. |
| 2 | Sustancias que bajo condiciones de emergencia, pueden causar incapacidad temporal o daño residual. Los siguientes criterios deben considerarse en la clasificación: Gases cuya CL50 de toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 3,000 ppm, pero menor o igual a 5,000 ppm. Cualquier líquido cuya concentración de vapor saturado a 20°C sea igual o mayor que un quinto de su CL50 para toxicidad aguda por inhalación, siempre y cuando su CL50 sea menor o igual a 5,000 ppm y que no cumpla los criterios para los grados 3 o 4 de peligro. Polvos y neblinas cuya CL50 para toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 2 mg/l y menor o igual a 10 mg/l. Sustancias cuya DL50 para toxicidad dérmica aguda sea mayor que 200 mg/kg, y menor o igual a 1,000 mg/kg. Sustancias que sean irritantes al tracto respiratorio. Sustancias que causen irritación y daño reversible en los ojos. |
| 1 | Sustancias que bajo condiciones de emergencia pueden causar irritación significativa. Los siguientes criterios deben considerarse en la clasificación: Gases cuya CL50 de toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 5,000 ppm, y menor o igual a 10,000 ppm. Polvos y neblinas cuya CL50 para toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 10 mg/l, y menor o igual a 200 mg/l. Sustancias cuya DL50 para toxicidad dérmica aguda sea mayor que 1,000 mg/kg, y menor o igual a 2,000 mg/kg. |
| 0 | Sustancias que bajo condiciones de emergencia, no ofrecen mayor peligro que el de los materiales combustibles ordinarios. Los siguientes criterios deben considerarse en la clasificación: Gases cuya CL50 de toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 10,000 ppm. Polvos y neblinas cuya CL50 para toxicidad aguda por inhalación sea mayor que 200 mg/l. Sustancias cuya DL50 para toxicidad dérmica aguda sea mayor que 2,000 mg/kg. Sustancias cuya DL50 para toxicidad oral aguda sea mayor que 2,000 mg/kg. Sustancias no irritantes del tracto respiratorio, ojos y piel. |

Fuente: (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2000)

**CUADRO 10** Criterios de clasificación de grados de riesgo de inflamabilidad (Tabla E.3)

| GRADO DE RIESGO | CARACTERÍSTICA DE LA SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA |
|-----------------|--|
| 4 | <p>Sustancias que vaporizan rápida o completamente a presión atmosférica y a temperatura ambiente normal o que se dispersan con facilidad en el aire y que arden fácilmente, éstas incluyen: Gases inflamables. Sustancias criogénicas inflamables. Cualquier líquido o sustancia gaseosa que es líquida mientras está bajo presión, y que tiene un punto de ignición por debajo de 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición por debajo de 37.8°C (100°F).</p> <p>Sustancias que arden cuando se exponen al aire.</p> <p>Sustancias que arden espontáneamente.</p> |
| 3 | <p>Líquidos y sólidos que pueden arder bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente, éstos incluyen: Líquidos que tienen un punto de ignición por debajo de 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición igual o mayor que 37.8°C (100°F), y aquellos líquidos que tienen un punto de ignición igual o mayor que 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición por debajo de 37.8°C (100°F). Sustancias que de acuerdo a su forma física o a las condiciones ambientales pueden formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan con facilidad en el aire. Sustancias que se queman con extrema rapidez, porque usualmente contienen oxígeno.</p> |
| 2 | <p>Sustancias que deben ser precalentadas moderadamente o expuestas a temperaturas ambiente relativamente altas, antes de que pueda ocurrir la ignición. Las sustancias en este grado de clasificación no forman atmósferas peligrosas con el aire bajo condiciones normales, pero bajo temperaturas ambiente elevadas o bajo calentamiento moderado, podrían liberar vapor en cantidades suficientes para producir atmósferas peligrosas con el aire, éstas incluyen: Líquidos que tienen un punto de ignición igual o mayor que 37.8°C (100°F) y por debajo de 93.4°C (200°F). Sustancias sólidas en forma de polvo que se queman con facilidad, pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire. Sustancias sólidas en forma de fibras que se queman con facilidad y crean peligro de fuego, como el algodón, henequén y cáñamo.</p> <p>Sólidos y semisólidos que despiden fácilmente vapores inflamables.</p> |
| 1 | <p>Sustancias que deben ser precalentadas antes de que ocurra la ignición requieren un precalentamiento considerable bajo todas las condiciones de temperatura ambiente, antes de que ocurra la ignición y combustión, éstas incluyen:</p> <p>Sustancias que se quemarán en el aire cuando se expongan a una temperatura de 815.5°C (1500°F) por un periodo de 5 minutos o menos. Líquidos, sólidos y semisólidos que tengan un punto de ignición igual o mayor que 93.4°C (200°F). Líquidos con punto de ignición mayor que 35°C (95°F) y que no sostienen la combustión cuando son probados usando el Método de Prueba para Combustión Sostenida. Líquidos con punto de ignición mayor que 35°C (95°F) en una solución acuosa o dispersión en agua con líquido/sólido no combustible en contenido de más de 85% por peso. Líquidos que no tienen punto de fuego cuando son probados por el método ASTM D 92, Standard Test Method for Flash Point and Fire Point by Cleveland Open Cup, hasta el punto de ebullición del líquido o hasta una temperatura en la cual muestra bajo prueba un cambio físico evidente. La mayoría de las sustancias combustibles ordinarias.</p> |
| 0 | <p>Sustancias que no se quemarán, éstas incluyen cualquier material que no se quemará en aire, cuando sea expuesto a una temperatura de 815.5°C (1,500°F), durante un periodo mayor de 5 minutos.</p> |

