



EL SABER DE MIS NIJOS
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA

UNIDAD REGIONAL SUR

DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERIAS

QUIMICO-BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE QUIMICO BIÓLOGO

PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS
GENERADOS POR LOS LABORATORIOS DE
QUIMICA DEL AREA BASICA DE LA
UNIVERSIDAD DE SONORA (URS), SUS EFECTOS
A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO BIÓLOGO CLINICO

PRESENTA

Cruz Isabel Figueroa Beltrán

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



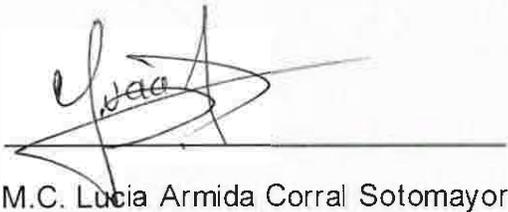
Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DECLARACION INSTITUCIONAL

Se permite y se agradece las citas breves del material contenido de este trabajo de tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de esta con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del jefe de Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur.

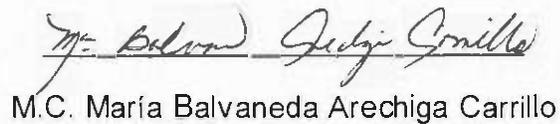
APROBACIÓN

Los miembros del Comité designados para revisar la tesis de **Cruz Isabel Figueroa Beltrán**, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como registro parcial para obtener el Título de Químico Biólogo Clínico.



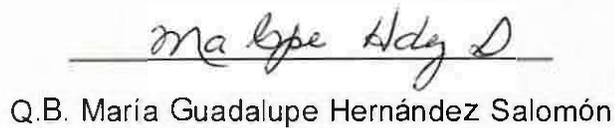
M.C. Lucia Armida Corral Sotomayor

PRESIDENTE



M.C. María Balvaneda Arechiga Carrillo

SECRETARIO



Q.B. María Guadalupe Hernández Salomón

VOCAL

M.C. Julio Cesar Duarte Ruiz

SUPLENTE

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Primeramente agradezco a **dios** por darme esta vida tan maravillosa y permitirme llegar a esta gran etapa de mi vida, porque las decisiones de dios son tan misteriosas pero siempre a nuestro favor.... Mil gracias.

A mi Directora de Tesis

Maestra Lucia le doy las gracias por el afecto, confianza, paciencia sobre todo y comprensión que día a día demostró hacia mí para que pudiera terminar este gran logro en mi vida por siempre agradecida su alumna que la quiere isabelita.... Muchas gracias.

A mis Sinodales

Maestras: **Balvaneda Arechiga y Lupita Hernández** muchas gracias por haber compartido sus conocimientos y su tiempo al asesorarme y guiarme en la realización de esta tesis con todo mi cariño se los agradezco a esas grandes y queridas personas.

A mis Amigos de la Universidad y del Trabajo

Gracias mis queridos y grandes amigos que estuvieron conmigo siempre apoyándome voluntaria o involuntariamente. Muchos de ustedes se involucraron más en la realización de esta tesis y otros con el solo hecho de que me decían hechale ganas tu eres grande y tú puedes con esas palabras de aliento me sentía muy feliz... los verdaderos amigos son los que dejan huella en tu corazón y ustedes siempre estarán en mi corazón muchas gracias.

Alguien especial

Gracias por apoyarme en cada momento que cuando ya me sentía caer tu siempre estuviste ahí para levantarme y darme la fuerza para seguir adelante con este gran logro en mi vida, motivarme cada vez más, me decías tu puedes eres una mujer fuerte, hazlo por tus hijas y padres. Gracias muchas gracias y cada vez que pueda te lo agradeceré con todo mi cariño y este logro también va por ti.....mil gracias.

DEDICATORIA

A mis padres

Quiero dedicar esta tesis con todo mi cariño y amor para mi madre **Balvaneda Beltrán Morales** y mi padre **Manuel Figueroa Robles**, ya que ellos hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi más grande agradecimiento los amo y muchas pero muchas gracias por todo.

A mis hijas

También quiero dedicar esta tesis a mis hijas **Camila** y **Ximena**, porque ellas tuvieron que soportar largas horas sin la compañía de su mamita, sin poder entender el por qué su mami prefería estar en la computadora y no acostada o jugando con ellas. A pesar de todo, cada vez que podíamos, al reunirnos aprovechábamos hermosos momentos en los que solo sus sonrisas me llenaban de ánimo y fuerzas para seguir adelante... Las amo con todo mi corazón mis princesas hermosas.

A mis Hermanos

Ignacio, Hilda Lorena y Manuel que con su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia, gracias por preocuparse por su hermana **chinita**. Pero sobre todo gracias por estar en otro momento tan importante en mi vida... los quiero.

INDICE

DECLARACION INSTITUCIONAL-----	I
APROBACION-----	II
AGRADECIMIENTOS-----	III
DEDICATORIA-----	IV
INDICE-----	V
LISTA DE TABLAS-----	VIII
LISTA DE FIGURAS-----	XII
RESUMEN-----	XIV
INTRODUCCION-----	XVII
OBJETIVO GENERAL-----	XX
OBJETIVOS PARTICULARES-----	XXI
Capitulo1. REVISION BIBLIOGRAFICA-----	1
1.1 Generalidades-----	1
1.1.1 Clasificación de Residuos-----	2
1.1.2 Consecuencias del Manejo Inadecuado de los Residuos Peligrosos-----	7
1.1.3 Efectos nocivos de algunas sustancias químicas-----	10
1.1.4 Peligrosidad de un Residuo-----	11
1.2 Diagnóstico de la Situación Actual de los Residuos Peligrosos en Nuestro País-----	23
1.2.1 Diagnostico de la Situación Actual de los Residuos Peligrosos en	

Sonora-----	30
1.2.2 Diagnostico de la Situación Actual en la Universidad de Sonora URS----	33
Capítulo 2. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS-----	36
2.1 Métodos de Tratamientos y Disposición Final de los Residuos Peligrosos-	39
2.1.1 Tratamiento Físico-----	41
2.1.2 Tratamiento Químico-----	42
2.1.3 Tratamiento Térmico-----	44
2.1.4 Tratamiento Biológico-----	45
2.1.5 Tratamiento de Residuos que Resultan de Mezclas de Sustancias-----	45
Capítulo 3. ALMACENAMIENTO-----	46
Capítulo 4. MARCO NORMATIVO-----	48
4.1 LGEEPA-----	50
4.1.1 Reglamento de la ley General Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos-----	53
4.1.2 Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos Peligrosos-----	53
4.1.3 Reglamento para el Transporte Terrestre de Material y Residuos Peligrosos-----	55
Capítulo 5. EFECTOS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE-----	59
Capítulo 6. ANTECEDENTES DELPROBLEMA-----	69
Capitulo 7. METODOLOGIA-----	72
7.1 Diagnóstico de la Generación de Residuos Peligroso Generados por Materia durante los Semestres 2014-1 y 2014-2 del área básica de Química-	78

7.2 Residuos Peligrosos de los Laboratorios del Área Básica de Química en la Universidad de Sonora URS-----	79
7.3 Reactivos Utilizados en los laboratorios de Química-----	92
Capítulo 8. METODO EXPERIMENTAL -----	93
8.1 Situación Actual de Residuos Peligrosos en los Laboratorios del Área Básica de Química de la Universidad de Sonora URS-----	94
8.1.1 Balance de Sustancias Químicas en los Laboratorios del Área Básica de Química URS-----	95
8.1.2 Tratamiento-----	95
8.1.3 Manejo-----	96
8.2 Protocolo de Manejo de Residuos Peligrosos y Disposición Final-----	99
CONCLUSION -----	109
BIBLIOGRAFIA -----	111
ANEXOS -----	118
ANEXO 1. NOM-052-SEMARNAT-93 -----	119
ANEXO 2. GENERACION ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN CATEGORIA DE GENERADOR (TONELADAS) -----	122
ANEXO 3. NOM-055-ECOL-1993 -----	123
ANEXO 4. ENCUESTA PARA ALUMNOS Y MAESTROS DEL AREA BASICA DE QUIMICA -----	125
ANEXO 5. ALMACENAMIENTO TEMPORAL -----	131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Residuos Municipales-----	6
Tabla 2. Relación de Sitios Afectados por Disposición Inadecuada de Residuos Peligroso-----	9
Tabla 3. Potencias Comparativas de Sustancias Toxicas-----	15
Tabla 4. Propiedades Físicas y Químicas que hacen Riesgosas a las Sustancias-----	16
Tabla 5. Consecuencias de la Exposición de Sustancias Toxicas en los Humanos-----	19
Tabla 6. Estimación de la Generación de Residuos Peligrosos en México----	26
Tabla 7. Alumnos Inscritos en los Laboratorios del Área Básica de Química---	34
Tabla 8. Residuos de Laboratorio de Baja Peligrosidad-----	40
Tabla 9. Tratamientos In Situ de los Residuos Peligroso Químicos-----	40
Tabla 10. Daños a la Salud Humana Provocada por Sustancias Químicas-----	62
Tabla 11. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química General-----	79
Tabla 12. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química Inorgánica-----	80
Tabla 13. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Cinética Química-----	80

Tabla 14. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Analítica I-----	81
Tabla 15. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Analítica II-----	81
Tabla 16. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Analítica III-----	81
Tabla 17. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Orgánica I-----	82
Tabla 18. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Orgánica II-----	82
Tabla 19. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Química	
Orgánica III-----	83
Tabla 20. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Bioquímica I-----	83
Tabla 21. Residuos generados durante el Semestre 2014-1 Bioquímica II----	83
Tabla 22. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
General-----	84
Tabla 23. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Inorgánica-----	84
Tabla 24. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Cinética	
Química-----	85
Tabla 25. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Analítica I-----	85

Tabla 26. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Analítica II-----	85
Tabla 27. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Analítica III-----	86
Tabla 28. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Orgánica I-----	86
Tabla 29. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Orgánica II-----	87
Tabla 30. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Química	
Orgánica III-----	87
Tabla 31. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Bioquímica I----	88
Tabla 32. Residuos generados durante el Semestre 2014-2 Bioquímica II----	88
Tabla 33. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-1	
Química Inorgánica-----	89
Tabla 34. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-1 Química	
Orgánica I-----	90
Tabla 35. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-1 Química	
Orgánica II-----	90
Tabla 36. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-2	
Química General-----	90

Tabla 37. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-2 Química Orgánica I-----	91
Tabla 38. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-2 Química Inorgánica-----	91
Tabla 39. Residuos que Recibieron Tratamiento Semestre 2014-2 Bioquímica I-----	91
Tabla 40. Envasado de Residuos Peligrosos según su grado de Peligrosidad-----	101
Tabla 41. Envases adecuados para Residuos Peligrosos-----	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gradiente de Toxicidad-----	14
Figura 2. Mecanismos que Influyen en el Destino y Transporte de Sustancias Químicas-----	17
Figura 3. Destino y Transporte de las Sustancias en el Ambiente-----	17
Figura 4. Empresas Registradas en el Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos-----	27
Figura 5. Resumen de Incompatibilidades de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas-----	47
Figura 6. Residuos Peligrosos en el Ambiente-----	65
Figura 7. Prácticas en los Laboratorios de Química-----	72
Figura 8. Recipientes limpios y con tapa-----	72
Figura 9. Etiquetas de Residuos Peligrosos-----	73
Figura 10. Residuos Envasados y Etiquetados en los Laboratorios de Química-----	74
Figura 11. Recorrido por los Laboratorios para tratar los Residuos Peligrosos-----	74
Figura 12. Bitácora de control especial de Residuos Peligrosos-----	75
Figura 13. Residuos Peligrosos y su adecuada Desactivación-----	75
Figura 14. Material adecuado para la Desactivación de Residuos Peligrosos-----	76
Figura 15. Campana de Extracción-----	76

Figura 16. Protección adecuada en los Laboratorios de Química-----	77
Figura 17. Botes lavados para ser utilizados nuevamente-----	78
Figura 18. Residuos Peligrosos enviados a PISSA-UNISON-----	78
Figura 19. Residuos vertidos al drenaje-----	96
Figura 20. Almacén Temporal de Residuos Peligroso Lab-202-----	97
Figura 21. Estado Líquido-----	100
Figura 22. Estado Solido-----	100
Figura 23. Almacenamiento Temporal de Residuos Peligrosos-----	103
Figura 24. Guantes-----	104
Figura 25. Cubre Bocas-----	104
Figura 26. Gafas-----	104
Figura 27. Bata-----	104
Figura 28. Zapatos-----	104
Figura 29. Residuos colocados en la Campana de Extracción-----	105
Figura 30. Desactivación de los Residuos Peligrosos-----	105
Figura 31. Lineamientos para la Disposición Final de Residuos Peligrosos----	107
Figura 32. Residuos Peligrosos enviados a PISSA-UNISON-----	108

RESUMEN

En el presente trabajo, se muestra una amplia investigación sobre el manejo, de "Residuos Peligrosos" generados en los laboratorios del área Básica de Química de la Universidad de Sonora, el impacto que tiene sobre el medio ambiente y a la salud, así como la normatividad que rige actualmente el almacenamiento, transporte y disposición final de los mismos.

En la Universidad de Sonora, la parte práctica de las materias del área básica de Química, se desarrolla en los laboratorios, en este entorno de trabajo es donde se generan los principales factores de riesgo que pueden llegar a afectar negativamente las condiciones de seguridad y salud de profesores, alumnos e investigadores, a corto o mediano plazo, por lo tanto, el objetivo del presente tema de investigación es el de establecer un plan de manejo de los diferentes tipos de Residuos Peligrosos que se generan durante las prácticas de laboratorio de química realizadas por alumnos de la Universidad de Sonora (URS).

Hoy en día el manejo de Residuos Peligrosos es un tema de gran importancia, puesto que el inadecuado manejo de los mismos, pueden generar daños a la salud humana y al medio ambiente.

En el presente trabajo de Investigación se desarrollan temas de gran importancia, abarcando las características básicas que lo definen como un Residuo Peligroso, las normatividades vigentes que nos ayudan a regularlos, la situación de residuos en nuestro país, los diferentes tratamientos para su adecuado control y disposición así como también, se realiza un inventario de los residuos generados por las prácticas realizadas en los laboratorios del área básica de la unidad Regional Sur.

Los efectos que pueden causar a la salud de los estudiantes y maestros al estar en contacto con los Residuos Peligrosos al momento de realizar las prácticas en el laboratorio son de especial cuidado.

La mayoría de los Residuos que se generan en los laboratorios del área básica de la Unidad Regional Sur son peligrosos dentro de los mismos los de naturaleza corrosiva cumplen con el 48.5% de la totalidad, los tóxicos cuentan con un 15.5 %, inflamables con un 26.2 %, reactivos con un 6.7 % y por último los explosivos cuentan con 1.94 %.

El Plan de manejo propuesto por este trabajo de investigación permite un adecuado manejo de los residuos peligrosos, dar a conocer la peligrosidad en forma visual, disminuyendo el riesgo en la manipulación y transporte, además permitirá un almacenamiento apropiado que cumpla con las leyes y normas vigentes en nuestro país, por otra parte se tendrá siempre un inventario de los

residuos peligrosos actualizado que nos permita mantener alerta las medidas de seguridad empleadas en los laboratorios.

Los resultados de este trabajo están directamente relacionados con la prevención, control y disminución de la contaminación ambiental y sus efectos a la salud.

Esperamos que esta investigación sea de gran utilidad para desarrollar en los alumnos la cultura de prevención y cuidado de nuestro medio ambiente a través del adecuado manejo de los Residuos Peligrosos, así como también aporte información para posteriores investigaciones.

INTRODUCCION

Los Residuos Peligrosos que generamos son un reflejo de las formas de producción y consumo de las sociedades en que vivimos, por lo cual su gestión debe adecuarse a los cambios que se producen en ambos procesos.

Como resultado de la globalización, prácticamente todos los países están viendo cambiar la composición y el volumen de los Residuos Peligrosos, en particular México, que es uno de los que más tratados comerciales internacionales ha firmado en la consecuente apertura comercial.

La visión mundial acerca de la gestión de los Residuos Peligrosos también ha cambiado y se ha visto influida por la adopción de convenios ambientales internacionales en la materia o aspectos relacionados con su manejo, como el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Cambio Climático, de la Organización de las Naciones Unidas, dichos Convenios promueven la prevención de la generación de Residuos Peligrosos.

Entre las distintas acciones que se aplican para un manejo adecuado de los Residuos Peligrosos se tiene que: en primer lugar, tratar de minimizarlos en la fuente misma que los origina; en segundo término, tratar de reciclarlos o aplicar un tratamiento mediante tecnologías adecuadas para su recuperación y en último lugar, confinarlos en lugares especialmente diseñados con este propósito.

Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, con características corrosivas, reactivas, explosivas,

tóxicas que pueden presentar riesgos potenciales a la salud humana y al ambiente. Estos residuos son los denominados peligrosos según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En México se ha adoptado un sistema de clasificación cualitativo, basado en las propiedades de los Residuos Peligrosos, tales como composición, estado físico y características de peligrosidad ⁽¹⁾.

En México quien norma, analiza y dictamina en materia de Residuos Peligrosos, es la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales. (SEMARNAT). De acuerdo con la SEMARNAT, la estimación más reciente sobre el volumen de generación de Residuos Peligrosos, en el país es de 1.9 millones de toneladas para el periodo de 2004-2011. Esta información está basada en los reportes de 35 mil 384 empresas incorporadas al Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos (PGRP) con registro ante la SEMARNAT ⁽²⁾. Esta cifra es sólo un aproximado, ya que no incluye a las empresas que no están incorporadas al Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos (PGRP), por lo que en realidad se calcula que en el país se generan más de 2 millones de toneladas anuales de Residuos Peligrosos ⁽³⁾.

En Sonora existía un confinamiento de Residuos Peligrosos ubicado en Hermosillo denominado CYTRAR, un basurero de residuos tóxicos que no cumplía con la infraestructura adecuada su principal problema era la generación

de malos olores, se generaban más de 200 mil toneladas de Residuos Peligrosos, actualmente se encuentra cerrado.

En las escuelas de nivel medio y superior (preparatorias-universidades), se cuenta con laboratorios de química que generan Residuos Peligrosos como producto de las actividades académicas, de investigación y de servicios realizados dentro de la institución, por lo que es de gran importancia contar con las condiciones de trabajo óptimas y seguras en los laboratorios, deberán incluirse dentro de las medidas de seguridad un programa o plan de manejo de Residuos Peligrosos que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente.

No debe olvidarse que un Residuo Peligroso en la mayoría de los casos representa peligrosidad y cuya identificación o almacenamiento inadecuado, constituye un alto riesgo a las personas que realizan actividades dentro del laboratorio.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos generados en los laboratorios del Área Básica de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur. En base a la Legislación, Normatividad y Reglamentación Federal, en materia ambiental de trabajo y de Salud.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Recopilar e identificar los Residuos Peligrosos generados por las prácticas de laboratorio del área de Química Básica de la URS.
- Realizar un inventario de los Residuos Peligrosos generados por las prácticas de laboratorio URS.
- Establecer el grado de peligrosidad y sus efectos a la salud por su exposición al momento de realizar las prácticas en el laboratorio.
- Investigación bibliográfica acerca de los daños y riesgos ambientales producidos por la generación de los Residuos Peligrosos.
- Establecer los lineamientos necesarios para el adecuado manejo de los riesgos Peligrosos generados por la URS.
- Coadyuvar al logro del objetivo del Programa Institucional de Salud y Seguridad de la Universidad de Sonora.

Capítulo 1. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1 Generalidades

La seguridad en los laboratorios de la Universidad de Sonora URS, requiere de una actitud y un conocimiento de todos los peligros probables que pueden proporcionar los Residuos Peligrosos que se generan en las prácticas de laboratorios realizadas por alumnos, esto debe ser considerado como un factor de responsabilidades, que depende sin lugar a duda del compromiso, de la voluntad de cada estudiante o grupo de trabajo en mantener su integridad mediante el cumplimiento de las normas de seguridad en el proceso de trabajo y así evitar cualquier tipo de accidentes.

Según la NOM-005-STPS-1998, las sustancias químicas peligrosas son aquellas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños a instalaciones y equipos ⁽⁴⁾.

A pesar de que una sustancia química posea propiedades que la hacen peligrosa, no necesariamente puede ocasionar efectos adversos en la salud humana, en los organismos acuáticos y terrestres, si no se dan las condiciones de exposición necesarias para que pueda ejercer dichos efectos; esta exposición depende de:

- La cantidad de la sustancia que entra en contacto con los posibles receptores o de la dosis que alcanza dentro de ellos.
- El tiempo que dure este contacto y
- La frecuencia con la que se repita ⁽⁵⁾.

Se define "RESIDUO PELIGROSO" como: aquellos residuos que por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, explosivas, tóxicas (criterios CRETI), representan un peligro al equilibrio ecológico o al ambiente ⁽⁶⁾.

En esta definición queda claro que los Residuos Peligrosos son considerados como materiales peligrosos, puesto que los primeros constituyen la fase final del ciclo de vida de los segundos. También en esta definición se introduce el concepto de riesgo, diferenciándolo de las características que hacen peligrosos a los materiales y residuos ⁽⁷⁾.

1.1.1 Clasificación de Residuos

Para el mejor estudio de los Residuos Peligrosos y para llevar un control sobre los problemas que pueden causar y que puede llegar a afectar la vida tanto humana, como a la fauna y la flora, se creó el código CRETI. Sistema de clasificación para Residuos Peligrosos en base a sus características.

De acuerdo a la **NOM-052-SEMARNAT**, un residuo es **corrosivo** si presenta cualquiera de las siguientes propiedades: En estado líquido o en solución

acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5. En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55°C es capaz de corroer el acero al carbón a una velocidad de 6.35 milímetros o más.

Un residuo es **reactivo** si presenta una de las siguientes propiedades: Bajo condiciones normales (25°C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación. En condiciones normales (25°C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos bajo condiciones normales. Cuando se ponen en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N) en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos. Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H₂S/kg de residuo. Es capaz de producir radicales libres.

Se considera que un residuo es **explosivo** si presenta una de las siguientes propiedades: Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno. Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y 1.03 kg/cm² de presión.

Un residuo es **tóxico** cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, el

lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5 de la NOM-052-SEMARNAT-1993) ⁽⁸⁾ (**Ver anexo 1**) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

Un residuo es **inflamable** si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:
En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.

Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C. No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 kg/cm²). Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes que estimulan la combustión ⁽⁹⁾.

Clasificación por Tipo de Residuo

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado. Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

Residuo Peligroso: De acuerdo a la NOM 052-ECOL-1993, un residuo peligroso es aquel residuo en cualquier estado físico por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o al ambiente.

Esta misma norma establece las características de los residuos peligrosos, presenta un listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente ⁽¹⁰⁾.

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Residuo Inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

Residuo No Peligroso: Los residuos no peligrosos, incluyen basura ordinaria como papel, algodón y otros materiales combustibles, material de vidrio quebrado, residuos biológicos no contaminados por sustancias químicas peligrosas. También se incluyen algunas sustancias químicas que al ser vertidas al drenaje en cantidades de laboratorio no representan un riesgo para la salud humana ⁽¹¹⁾.

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA), Artículo 3º, Fracción XXXI, se define residuo como cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo genero.

Por su origen y características, existen tres tipos de residuos: municipales (se muestran en la **(Tabla 1)**), industriales no peligrosos e industriales peligrosos.

Los Residuos Industriales No Peligrosos: son todos aquellos derivados de la actividad industrial que incluyen plásticos, cenizas, papel de oficina y computo, residuos de construcción y demolición, residuos especiales, etc.

Tabla 1. Clasificación de Residuos Municipales.

Componente	Descripción
Desechos alimenticios	Residuos de animales, frutas o vegetales resultado del manejo, preparación y cocinado de alimentos.
Basura	Desechos sólidos combustibles y no combustibles, excluyendo residuos alimenticios o materiales putrescibles. Los primeros incluyen papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, madera, mobiliario y desechos de jardinería. Los no combustibles consisten en vidrio, cerámica, hojalata, aluminio, polvo y desechos de construcción.
Cenizas y residuos	Materiales que permanecen después de quemar madera, carbón y otros materiales combustibles. Las cenizas y residuos se componen de polvos finos, escoria y pequeñas cantidades de material parcialmente quemado.
Residuo de demoliciones y construcciones	Se consideran materiales de demoliciones a los residuos de edificios derrumbados y otras estructuras. Los desechos de construcciones incluyen polvo, piedras, concreto, ladrillo, yeso, maderas.