Fuente: (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2000)

**CUADRO 11** Criterios de clasificación de grados de riesgo de reactividad (Tabla E.4)

| GRADO DE RIESGO | CARACTERÍSTICA DE LA SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA |
|-----------------|---|
| 4 | Con facilidad son capaces de detonar o sufrir una detonación explosiva o reacción explosiva a temperaturas y presiones normales, se incluye a los materiales que son sensibles al choque térmico o al impacto mecánico a temperatura y presión normales. Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo (producto del calor de reacción y rango de reacción) a 250°C (482°F) de 1,000 W/ml o mayor. |
| 3 | Sustancias que por sí mismas son capaces de detonación o descomposición o reacción explosiva, pero que requieren una fuente de iniciación o que deben ser calentadas bajo confinamiento antes de su iniciación, éstas incluyen: Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250°C (482°F) igual o mayor que 100 W/ml y por debajo de 1,000 W/ml. Sustancias que son sensibles al choque térmico o impacto mecánico a temperaturas y presiones elevadas. Sustancias que reaccionan explosivamente con el agua sin requerir calentamiento o confinamiento. |
| 2 | Sustancias que sufren con facilidad un cambio químico violento a temperaturas y presiones elevadas, éstas incluyen: Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250°C (482°F) igual o mayor que 10 W/ml y por debajo de 100 W/ml. Sustancias que reaccionan violentamente con el agua o forman mezclas potencialmente explosivas con el agua. |
| 1 | Sustancias que por sí mismas son estables normalmente, pero que pueden convertirse en inestables a ciertas temperaturas y presiones, éstas incluyen: Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250°C (482°F) igual o mayor de 0.01 W/ml y por debajo de 10 W/ml. Sustancias que reaccionan vigorosamente con el agua, pero no violentamente. Sustancias que cambian o se descomponen al exponerse al aire, la luz o la humedad. |
| 0 | Sustancias que por sí mismas son estables normalmente, aun bajo condiciones de fuego, éstas incluyen: Sustancias que tienen una densidad de poder instantáneo a 250°C (482°F) por debajo de 0.01 W/ml. Sustancias que no reaccionan con el agua. Sustancias que no exhiben una reacción exotérmica a temperaturas menores o iguales a 500°C (932°F) cuando son probadas por calorimetría diferencial (differential scanning calorimetry). |

Fuente: (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2000)

CUADRO 12 Colores de fondo y colores contraste (Tabla A.1)

| COLOR DE FONDO | COLOR CONTRASTANTE DE LETRAS, NUMEROS Y SIMBOLOS |
|----------------|--|
| Rojo | Blanco |
| Azul | Blanco |
| Amarillo | Negro |
| Blanco | Negro |

Fuente: (SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 2000)