1.1.2 Consecuencias del Manejo Inadecuado de los Residuos Peligrosos

Uno de los riesgos ambientales asociado al crecimiento industrial es el uso intensivo de productos químicos que son precursores de residuos peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud y contra la seguridad de los seres vivos y el ecosistema.

El daño que estas sustancias pueden causar depende, en primera instancia, de su grado de toxicidad; pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia proporcionen que se alcancen concentraciones suficientes para causar efectos nocivos.

En este contexto, la preocupación por las sustancias químicas potencialmente tóxicas se centra en aquellas que poseen propiedades de alta toxicidad, de persistencia ambiental o de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas.

La toxicidad de una sustancia se determina de acuerdo con los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos o blancos ambientales. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos adversos potenciales de las sustancias sobre la salud humana.

Entre los parámetros de toxicidad comúnmente evaluados se destacan los siguientes:

- Letalidad aguda

- Efectos subletales en especies de no mamíferos
- Efectos subletales en plantas
- Efectos subletales en mamíferos
- Teratogenicidad
- Genotoxicidad/mutagenicidad
- Carcinogenicidad

La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos en México es sumamente limitada; de hecho, solo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias, ya que se estima que solo el 12% de los residuos peligrosos generados en el país se controlan adecuadamente ⁽¹²⁾.

A la fecha no se cuenta con un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación y evaluar los riesgos a la salud y al ambiente asociados a los problemas derivados del manejo inadecuado de los residuos peligrosos industriales.

Como se sabe, la falta de infraestructura y de servicios para el manejo adecuado de residuos peligrosos ha proporcionado la proliferación de prácticas ineficientes de gran impacto ambiental.

Sus consecuencias ambientales han sido ya documentadas y abarcan desde el deterioro a la salud y la inutilización de acuíferos. En la **tabla 2** se muestra la relación de sitios afectados por disposición inadecuada de residuos peligrosos.

Tabla 2. Relación de Sitios Afectados por Disposición Inadecuada de Residuos Peligrosos ⁽¹³⁾.

Ubicación Municipio o Delegación	Estado	Tipo de contaminantes
Azcapotzalco	Distrito Federal	Hidrocarburos, Metales Pesados y BPC's
Tijuana	Baja california	Plomo (Pb)
Saltillo	Coahuila	Diésel
Ecatepec	México	Solventes
Tultitlan	México	Ácido Fosfórico, Carbonato de Sódio.
San Francisco del Rincón	Guanajuato	Cromo (Cr)
Guadalajara	Jalisco	Hidrocarburos
Santa Catarina	Nuevo León	Combustóles
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb) y Arsénico (As)
Coatzacoalcos	Veracruz	Plomo (Pb)
Coatzacoalcos	Veracruz	Azufre líquido, Aceites, Solventes y Lodos con Cromo
Tultitlan	México	Cromo (Cr)
Miguel Hidalgo	Distrito Federal	Hidrocarburos totales del Petróleo, Solventes y Metales Pesados
Ecatepec	México	Hidrocarburos totales del Petróleo y Metal Pesado
Coatzacoalcos	Veracruz	Fosfoyeso
Progreso	Yucatán	Gasolina y Diésel
Cumobabi	Sonora	Plomo (Pb) y Cadmio (Cd)
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb)
Monterrey	Nuevo León	Plomo (Pb)

1.1.3 Efectos Nocivos de Algunas Sustancias Químicas

De los diversos compuestos químicos encontrados en aguas subterráneas, los orgánicos son los que representan el mayor riesgo por sus efectos en el ambiente y en la salud humana. Dentro de este grupo de compuestos, los disolventes industriales y los hidrocarburos aromáticos derivados del petróleo son los más comunes.

Muchos de los problemas de contaminación ocurren por fugas, derrames y disposición de líquidos orgánicos inmiscibles en la superficie del agua, los cuales se inscriben dentro de fases líquidas no acuosas. Estos fluidos inmiscibles pueden clasificarse en dos categorías: aquellos cuya densidad es mayor que la del agua, que incluyen a los solventes percloroetileno y Tricloroetileno, ciertos compuestos policlorados y algunos plaguicidas y otros más ligeros que el agua donde se incluyen compuestos como el benceno, tolueno, etilbenceno y los xilenos.

Los compuestos cuya densidad es mayor que la del agua se utilizan comúnmente en tintorerías, preservación de madera, industria electrónica y eléctrica, estas sustancias se transforman en forma descendente y aun cuando presentan una baja solubilidad.

Las concentraciones detectadas en varias regiones sobrepasan las normas de calidad de agua potable.

Los sitios contaminados con sustancias cuya densidad es mayor que la del agua pueden representar también una fuente significativa de contaminación a largo plazo.

Los productos químicos encontrados en aguas subterráneas se originan principalmente en actividades en zonas urbanas e industriales. Por lo tanto, generalmente las aguas subterráneas contaminadas se localizan cerca de áreas industrializadas o densamente pobladas, circunstancia que incrementa la posibilidad de exposición humana.

Algunos de los contaminantes orgánicos que se han detectado en aguas subterráneas representan un severo riesgo para la salud. Sustancias como el percloroetileno y Tricloroetileno producen depresión del sistema nervioso central o afectan el funcionamiento del hígado y del riñón, en tanto que el tetracloruro de carbono, el cloroformo y el benceno son agentes cancerígenos.

1.1.4 Peligrosidad de un Residuo

Definición de Peligrosidad

La peligrosidad de las sustancias químicas constituye una propiedad inherente o intrínseca que las puede hacer corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables.

Definición de Riesgo

A pesar de que una sustancia química posea propiedades que la hacen peligrosa, no necesariamente puede ocasionar efectos adversos en la salud humana, en los organismos acuáticos y terrestres o en los bienes, si no se dan las condiciones de exposición necesarias para que pueda ejercer dichos efectos; esta exposición depende de:

- La cantidad de la sustancia que entra en contacto con los posibles receptores o de la dosis que alcanza dentro de ellos.
- Del tiempo que dure este contacto y de la frecuencia con la que se repita.

Para aclarar este concepto, en lo que se refiere a las sustancias tóxicas, se puede utilizar el ejemplo de los medicamentos que sólo surten efecto si se toman en las cantidades recetadas (por ejemplo, cápsulas de 30 mg), durante el tiempo previsto (por ejemplo, cinco días seguidos) y con la frecuencia establecida (por ejemplo, tres veces al día); si se toma más cantidad, más tiempo o más frecuentemente, algunos de ellos pueden producir intoxicaciones.

Es por lo antes señalado que se considera que el riesgo de las sustancias peligrosas es función de la exposición a ellas, es decir, depende de la forma en que se manejen, por lo tanto puede ser prevenido o reducido.

Definición de Material Peligroso

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**), se define a los materiales peligrosos como: elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables (**características CRET**).

En esta definición queda claro que los residuos peligrosos son considerados como materiales peligrosos, puesto que los primeros constituyen la fase final de su ciclo de vida de los segundos. También en esta definición se introduce el concepto de riesgo, diferenciándolo de las características que hacen peligrosos a los materiales y residuos.

Gradiente de Toxicidad

En lo que se refiere a una sustancia potencialmente tóxica, dependiendo de la exposición puede establecerse un gradiente en el cual se observa que si no hay exposición (cero dosis) no hay efecto, a medida que se incrementa la dosis pueden empezar a aparecer efectos bioquímicos, los cuales se transforman en efectos fisiológicos si se sigue aumentando la dosis; sin embargo, ambos efectos pueden pasar desapercibidos si no se cuenta con técnicas y equipos que permitan ponerlos de manifiesto. Cuando la dosis alcanza niveles significativos, que varían de una sustancia a otra, pueden aparecer signos y

síntomas clínicos que revelan la producción de efectos adversos que dan lugar a estados patológicos o enfermedades diversas; obviamente si la dosis es excesiva puede ocurrir la muerte (Figura 1).

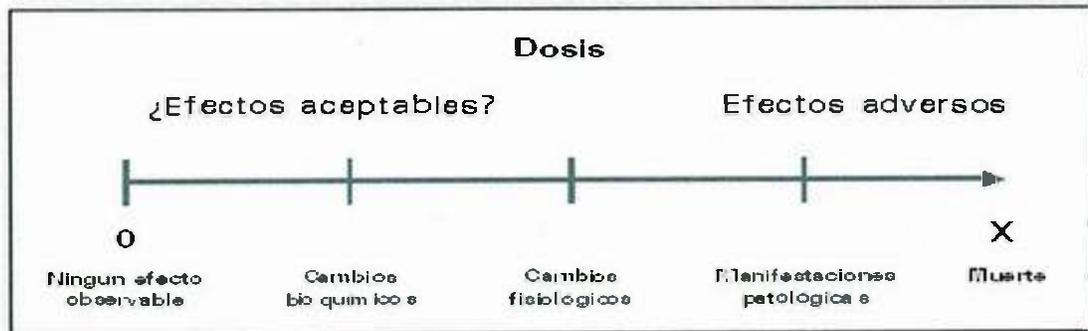


Figura 1. Gradiente de Toxicidad.

Potencia Comparativa de las Sustancias Tóxicas

Otro aspecto que se debe tener presente al tratar de determinar la peligrosidad de una sustancia química es su potencia, ya que se sabe que dos sustancias que producen el mismo tipo de efecto, pueden variar en la concentración o dosis necesaria para producirlo, siendo más potente aquella que requiere de una dosis menor y que por lo tanto necesita de medidas de control más rigurosas (Tabla 3). En la Tabla 3 se muestra como el cianuro es más potente que las otras sustancias incluidas en él, lo que implica que se deberá tener mayores precauciones en su manejo.

Tabla 3. Potencias Comparativas de Sustancias Tóxicas.

Agente Químico	Dosis Letal Media (DL 50) para Ratas (mg/kg)
Cianuro	3
Acetato de Fenil Mercurio	30
Dieldrín	46
Pentaclorofenol	50
DDT	113
Naftaleno	1780
Tolueno	5000

Propiedades Físicas y Químicas que hacen Riesgosas a las Sustancias

Aunados a los elementos de información antes mencionados, quienes están interesados en determinar la peligrosidad y los riesgos de las sustancias químicas deben conocer cuáles son las propiedades físicas y químicas de las sustancias que pueden favorecer su movilización desde las fuentes que las generan hacia los posibles receptores, así como las que influyen en la posibilidad de que puedan ingresar al organismo humano o a los organismos acuáticos y terrestres.

Entre las propiedades que inciden en la peligrosidad de las sustancias químicas resaltan aquellas que favorecen su movilización a través del aire, como lo es su presión de vapor que determina su volatilidad.

Su solubilidad en agua, que influye en su infiltración en el suelo hacia los mantos freáticos; su coeficiente de reparto octanol/agua, que permite conocer su capacidad de penetrar a través de las membranas biológicas y de acumularse en el tejido adiposo así como su persistencia, que indica cual es la

vida media de las sustancias en el ambiente conservando sus propiedades tóxicas (Tabla 4).

Tabla 4. Propiedades Físicas y Químicas que hacen Riesgosas a las Sustancias.

Propiedades	Ejemplos de Implicaciones
Solubilidad en agua > 500 mg/l	Peligro de movilización en suelos, contaminación de acuíferos y Acumulación en ecosistemas acuáticos.
Presión de vapor > 10 ⁻³ mm de mercurio	Peligro de volatilización y difusión atmosférica
Persistencia mayor a seis meses reteniendo sus características físicas, químicas y toxicológicas	Peligro de acumulación en los diferentes medios ambientales y de bioacumulación
Coefficiente de reparto octanol/agua (Log K _{ow}) > 1	Peligro de absorción a través de membranas celulares y acumulación en tejido adiposo

Destino y Transporte de las Sustancias en el Ambiente

Entre los procesos que más influyen sobre el destino y transporte de las sustancias químicas en el ambiente y que pueden incrementar o disminuir la posibilidad de exposición a ellas y por lo tanto incidir en sus riesgos, se encuentran su adsorción a las partículas del suelo y sedimentos que impide su movilización, así como su degradación química, microbiológica o por la acción de los rayos solares (Figuras 2 y 3). Así por ejemplo, la capacidad toxicológica de las sustancias puede reducirse o eliminarse al romperse los enlaces de las moléculas por la acción de la luz (fotólisis), descomponerse por la acción del

agua (hidrólisis y transformarse por la acción del oxígeno (oxidación), entre y otros mecanismos.

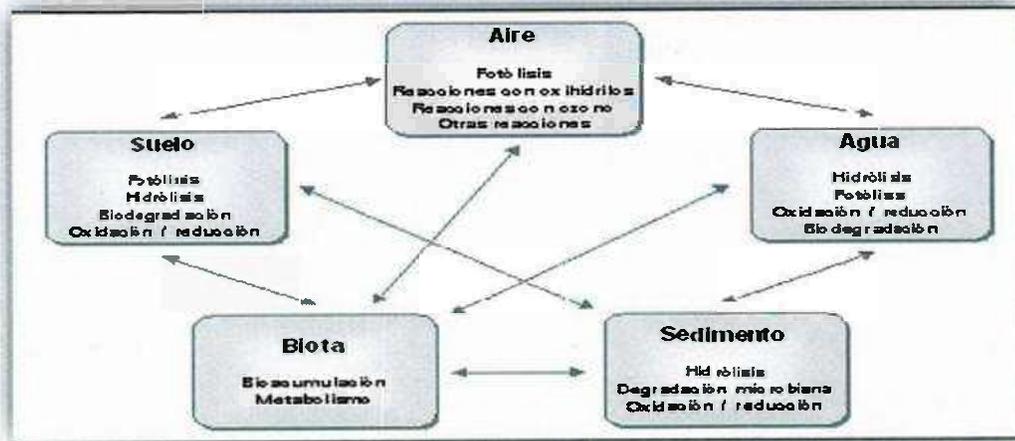


Figura 2. Mecanismos que Influyen en el Destino y Transporte de Sustancias Químicas ⁽¹⁴⁾.



Figura 3. Destino y Transporte de las Sustancias en el Ambiente ⁽¹⁴⁾.

Destino y Reacciones de las Sustancias en los Organismos Vivos

Lo mismo que ocurre en la naturaleza respecto del destino y transporte de las sustancias químicas, sucede en los organismos una vez que ingresan, ya que distintos procesos van a influir en su detoxificación, en la reparación de los daños que producen y en su eliminación con lo cual reducen sus riesgos, mientras que otros pueden favorecer que ejerzan sus efectos tóxicos. Así por ejemplo, aquellas sustancias que son capaces de penetrar a través de las membranas celulares, pueden ser metabolizadas por enzimas que las activan o las inactivan, pueden ser transportadas a diferentes sitios como el tejido adiposo o los huesos en donde quedan "secuestradas".

Pueden llegar a dañar a moléculas o receptores celulares intrascendentes por lo cual no afectarán a los organismos, o alterar a otros que son críticos y que por lo tanto al ser modificados se traducirán en manifestaciones patológicas de intoxicación. Algunas lesiones pueden también ser reparadas como ocurre con las del material genético, o bien aunque suceda una transformación celular como resultado de una mutación, no necesariamente se desarrolla un cáncer si no intervienen otros factores que promuevan la proliferación de las células mutadas o si funcionan los mecanismos de defensa inmunológica.

Efectos Tóxicos

Las posibles consecuencias de la exposición a sustancias tóxicas incluyen una amplia gama y severidad de efectos agudos y crónicos, reversibles o

irreversibles, invalidantes y no validantes que afectan sólo al individuo expuesto o que pueden dañar a su descendencia teniendo un impacto transgeneracional. Los efectos pueden ir desde los más leves y comunes entre los que se encuentran la irritación o corrosión de tejidos de recubrimiento como la piel o la mucosa, así como la producción de fenómenos alérgicos de hipersensibilidad, Hasta aquellos donde puede ocurrir la afectación del sistema inmunológico y endocrino, daño renal, neurológico o hepático. A sí como alteraciones reproductivas, producción de malformaciones congénitas (teratogénesis), cambios hereditarios (mutagénesis), o producción de padecimientos malignos (carcinogénesis), dependiendo de las sustancias o de la dosis. En la **tabla 5** se muestran consecuencias de la exposición de sustancias tóxicas en los humanos.

Tabla 5. Consecuencias de la Exposición de Sustancias Tóxicas en los Humanos.

EFECTOS TOXICOS	DAÑOS ALA SALUD	FIGURA
Toxicidad Aguda	Náuseas, vómitos, dolores de cabeza, vértigos.	
Toxicidad Crónica	Cáncer, alteraciones genéticas, reacciones alérgicas, alteración hormonal y toxicidad del sistema nervioso (cerebro y nervios).	

Evaluación de la Peligrosidad y Relaciones Dosis–Respuesta

Las regulaciones modernas de las sustancias químicas, ya sean plaguicidas o sustancias de uso industrial y comercial, establecen que, previo a su comercialización, deben ser sujetas a pruebas de laboratorio para determinar sus propiedades físicas, químicas, toxicológicas y ecotoxicológicas, a fin de contar con datos para evaluar su peligrosidad. Para ello, se han elegido pruebas específicas, y diseñados protocolos para su realización.

De manera que se generan datos pertinentes, confiables, reproducibles, precisos y que tengan un significado estadístico y biológico. La evaluación de la toxicidad potencial de las sustancias para los seres humanos se realiza a partir de datos generados en animales de laboratorio expuestos en condiciones controladas, como la sensibilidad a las sustancias es igual entre ellos, y la forma en que afectan las sustancias a los animales es igual a como afectarían a los seres humanos.

Evaluación de la Exposición

Ya que es la exposición a las sustancias peligrosas lo que condiciona el riesgo, la determinación de este parámetro es crucial para la evaluación de sus riesgos. La mejor forma de evaluar la exposición a una sustancia peligrosa es a través del monitoreo o muestreo biológico de los posibles individuos expuestos, seres humanos u organismos de la biota, para determinar la concentración que alcanza dicha sustancia en sus fluidos y tejidos corporales y, de ser posible,

medir indicadores bioquímicos de los efectos de dicha exposición; sin embargo, esta forma de determinación directa de la exposición puede ser en algunos casos sumamente costosa o difícil de realizar. En la práctica, la exposición se estima a partir de diferentes tipos de datos como pueden ser:

La concentración de las sustancias peligrosas en emisiones al aire, en descargas al agua o en los residuos peligrosos, y sus niveles en los medios ambientales (aire, agua, suelos, sedimentos) y en los alimentos.

Cuando no se cuenta con datos directos, se puede estimar la exposición potencial a través de determinar el volumen de la sustancia peligrosa empleada en la elaboración de productos de consumo y la venta de éstos, o bien el volumen utilizado en actividades productivas y la liberación al ambiente a través de sus emisiones al aire, descargas al agua o residuos que la contienen.

Dependiendo de la sustancia, el tipo de exposición de interés puede variar en función de aspectos tales como:

- La vía de ingreso al organismo a través de la cual produzca el mayor efecto;
- La forma de exposición más crítica (aguda o crónica, continua o intermitente);
- La vulnerabilidad de los individuos expuestos (según su edad, género, estado fisiológico);

- El tipo de grupos expuestos (trabajadores, consumidores, población general, organismos de la biota).

Un aspecto que se debe tener presente al evaluar la exposición a ciertas sustancias peligrosas a partir de la fuente es su ubicuidad, ya que en este caso se requiere considerar la contribución de las diversas fuentes a dicha exposición. A la vez, cuando se desea evaluar la exposición a una sustancia tóxica que contamina el aire a partir de las concentraciones que alcanza en él se debe considerar cuánto tiempo pasan los individuos potencialmente expuestos al exterior en posible contacto con ella, tomando en cuenta sus hábitos y ocupación.

La exposición a sustancias tóxicas puede ocurrir estando éstas en forma de mezclas, lo cual debe ser tomado en consideración al determinar dicha exposición. Para calcular el ingreso de una sustancia en el organismo, el primer paso es determinar cuántas personas u organismos están potencialmente expuestos a través de varias rutas relevantes: el aire, suelo, agua, o alimento. Se procede a estimar la tasa de ingreso a través de distintas vías como la respiración, ingestión o absorción por la piel; para ello, se han elaborado guías que proporcionan factores estándares para los seres humanos que incluyen el peso corporal, la tasa de respiración e ingestión y que han sido actualizadas para estimar el grado de incertidumbre asociado con diferentes tipos de hipótesis ⁽¹⁴⁾.

1.2 Diagnóstico de la Situación Actual de los Residuos Peligrosos en Nuestro País

Aun cuando no se cuenta con inventarios precisos al respecto, se calcula que en el mundo se generan anualmente alrededor de 350 a 400 millones de toneladas de residuos peligrosos ⁽¹⁵⁾. Una gran parte de ellos proviene de industrias que contribuyen en forma importante con la economía de las sociedades industriales. Entre ellas está la industria química. Se suman otras fuentes, como las actividades agrícolas generadoras de residuos de plaguicidas, las extractivas (por ejemplo mineras y petroleras) y las de servicios (como los talleres automotrices que desechan aceites gastados).

La peligrosidad de tales residuos depende de su composición, ya que en la mayor parte de los casos se trata de mezclas complejas que contienen diversos tipos de sustancias. De ahí la importancia de contar con métodos analíticos que permitan realizar su caracterización. Cabe señalar que en el comercio existen más de 100,000 sustancias⁽¹⁵⁾, y que sólo para un número reducido de ellas se cuenta con información acerca de sus propiedades físico-químicas, su toxicidad y biodegradabilidad, aspectos que definen su peligrosidad para la salud humana y el ambiente.

Es en función de esas propiedades y de la forma en que se presentan los residuos, que se puede determinar su peligrosidad. En uno u otro caso, los residuos peligrosos pueden dar lugar a problemas transfronterizos si son

arrastrados por agua o aire hacia países vecinos de los que los generaron. Las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el bienestar público, así como para el ambiente, han quedado ampliamente evidenciadas por sucesos que pusieron de relieve que es más costoso remediar que prevenir. Tal es el caso de los episodios de intoxicación por mercurio y cadmio ocurridos en Japón, en los que grupos de individuos que ingirieron alimentos contaminados con residuos industriales y mineros sufrieron graves problemas de salud que llevaron a algunos a la muerte ⁽¹⁵⁾. En nuestros días la actividad industrial ha jugado un papel de suma importancia en el desarrollo económico y social de cualquier país, ya que representa un factor fundamental en la generación y distribución de riqueza, dando lugar a la creación de empleos y la incorporación de la población a sectores modernos de la economía.

En el caso de México, el proceso de industrialización ha ido avanzando y diversificándose aceleradamente en los últimos años, lo que ha provocado una creciente y variada producción de residuos peligrosos ⁽¹⁶⁾.

Actualmente, uno de los problemas que enfrenta nuestro país es el manejo integral de los residuos que generan los diversos procesos industriales. Tales residuos en su conjunto pueden considerarse contaminantes, en cuanto alteran la composición del medio ambiente en que se depositan ⁽¹⁷⁾. Sin embargo, cabe señalar que según sus efectos debe distinguirse entre simples residuos y

residuos peligrosos. Por lo tanto, en si lo que más preocupa a la política ambiental actual es el manejo de residuos peligrosos, que se han convertido en un gran problema ambiental ya que afectan gravemente a nuestro entorno y por lo tanto a la sociedad que reside en él.

México al igual que otros países del mundo enfrenta grandes retos en cuanto al manejo de residuos peligrosos. Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología (INE). Se estima que anualmente en nuestro país se generan alrededor de 8 millones de toneladas de residuos peligrosos y solo una parte de total recibe manejo adecuado ⁽¹⁸⁾. Los primeros estudios para estimar el volumen de residuos peligrosos generados en el país fueron elaborados en 1994 por el Instituto Nacional de Ecología (INE). A partir de entonces, las cifras han sido diversas, y se han basado fundamentalmente en la información reportada por las empresas que generan o tratan este tipo de residuos.

La aproximación más reciente sobre el volumen de generación de RP para el país se obtiene a partir de los registros que hacen las empresas incorporadas al Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos (PGRP). Según la información contenida en dicho registro, para el periodo 2004-2011, las 68, 733 empresas registradas generaron 1.92 millones de toneladas ⁽¹⁹⁾. **(Ver anexo 2).**

Esta cifra, sin embargo, no debe considerarse como el volumen total de RP generados en el país en ese periodo, debido a que el PGRP no incluye a la totalidad de las empresas que producen estos residuos en el territorio. Las

diferencias entre esta última estimación de generación de RP con las reportadas en años anteriores (**Tabla 6**), se deben principalmente a:

1. El número de empresas y delegaciones que se usaron para calcular el volumen generado.
2. La depuración del padrón y la revisión de los reportes de generación de las delegaciones que permitieron eliminar las duplicidades en las empresas, así como a los errores de estimación de generación de los RP por parte de los generadores.
3. La modificación de la NOM-052-SEMARNAT-1993 (actualmente NOM-052-SEMARNAT-2005) que establece las características de los residuos para ser considerados peligrosos, y de la cual se eliminaron los jales mineros y los recortes de perforación de la industria petrolera, los cuales constituían una importante fracción del total de RP generados reportados en estimaciones anteriores ⁽¹⁹⁾.

Tabla 6. Estimación de la Generación de Residuos Peligrosos en México⁽²⁰⁾

Año	Generación Estimada (millones de toneladas)	Base de Información
1996	2.1	3 000 empresas
1999	3.2	12 514 empresas
2000	3.7	27 280 empresas
2004	6.2	35 304 empresas

En cuanto a la distribución geográfica de las empresas generadoras de RP del PGRP, la Zona Metropolitana del Valle de México fue la que reportó el mayor número entre 2004 y 2011 (10,589 empresas, 15.4% del total), seguida por entidades como Jalisco (6,979 empresas, 10.2%), Baja California (4,416, 6.4%), Chihuahua (3,545, 5.2%) y el estado de México (3,379, 4.9%); (Figura 4); entre ellas produjeron poco más del 55% de los RP del periodo. En contraste, las entidades con menor número de empresas fueron Tlaxcala (433, 0.6% del total de empresas), Nayarit (531, 0.8%), Quintana Roo (601, 0.9%) y Zacatecas (674, 1%).

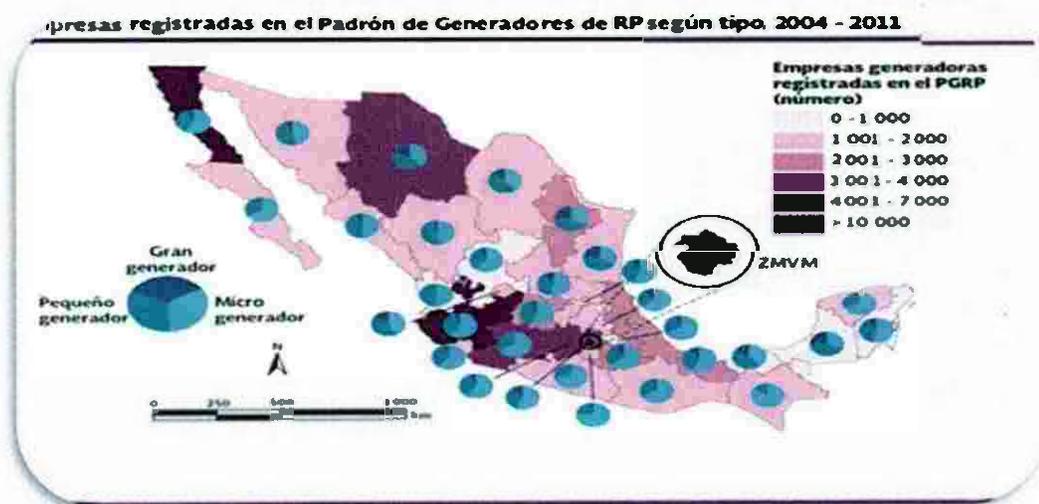


Figura 4. Empresas Registradas en el Padrón de Generadores de RP ⁽²¹⁾.

Debido a esta problemática México se ha visto en la necesidad de crear una Política Ambiental en materia de residuos peligrosos. Uno de los principales puntos de esta política es orientar al país en cuanto a las diferentes técnicas

existentes de manejos de residuos peligrosos ⁽²²⁾. Por otro lado la Política Ambiental Mexicana además de proporcionar al país de las diferentes técnicas de manejo de residuos peligrosos permitidos, ha recurrido a una estrategia sumamente fuerte en la que se propone la reducción de los residuos peligrosos a través del programa para Minimización y Manejo Integral de Residuos Peligrosos en México ⁽²³⁾. De acuerdo con la fuente de generación y sus características, hasta hace poco tiempo los residuos se clasificaban en: sólidos municipales, los provenientes de casa habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso, y los llamados residuos peligrosos. A partir del año 2003, con la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos se clasifican como peligrosos, sólidos urbanos y especiales ⁽²⁴⁾.

Dicha ley tiene como objetivo principal propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valoración y la gestión integral de los tres tipos de residuos; la prevención de la contaminación y remediación de sitios ya contaminados.

Gran parte del crecimiento industrial, tanto en México como en otros países, se desarrolló en tiempos donde no se consideraban, y muchas veces tampoco se conocían, los efectos que los residuos peligrosos podrían tener en la salud humana y en el medio ambiente.

Como consecuencia de ello, su manejo y disposición no estaban sujetos a la regulación gubernamental, promoviendo que un gran número de empresas generadoras de estos residuos contaminaran los suelos adyacentes y cercanos a sus instalaciones.

Actualmente existe evidencia suficiente para demostrar la relación entre los daños a la salud y la exposición a los compuestos tóxicos presentes en los residuos peligrosos ⁽²⁵⁾.

De acuerdo con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los generadores y gestores de residuos peligrosos deben manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada.

Para constatar lo anterior, la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA), aplica los programas de inspección y vigilancia para verificar y promover el cumplimiento de la normatividad en materia de generación, transporte, tratamiento y disposición o confinamiento de residuos.

Por medio de las visitas de inspección se identifican irregularidades, se dictan medidas correctivas y se imponen clausuras en caso de presentarse irregularidades graves que representen un riesgo inminente de desequilibrio ecológico, daño grave a los recursos naturales o contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas o la salud pública ⁽²⁶⁾.

1.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual de Residuos Peligrosos en Sonora

En el año de 1987 la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, otorgo la autorización para operar a PARQUES INDUSTRIALES DE SONORA, un confinamiento de Residuos Peligrosos del Gobierno del Estado de Sonora, pero que era operado por organismo público descentralizado del gobierno de dicho estado. Años después, un grupo internacional que maneja exitosamente alrededor de 10 confinamientos controlados en Europa, de nombre Técnicas Medioambientales Tecmed adquiere dicho confinamiento.

El nuevo confinamiento adquirido y ahora de nombre CYTRAR, estaba ubicado a seis kilómetros de la Ciudad de Hermosillo, Sonora. Su ubicación fue el resultado de un estricto estudio geográfico para su selección y el cual tomo en cuenta todos los requerimientos de ubicación que la ley solicitaba en ese tiempo. Era un complejo de alta tecnología que considerando los estudios realizados y las instalaciones requeridas para el manejo de los residuos peligrosos, era considerado uno de los confinamientos más modernos que cumplía con las regulaciones de seguridad tanto nacional como internacional ⁽²⁷⁾. Desde que CYTRAR obtuvo la autorización correspondiente en Diciembre de 1987 funciono normalmente, pero a partir de 1997 los problemas comenzaron, primero: grupos ambientalistas y civiles levantaron una petición ciudadana, discutiendo que CYTRAR violaba la NOM-055-ECOL-93 (que

establece que la distancia mínima entre un confinamiento y el centro de la población es de 25 kilómetros para poblaciones mayores a 10 mil habitantes, con proyección al año 2010. Por lo que demandaban la cancelación de autorización de CYTRAR o la reubicación del confinamiento controlado.

Con este respecto, la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), que es la instancia dentro del Tratado de Libre Comercio, cerró el expediente que presentaron los grupos ambientalistas de Hermosillo, Sonora en torno al confinamiento de Residuos Peligrosos CYTRAR. La determinación de la CCA indico que la compañía recibió la autorización en 1987, para utilizar ese sitio para desechos peligrosos. El permiso, abundo la CCA, se dio antes de que la Norma sobre la selección de la ubicación de los sitios destinados a ese tipo de instalaciones entrara en vigor. Así mismo, la CCA afirmo que las instalaciones de CYTRAR cumplían con los requisitos para su operación y que no existían violaciones a la normatividad que pudieran conducir a su clausura o justificar su reubicación ⁽²⁸⁾.

Después el 25 de Noviembre de 1998, el Instituto Nacional de Ecología (INE) mediante Oficio suspende las actividades del confinamiento debido a la decisión de SEMARNAT de no otorgar la renovación de la autorización de operación.

Esta vez los peticionarios afirmaban que el confinamiento de residuos peligrosos CYTRAR desarrollo actividades en violación de múltiples disposiciones legales, ya que;

- a) Funcionó sin autorización en materia de impacto ambiental.
- b) Desobedeció la normatividad aplicable en el diseño y construcción de celdas.
- c) Depositó residuos peligrosos provenientes de la empresa Alco Pacifico Inc. De Estados Unidos de América.

Los peticionarios argumentaban que las irregularidades en la disposición de los residuos peligrosos habían ocasionado daños a la salud humana y al medio ambiente ⁽²⁹⁾.

En 1998 opero por última vez el confinamiento controlado de Residuos Peligrosos CYTRAR de Hermosillo Sonora, este cierre fue provocado por una controvertida pugna con un grupo de ciudadanos y miembros de organismos no gubernamentales. Este confinamiento cerró sus puertas al público al dejar de recibir, procesar y depositar residuos en sus instalaciones.

1.2.2 Diagnóstico de la Situación Actual de Residuos Peligrosos en la Universidad de Sonora URS

En Sonora se cuenta con 34 Universidades públicas y 26 privadas ⁽³⁰⁾. También cuenta con cientos de preparatorias las cuales diariamente generan residuos tanto peligrosos como no peligrosos ya que en la mayoría de estas instituciones educativas cuenta con laboratorios de química donde generan residuos debido a prácticas que ahí mismo realizan.

Por otro lado La Universidad de Sonora URS cuenta con 604 alumnos inscritos en la carrera de Químico Biólogo, estos a su vez están distribuidos en 11 laboratorios del área de química básica, en los cuáles los alumnos día con día realizan prácticas académicas que serían de 10 a 15 por semestre. Durante el semestre 2014-1, se generaron 10389.9 kg de Residuos y el periodo 2014-2 se generaron 8517.6 kg de Residuos. Por lo tanto ese año se generó un total de 18907.5 kg de Residuos Peligrosos como producto de actividades académicas dentro de la institución.

Actualmente la Unidad Regional Sur no cuenta con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, siendo este trabajo de Investigación una valiosa propuesta para establecerlo.

La **tabla 7** muestra los laboratorios y los alumnos inscritos en los diferentes laboratorios del área básica de química durante los semestres 2014-1 y 2014-2.

Tabla 7. Alumnos Inscritos en los Laboratorios del Área Básica de Química.

MATERIA	ALUMNOS INSCRITOS	% DE ALUMNOS INSCRITOS
CINETICA QUIMICA	49	8.11 %
QUIMICA INORGANICA	35	5.7%
QUIMICA GENERAL	157	25.9 %
QUIMICA ANALITICA I	79	13.07 %
QUIMICA ANALITICA II	25	4.13 %
QUIMICA ANALITICA III	33	5.46 %
BIOQUIMICA I	60	9.93%
BIOQUIMICA II	35	5.7 %
QUIMICA ORGANICA I	23	3.8%
QUIMICA ORGANICA II	94	15.56 %
QUIMICA ORGANICA III	23	3.8 %

Por lo anterior es de suma importancia contar con condiciones seguras de trabajo en el laboratorio, para ello se requiere un programa o plan de manejo de Residuos peligrosos adecuado, que nos permita tener los lineamientos necesarios de Protección, Seguridad, Higiene y Cuidado a la Salud de todo el personal académico, estudiantes y trabajadores que hacen uso de los laboratorios. Además de ser responsables con el cuidado de nuestro medio ambiente.

Nunca debemos de olvidar que los residuos que se generan en los laboratorios de la Universidad de Sonora suelen ser sustancias o un preparado que muchas de las veces presenta peligrosidad, cuya identificación o almacenamiento inadecuado constituye un riesgo para las personas que realizan sus actividades en los laboratorios.

Para llevar a cabo una adecuada gestión de los residuos, se consideran diversas acciones como:

- La reducción del volumen en la generación de residuos peligrosos.
- Desarrollo de metodologías para el almacenamiento, manipulación y clasificación de los residuos en la fase de recolección y transporte.
- Planificación de la recolección y transporte.
- Análisis y aplicación de las operaciones adecuadas para la disposición o aprovechamiento de los residuos.
- La elección del método de disposición final más idóneo, atendiendo a las necesidades de la zona que se trata.

Capítulo 2. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Este manejo de residuos describe los lineamientos del sistema en cuanto a la asignación de responsabilidades, procedimientos y obligaciones que deben cumplir los generadores de los residuos. El manejo de residuos se debe revisar a intervalos no máximos de un año, para asegurarse de que está de acuerdo con todas las regulaciones legales pertinentes y actualizarse según los cambios que puedan ocurrir en las operaciones del laboratorio. Como consecuencia del análisis, se pueden producir mejoras en los rendimientos, en la seguridad de las personas, en los niveles de calidad; también puede haber una disminución de los costos de operación, así como una disminución del volumen y de la peligrosidad de los residuos generados.

Según el Capítulo III del Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Residuos Peligrosos (ART. 9º. al ART. 42), establece las obligaciones de los generadores de residuos peligrosos con respecto al manejo de los mismos.

Artículo 9º. Para los efectos del reglamento se entiende por manejo el conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.

El Reglamento de LGEEPA define al generador como la persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

Durante el manejo de los residuos peligrosos es muy importante la identificación de los tipos y cantidades generadas en cada fuente, poniendo especial atención en aquellas donde se producen cantidades considerables de residuos potencialmente peligrosos para el equilibrio ecológico. Actualmente no existe suficiente información sobre el volumen y tipo de residuos que se generan dentro de las comunidades y en varias industrias; sin esta información es difícil desarrollar una base de datos acerca de la generación de residuos y su grado de peligrosidad. En nuestro país no está normalizada la clasificación de los generadores. Sin embargo, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

En su Artículo 6º. establece que las personas físicas o morales, públicas o privadas que con motivo de sus actividades generen residuos, están obligadas a determinar si estas son peligrosas. El Capítulo II del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos establece las obligaciones de los generadores de residuos peligrosos.

El Artículo 8º. del Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Residuos Peligrosos, señala que el generador de residuos peligrosos deberá:

- I. Inscribirse en el registro que para tal efecto establezca la SEMARNAT
- II. Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligroso.

- III. Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- IV. Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;
- V. Envasar sus residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- VI. Identificar a sus residuos peligrosos con las indicaciones previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;
- VII. Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el presente reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- VIII. Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;
- IX. Bajo las condiciones previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan;
- X. Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;

- XI. Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el reglamento y conforme a lo dispuesto por las Normas Oficiales Mexicanas aplicables;
- XII. Remitir a la SEMARNAT, en el formato que esta determine un informe semestral sobre los movimientos que hubiese efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho periodo y;
- XIII. Las demás previstas en el reglamento y en otras disposiciones aplicables.

2.1 Métodos de Tratamientos y Disposición Final de los Residuos Peligrosos

Los tratamientos para disposición final de los Residuos Peligrosos están relacionados en base a su clasificación CRETl. Estos pueden ser de distintos tipos como son: térmico, químico, biológico, físico, confinamiento, reciclaje o eliminación vía drenaje por ser residuo de baja peligrosidad, los cuales se enlistan en la **tabla 8**. En los laboratorios se pueden realizar algunos tratamientos in situ como por ejemplo tratamientos físicos, químicos y minimizaciones (**Tabla 9**). Estos ofrecen algunas ventajas como los productos tóxicos que los convierte en menos tóxicos o más estables, eliminación segura del residuo por su baja peligrosidad, disminución de costos por su manejo y beneficio educativo; así como algunas desventajas dentro de las cuales destacan que los tratamientos reportados son para sustancias individuales en

volúmenes pequeños, sólo pueden ser tratados personal capacitado en el manejo de los productos químicos o que a veces no hay tratamiento in situ.

Tabla 8. Residuos de Laboratorio de Baja Peligrosidad.

Orgánicos	Inorgánicos
Azúcares	Sulfatos de Ca, K, Mg, Sr y NH ₄
Aminoácidos	Fosfatos de Ca, K, Mg, Sr y NH ₄
Ácido y sus sales de origen natural	Carbonatos de Ca, K, Mg, Sr y NH ₄
Ácido cítrico y sus sales de Ca, K, Mg, Na, NH ₄ y Sr	Óxidos de Ca, Mg
Ácido láctico y sus sales de Ca, K, Mg, Na, NH ₄ y Sr	Cloruros y Boratos de Ca, K, Mg, Na

Tabla 9. Tratamientos in situ de los Residuos Peligrosos Químicos.

Tipos de Tratamiento

Físico	Químico	Minimización
Filtración	Neutralización	Reducción
Sedimentación	Precipitación	Reciclaje
Destilación	Óxido-Reducción	
Secado y evaporación	Hidrólisis	
Extracción		

En el reglamento de la LGEEPA, Artículo 3º; se define al tratamiento como la acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características; y disposición final se define allí como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

El tratamiento para los residuos peligrosos pueden ser: métodos físicos, químicos o biológicos, dependiendo de la naturaleza de los residuos. En la

tabla 9 se muestran los tratamientos más importantes dados a los residuos peligrosos ⁽³¹⁾.

2.1.1 Tratamiento Físico

La mayoría de estos procesos son utilizados para el mejoramiento o recuperación de residuos municipales aprovechando características como el tamaño de partículas, el volumen, la capacidad magnética, la conductividad eléctrica y el calor entre otras, para separar los diversos componentes de los residuos peligros. Según el Manual de Manejo de Residuos Peligros Químicos de la Universidad de Sonora ⁽³²⁾. Los tratamientos químicos son procedimientos sencillos como: separación de fases, sedimentación, decantación, filtración, adsorción, destilación, secado, precipitación física, evaporación o extracción.

El tratamiento a aplicar dependerá del estado físico, de la solubilidad en agua y solventes orgánicos, volatilidad, punto de ebullición, etc.

Sedimentación: la sedimentación seguida de una decantación es el procedimiento más simple ya que solo hay que dejar reposar el residuo para el sólido sedimento.

Precipitación Física: es el proceso en el que se forma un sólido como resultado de un cambio físico (enfriamiento, evaporación o alteración del solvente).

Secado y Evaporación: se emplea para residuos que no puedan destilarse y para remover agua de los residuos acuosos. La liberación de gases o vapores en la atmosfera, vía evaporación no es un método aceptable. Debe contarse con extractores, que posean dispositivos especiales que impidan las descargas de los gases corrosivos o tóxicos a la atmosfera, al momento de producirse. Se recomienda la neutralización de los gases por burbujeo o el uso de filtros auxiliares para evitar la contaminación a la atmosfera ⁽³²⁾.

Destilación: es útil para la recuperación y reutilización de solventes. En el caso de solventes inflamables debe realizarse tomando las precauciones necesarias (adecuada ventilación, utilización de equipo eléctrico a prueba de chispas, evitar toda fuente de ignición). Los solventes que ya no puedan recuperarse por destilación, se deberán enviar a un proceso de incineración o utilizarse como fuente de energía alterna.

2.1.2 Tratamiento Químico

El tratamiento químico cambia las características de los residuos haciéndolos menos peligrosos, de tal forma que se puede disponer de ellos en rellenos sanitarios o descargarlos a las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que se involucran cambios en la estructura química de los materiales. Según el Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos de la Universidad de Sonora los tratamientos químicos se basan en:

Neutralización: se aplica a soluciones de bases y ácidos minerales, ácidos orgánicos o soluciones de estos (ácido clorhídrico, sulfúrico, nítrico, acético, fosfórico, perclórico; bases como hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de amonio, etc.).

Primeramente, se realiza una dilución de la sustancia a tratar, hasta una concentración no mayor de 1M 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, estos pueden neutralizarse también con carbonato de sodio o cal ⁽³³⁾. Una vez ajustado el pH a la neutralidad, el residuo puede ser vertido al drenaje bajo el chorro de agua.

Precipitación Química: se utiliza para remover metales como Ag, As, Cd, Cr, Ba, Zn, Ag, Pb, Hg, etc. Que rebasan los límites establecidos en las normas oficiales mexicanas (NOM-052-ECOL-1993, NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996). Los residuos líquidos pueden minimizarse precipitando los metales como sales insolubles a un determinado pH, después de realizar una concentración de la solución, sobre todo si se trata de soluciones muy diluidas. Los metales precipitados y los residuos sólidos de metales pueden enviarse a confinamientos, o bien, pueden reutilizarse lo cual definitivamente sería la mejor opción. Por esta razón, se recomienda que los residuos de cada metal se

colecten por separado para facilitar su recuperación y reutilización. La mejor opción es precipitarlos en forma de silicatos, metasilicatos o hidróxidos por medio del silicato, metasilicatos o hidróxidos de sodio, controlando el pH. En pocos casos, las sales insolubles pueden ser sulfatos (Ba, Pb) o carbonatos (Ba, Pb, Sr) ⁽³⁴⁾.

Oxidación-Reducción: algunas sustancias se oxidan o reducen para disminuir su peligrosidad, ejemplo: permanganato de potasio, ácido pícrico, cianuros, fierro y ferricianuros, bromuro de etilo, clorato de potasio, peróxido de hidrogeno, formaldehido, 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.

Hidrolisis: consiste en agregar agua al residuo. En condiciones controladas pueden tratarse residuos reactivos al agua. Ejemplo: sodio, potasio, calcio, tetrahidruro de sodio y aluminio, amida de sodio, carburo de calcio, etc.

2.1.3 Tratamiento Térmico

En estos procesos se busca recibir el peso y el volumen de los residuos sólidos. En el caso de los residuos peligrosos se utiliza la incineración para eliminar las características tóxicas o biológico-infecciosas de los residuos.

2.1.4 Tratamiento Biológico

Con el tratamiento biológico de los residuos, se busca modificar las características nocivas de estos, utilizando microorganismos específicos. Los avances de la ingeniería genética prometen tecnologías muy útiles para estos propósitos.

2.1.5 Tratamiento de Residuos que Resultan de Mezclas de Sustancias

Para el caso de residuos que contienen una mezcla de varias sustancias, es determinar cuál técnica o técnicas será la más adecuada para aplicar *in situ*.

Se recomienda comunicarse a PISSA-UNISON para obtener mayor información. No siempre es posible aplicar un tratamiento de desactivación *in situ*, por lo que algunas veces la única opción es enviarlas a disposición final haciendo uso de los servicios de la compañía autorizada para prestar este servicio a la Universidad de Sonora.

Capítulo 3. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es la fase posterior a la acumulación y es donde se mantienen los residuos debidamente empacados para su posterior tratamiento o disposición final ⁽³⁵⁾. Los residuos hasta ser almacenados en el almacén temporal, permanecerán en los laboratorios, preferentemente en los estantes y en recipientes apropiados (botes con tapa bien cerrada) para evitar posibles derrames, en lugares que no sean de paso para evitar tropiezos, y alejados de cualquier fuente de calor. Una vez en el almacén temporal, no podrán almacenarse en la misma estantería productos que presenten posibles reacciones peligrosas. Los líquidos combustibles no se almacenarán conjuntamente con productos comburentes ni con sustancias tóxicas o muy tóxicas que no sean combustibles, debiendo estar lo más alejadas posible entre sí en el almacén. Los productos no inflamables ni combustibles pueden actuar como elementos separadores entre estanterías, siempre que estos productos no sean incompatibles con los productos inflamables almacenados. Se debe seguir los lineamientos indicados en la **NOM-055-ECOL-1993**. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos (**Ver anexo 3**). **La Figura 5**, muestra las Incompatibilidades de almacenamiento de sustancias peligrosas.

	 Inflamables	 Explosivos	 Tóxicos	 Combustibles	 Nocivos Irritantes	 Corrosivos
 Inflamables	+	-	-	-	+	-
 Explosivos	-	+	-	-	-	-
 Tóxicos	-	-	+	-	+	-
 Combustibles	-	-	-	+	0	-
 Nocivos Irritantes	+	-	+	0	+	-
 Corrosivos	-	-	-	-	-	+
+	Se pueden almacenar conjuntamente					
0	Solamente podrán almacenarse juntas si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención					
-	No deben almacenarse juntas					

Figura 5. Resumen de Incompatibilidades de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas ⁽³⁶⁾.

El tiempo de almacenamiento de los residuos tóxicos y peligrosos no podrá exceder en más de seis meses. En los almacenes temporales, deberá existir una cantidad de envases y etiquetas que asegure la reposición al dejar envasados llenos. Podrá acceder a los almacenes temporales el personal autorizado ⁽³⁶⁾.

Capítulo 4. MARCO NORMATIVO

En cuanto a residuos peligrosos es necesario establecer las condiciones para un manejo seguro de los mismos que busque promover su aprovechamiento y reuso, o bien su estabilización para generar las condiciones de su confinamiento definitivo. Las normas en ese plano deben inducir a los generadores a un proceso de búsqueda de minimización de sustancias que generen residuos peligrosos, y cuando ello no sea posible, buscar un balance eficiente y económicamente entre el reuso, el reciclaje, la destrucción y el confinamiento.

El sistema Jurídico Mexicano está constituido por las disposiciones constitucionales, las Leyes Generales y Federales, los reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas.

Normatividad Aplicable Residuos Peligrosos

Dentro de las Leyes y Normas que se aplican a los Residuos Peligrosos están:

- 1) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- 2) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- 3) Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- 4) Reglamento de la Ley general del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

- 5) Reglamento de la Ley general del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- 6) Normas Oficiales Mexicanas como la:

NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NOM-053-SEMARNAT-1993. Que 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.

Otra Normatividad Relacionada:

1) Secretaría del Trabajo y Previsión Social

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo:
Establece las medidas necesarias para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo.

2) NOM-005-STPS-1993. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

3) NOM-118-STPS-2000. Establece el sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

- 4) **NOM-002-SCT2-94.** Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- 5) **NOM-007-SCT2-1994.** Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- 6) **NOM-010-SCT-1994.** Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos⁽³⁷⁾.

4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General de Equilibrio y la Protección al Ambiente (LGEEPA) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y luego modificada por decreto publicado en el mismo órgano de difusión el 13 de diciembre de 1996. Esta Ley sostiene la consideración de que los residuos peligrosos, en cualquier estado físico, representan un peligro para el Equilibrio Ecológico y para la Salud, por lo que en las practicas elegidas, recolección, almacenamiento, tratamiento, y disposición final; deberá procurarse, permanentemente, que sea lo más respetuoso posible al medio ambiente y a la salud de la población.

La LGEEPA se encuentra dividida en 6 títulos y está compuesta por 204 artículos, más 4 artículos transitorios.

Dentro del título cuarto, capítulo VI, se halla lo relativo a materiales y residuos peligrosos (**Artículos del 150 al 153**).

Artículo 150.- Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglos a la presente Ley.

Su reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de estos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

El Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas, a que se refiere el párrafo anterior, contendrán los criterios y listados que clasifiquen los materiales y residuos peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando sus características y volúmenes corresponde a la Secretaría (SEMARNAT) la regulación y el control de los materiales y residuos peligrosos.

A sí mismo 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 riesgos e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo, particularmente tratándose de sustancias químicas.

Artículo 151.- La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien lo genera.

En caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de estas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los genere. Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la Ley.

Artículo 152.- Establece que la SEMARNAT promoverá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como estimular su reuso y reciclaje. Cuando la generación o manejo de residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de las operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

Artículo 153.- Menciona que la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetara a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Comercio Exterior.

4.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

El reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos actualmente vigente contiene los ordenamientos que tienen que cumplir las personas físicas o morales que desarrollen actividades donde se involucren residuos peligrosos.

4.1.2 Normas Oficiales Mexicanas en Materias de Residuos Peligrosos

En el título 1, capítulo II, Artículo 5º de la LGEEPA se establece, entre otras facultades de la federación, la expedición de las Normas Oficiales Mexicanas que en materia de residuos peligrosos ha llegado a lo siguiente:

NOM-052-ECOL-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993 ^(3⁸).

NOM-053-ECOL-1993. Que 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. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993 ^(3⁹).

NOM-054-ECOL-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la

Norma Oficial Mexicana **NOM-052-ECOL-1993**. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993 ⁽⁴⁰⁾.

NOM-055-ECOL-1993. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993⁽⁴¹⁾.

NOM-056-ECOL-1993. Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993 ⁽⁴²⁾.

NOM-058-ECOL-1993. Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Octubre de 1993 ⁽⁴³⁾.

NOM-083-ECOL-1996. Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. (Aclaración 07-marzo-1997). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Noviembre de 1996 ⁽⁴⁴⁾.

NOM-087-ECOL-1995. Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en

establecimientos que presten atención médica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de Noviembre de 1995 ⁽⁴⁵⁾.

4.1.3 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

El presente ordenamiento tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. No es materia de este Reglamento, el transporte terrestre de materiales peligrosos realizado por las fuerzas armadas mexicanas, el cual se regula por las disposiciones normativas aplicables.

Normas Oficiales Mexicanas para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha publicado una serie de Normas Oficiales Mexicanas, relacionadas con el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-002/SCT2-1994. Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de Octubre de 1995 ⁽⁴⁶⁾.

NOM-003/SCT2-1994. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de Agosto de 1995 ⁽⁴⁷⁾.

NOM-004/SCT2-1994. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1995 ⁽⁴⁸⁾.

NOM-005/SCT2-1994. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de Julio de 1995 ⁽⁴⁹⁾.

NOM-009/SCT2-1994. Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1. Explosivos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Agosto de 1995 ⁽⁸⁰⁾.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos

El presente Reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a residuos peligrosos. Para efectos de este Reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

Confinamiento Controlado: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su aislamiento definitivo.

Contenedor Caja o cilindro móvil, en el que se depositan para su transporte residuos peligrosos.

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Disposición Final: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

Envasado: Acción de introducir un residuo peligroso en un recipiente, para evitar su dispersión o evaporación, así como facilitar su manejo.

Empresa de Servicios de Manejo: Persona física o moral que preste servicios para realizar cualquiera de las operaciones comprendidas en el manejo de residuos peligrosos.

Generación: Acción de producir residuos peligrosos.

Generador: Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

Incineración: Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada.

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

Manifestó: Documento oficial, por el que el generador mantiene un estricto control sobre el transporte y destino de sus residuos peligrosos dentro del territorio nacional.

Reciclaje: Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos.

Recolección: Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

Reglamento: El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos.

Reuso: Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

Tratamiento: Acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características.

Capítulo 5. EFECTOS A LA SALUD HUMANA Y AL MEDIO AMBIENTE

A nivel mundial se han realizado una serie de investigaciones que señalan el impacto que pueden tener los residuos peligrosos en las personas. Como puede advertirse, en México los residuos peligrosos no controlados se encuentran al alcance de la población; este hecho, más que una problemática de contaminación ambiental, constituye un severo riesgo para la salud pública. En una revisión reciente ⁽⁵¹⁾, el Consejo Nacional de Investigación de los EUA encontró suficiente evidencia de que los residuos peligrosos causan severos efectos sobre la salud. Además se indica que, si bien en muchos sitios el riesgo actual es bajo, éste se incrementará en el futuro si se considera que muchos contaminantes son persistentes y que tienen el potencial de migrar hasta los acuíferos, con lo cual la exposición humana aumentaría considerablemente.

Potencialmente son varios ^(52,53) los efectos en la salud de los individuos expuestos a residuos peligrosos; no obstante, dos son los que generan más preocupación social: el cáncer y las malformaciones congénitas. La acumulación de desechos sólidos al aire libre, es el ambiente propicio para que animales como ratas, moscas y mosquitos; hongos y bacterias se desarrollen en grandes cantidades y en periodos de tiempo cortos; como consecuencia se generan focos de infección ⁽⁵⁴⁾.

Enfermedades Gastrointestinales (del estómago e intestinos) como son: la amibiasis, cólera, diarrea y tifoidea, entre otras.

Enfermedades Respiratorias: el aire transporta millones de microorganismos de la basura, que al ser inhalados provocan infecciones en las vías respiratorias como laringitis y faringitis.

Enfermedades Micóticas: son frecuentes en las personas que se encuentran en sitios donde existe acumulación de basura, esto propicia el desarrollo de hongos y bacterias que al estar en contacto con la piel provocan irritaciones e infecciones.

El organismo humano está expuesto a sustancias peligrosas a través de distintas superficies: la piel, los pulmones, la nariz, la boca, etc. Las principales vías de entrada más habituales son:

1. Inhalación
2. Ingestión
3. Dérmica
4. Parenteral

1. Inhalación: las vías respiratorias son las principales vías de penetración de las sustancias químicas. Desde los pulmones los agentes químicos pasan a la sangre, pudiendo afectar entonces a otros órganos como el cerebro, hígado, riñones, etc. o atravesar la placenta y producir malformaciones fetales.

2. Ingestión: el producto tóxico se introduce a través de la boca, por contaminación de alimentos o bebidas, o cuando tras haber manipulado un

producto químico, se llevan las manos a la boca para fumar o simplemente como un gesto inconsciente.

3. Dérmica: algunas sustancias químicas, como las irritantes o las corrosivas, producen daño al poner en contacto con la piel, las mucosas o los ojos, o a través de pequeñas lesiones cutáneas.

4. Parenteral: se produce por penetración del contaminante, discontinuidades en la piel como cortes, pinchazos o la presencia de úlceras, llagas u otras heridas descubiertas.

Los residuos peligrosos que se generan en los laboratorios del área básica de química son un problema grave para los maestros, alumnos y personal involucrado de la universidad.

Ya que, si no son manejados correctamente estos causan un grave problema para la salud provocando diferentes tipos de accidentes. La **tabla 10**, muestra los posibles daños a la salud humana que pueden provocar las sustancias químicas más utilizadas durante las prácticas realizadas por los alumnos de la universidad de sonora URS.

Tabla 10. Daños a la Salud Humana Provocada por Sustancias Químicas.

FIGURA	SUSTANCIA QUIMICA	FORMULA Y PROPIEDADES	DAÑOS A LA SALUD	FOTO
	Ácido Sulfúrico	<p>Fórmula: H_2SO_4 Densidad: 1,84 g/cm^3 Masa Molar: 98,079 g/mol Punto de Fusión: 10 °C Denominación de la IUPAC: Sulfuric acid</p>	<p>Inhalación -Inflamación crónica del tracto respiratorio Ingerir -Causa la muerte Cutánea Quemaduras</p>	
	Ácido Clorhídrico	<p>Fórmula: HCl Masa Molar: 36,46094 g/mol Clasificación: Ácido inorgánico Denominación de la IUPAC: Chlorane, Hydrogen chloride</p>	<p>Ingerir -Dolor abdominal -Dificultad al respirar -Dolor de pecho -Babeo, Fiebre Inhalación -Labios se tornan azules, Ahogos, Tos, mareos</p>	
	Ácido Nítrico	<p>Fórmula: HNO_3 Densidad: 1,51 g/cm^3 Masa Molar: 63,01 g/mol Punto de ebullición: 83 °C Denominación de la IUPAC: Nitric acid</p>	<p>Inhalación -Estornudos -Ronquera -Laringitis -Problemas para respirar -Dolor del tórax Contacto con los ojos -Irritación -Lagrimo Cutánea -Ceguera -Quemaduras severas -La piel adquiere un color amarillo -Dermatitis</p>	



Hidróxido de Sodio.

Fórmula: NaOH

Masa Molar:
39,997 g/mol

Densidad: 2,13
g/cm³

Punto de Fusión:
318 °C

Denominación de la IUPAC:

Sodium Hydroxide

Soluble en: Agua, Metanol, Etanol

Inhalación

- Irritación severa del tracto respiratorio
- Lesión pulmonar
- Edema pulmonar

Dérmica

- Quemaduras con ulceración profunda y cicatrices permanentes

Contacto con los ojos

- Irritación severa y leve cicatrización hasta ampollas,

Desintegración



Hidróxido de Calcio

Fórmula:Ca(OH)₂

Masa Molar:
74,093 g/mol

Densidad: 2,21
g/cm³

Denominación de la IUPAC: Calcium hydroxide

Punto de Fusión:
580 °C

Soluble en: Agua

Ingerir

- Dolor de garganta
- Quemazón en la boca
- Dolor abdominal
- Vomito con sangre
- Presión arterial, Colapso

Cutánea

- Quemaduras, Irritación dolorosa, Necrosis

Exposición en los ojos

- Causa dolor, Perdida de la visión.

Inhalación

- Garganta y nasales dolor e inflamación, respiración dificultosa o imposible.
- Baja presión.



Riesgos.

Los residuos peligrosos al dispersarse en el ambiente se transportan a distancia y se transfieren a los diferentes elementos que conforman los ecosistemas, de esta manera los residuos llegan a los sistemas abióticos (agua, suelo, aire) y por consiguiente pasan a la biota (seres vivos); **(Figura 6)**.

El medio ambiente mantiene capacidades de carga limitada para asimilar sustancias, por tanto, la presencia y cantidad de los residuos peligrosos introducidos representan un riesgo y desequilibrio para ellos, con alteraciones en los ciclos naturales y agotamiento de los recursos.

El daño que estas sustancias pueden causar depende de su grado de toxicidad, su persistencia ambiental o bioacumulación. La toxicidad de una sustancia se determina dependiendo de los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos, entre los indicadores evaluados se destacan: efectos subletales en plantas, mamíferos, no mamíferos, defectos estructurales que afectan el desarrollo de un ser vivo Teratogenicidad y Carcinogenicidad.

La persistencia ambiental está relacionada con la tendencia a permanecer en el medio, debido a su resistencia a la degradación química o biológica asociada a los procesos naturales, por ejemplo algunos metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio, son sustancias con elevada permanencia ambiental.

La propiedad de ser bioacumulables, hace que estos puedan esparcirse de especie a especie y concentrarse a medida que los organismos consumen a otros a lo largo de la cadena alimenticia, alcanzando niveles muy superiores a los de los organismos iniciales.

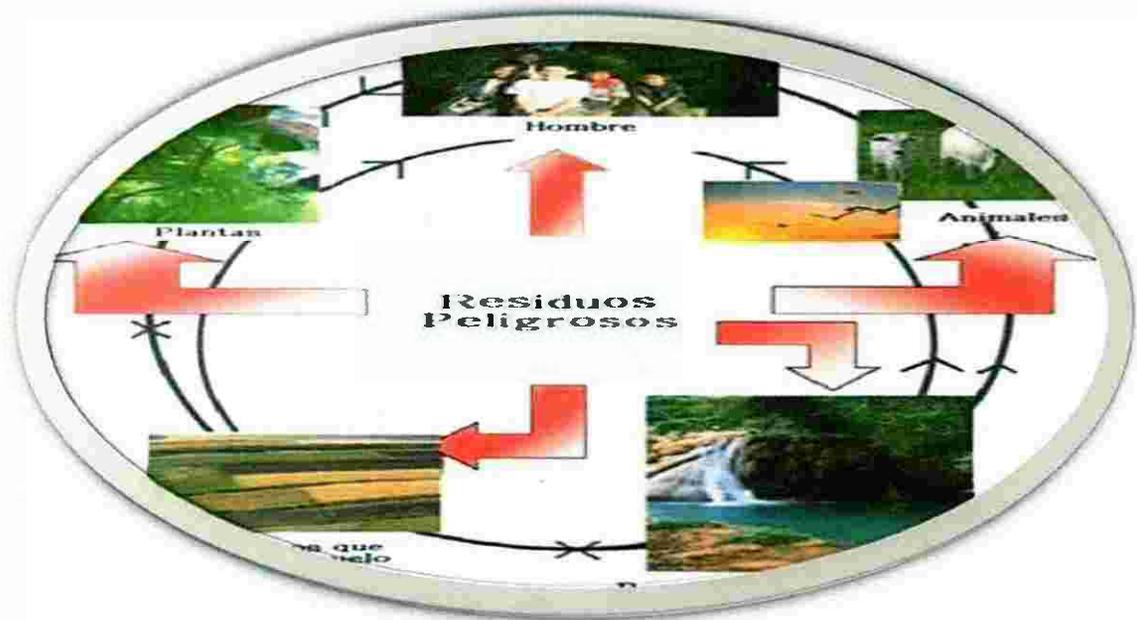


Figura 6. Residuos Peligrosos en el Ambiente.

Los depósitos de residuos son un riesgo para la salud, ya que estos pueden afectar a las personas por diferentes vías. Exposición directa (contacto físico con los desechos). Dispersión de las partículas a través de la atmósfera. Utilización de agua de mantos freáticos contaminados por la infiltración de sustancias y materiales tóxicos de los tiraderos de desechos. Por consumo ya sea por el hombre o por animales domésticos y de comestibles cultivados en tierras cercanas a los depósitos.

A nivel mundial se han realizado una serie de investigaciones que señalan el impacto que pueden tener los residuos peligrosos en las personas.

Potencialmente son varios los efectos; pero los dos daños que generan más preocupación social son el cáncer y las malformaciones congénitas.

En México, los estudios acerca de los efectos sobre la salud en poblaciones expuestas a tóxicos ambientales son mínimos. Los más relevantes son los trabajos sobre plomo (contaminación atmosférica y cerámica vidriada) ⁽⁵⁵⁾; arsénico (contaminación natural) ⁽⁵⁶⁾; plaguicidas (exposición ocupacional) ⁽⁵⁷⁾; y flúor (contaminación natural y exposición ocupacional) ⁽⁵⁸⁻⁵⁹⁾. Dichos trabajos, si bien son relevantes, no abordan la problemática de los residuos peligrosos, con ello se demuestra que tan escasos son los estudios en México en torno a este tema.

México tiene poca experiencia en estudios sistemáticos sobre el efecto al ambiente causado por residuos tóxicos, sus tiempos de residencia en los ecosistemas, flujos, destinos finales, y posibles impactos sobre la biota y la salud humana.

En este sentido, se puede decir que los problemas de salud humana a causa del mal uso, manejo y disposición final los residuos peligrosos, se encuentran en las alteraciones al sistema nervioso central, al sistema inmunológico, al sistema respiratorio, al sistema cardiovascular, sanguíneo, daños al hígado, daño al aparato reproductor, riñones, alergias, desórdenes en las células de la

sangre, daños a los pulmones e irritaciones en la piel y ojos, desarrollo de cáncer, malformaciones en el embrión o feto y mutaciones (alteración del ADN de las células) siendo la población más vulnerable, los niños, la mujeres embarazadas y los ancianos. El principal problema radica en que los efectos de los contaminantes persistentes pueden ser muy sutiles, los síntomas pueden aparecer gradualmente y ser ignorados por la persona afectada, en algunos casos las enfermedades crónicas puede tardar de 20 a 30 años en manifestarse, o en ocasiones pueden desarrollarse en las generaciones siguientes.

Riesgos al Medio Ambiente

En México, gran parte de los laboratorios químicos no desechan sus residuos peligrosos de manera correcta. Algunos laboratorios los almacenan hasta por 15 años, porque no tienen información acerca de qué hacer con los mismos o los arrojan a drenajes o a la basura. Por lo tanto, diario el ambiente recibe desechos potencialmente peligrosos. Aunque son cantidades mínimas, se acumulan y llegan a causar daños en el agua y el suelo.

Es necesario manejarlos de forma segura para que no dañen el medio ambiente. Esto se logra con un manejo integral de residuos, en el que se destruya el residuo que estamos generando dentro de las actividades diarias de trabajo de laboratorio ⁽⁶⁰⁾.

Residuos Peligrosos: es el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y se encuentra en estado sólido, o semisólido, puede ser un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, pueden ser susceptibles; se valorizan o requieren tratamiento o disposición final. Es un riesgo para el ecosistema o el ambiente, la presencia de residuos peligrosos en el ambiente puede obstaculizar con la movilidad de otros compuestos que son importantes para los ciclos naturales y los procesos biológicos.

Lixiviado: líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contienen en forma disuelta o en suspensión.

Sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo potencial a la salud del ser humano y de los demás organismos vivos.

Capítulo 6. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La Universidad de Sonora es una institución de educación superior mexicana autónoma y de servicio público. Con más de 30,000 estudiantes y 3,000 profesores. Su administración central se encuentra ubicada en el campus de la ciudad de Hermosillo, contando además con otros campus en diversas localidades del estado.

Cuenta con 46 programas de licenciatura, 7 de especialidad, 21 de maestría y 8 de doctorado ⁽⁶¹⁾.

La Universidad de Sonora URS, se encuentra en Navjoa, se imparten las carreras de: Lic. En Derecho, Químico Biólogo Clínico, Ing. Civil, Ing. Industrial y de Sistemas, Ing. en Sistemas de Información. De las cuáles en la licenciatura de Químico Biólogo Clínico, Ing. Civil, Ing. Industrial se desarrollan prácticas del Área Química.

Cuenta con 11 laboratorios de química básica donde se realizan prácticas que generan residuos tanto peligrosos como no peligrosos.

En el área básica se imparten prácticas de Química Analíticas I, II y III, Químicas Orgánicas I, II y III, Bioquímicas I y II, Inorgánica, Cinética.

Además del área de Investigación Científica en la cual también se generan residuos Químicos peligrosos y no peligrosos.

Los residuos peligrosos que se generan son producto de sustancias que al ser combinadas con otras se vuelven altamente peligrosa para la salud y el medio ambiente, poniendo en riesgo la seguridad tanto de alumnos y maestros que laboran en los laboratorios.

El área de Química Básica es la de estudio ya que como parte de sus actividades académicas utilizan y transforman sustancias químicas que al momento de ser manipuladas generan residuos de naturaleza peligrosa.

El presente trabajo de investigación servirá de gran apoyo para establecer las condiciones óptimas para el tratamiento de los Residuos Peligrosos generados en los laboratorios de química, así como los lineamientos apropiados, para evitar cualquier tipo de accidentes que puedan ocurrir durante la manipulación, transporte y almacenamiento de los mismos.

Para una buena seguridad dentro de los laboratorios se considera medidas relacionadas con:

- 1.- Manipulación y uso de sustancias químicas.
- 2.- Manipulación y tratamiento de los residuos que pudieran ser: tóxicos, inflamables, corrosivos, explosivos, reactivos.
- 3.- Medidas para evitar riesgos.

Así como equipo de protección adecuado como:

- Campana de extracción de gases tóxicos
- Duchas por posibles quemaduras
- Extinguidores
- Higiene personal adecuada
- Batas
- Medios de protección (anteojos, guantes, cubre bocas)
- Recipientes bien etiquetados.

No todas las sustancias químicas son peligrosas ni presentan un riesgo para el medio ambiente y la salud, sino aquellas que poseen propiedades corrosivas reactivas tóxicas e inflamables. Tampoco se puede considerar que todos los materiales y sustancias peligrosas son considerados como un riesgo a la salud y al medio ambiente ya que su riesgo depende no tan solo de sus propiedades y su potencia sino también de la magnitud de su exposición siendo esta última función de la cantidad de las sustancias que entran en contacto con los diversos receptores, así como de la frecuencia y la duración de dicha exposición.

Capítulo 7. METODOLOGIA

Para la recolección de los residuos peligrosos que generan los alumnos durante sus prácticas realizadas en los laboratorios de la Universidad de Sonora. Se lleva a cabo lo siguiente:

1. Se realiza la práctica en el laboratorio (Figura 7), donde se utilizan diferentes sustancias químicas que generan residuos, la mayoría con algún grado de peligrosidad.



Figura 7. Prácticas en los Laboratorios de Química.

2. Los alumnos con ayuda y supervisión del maestro recolectan los residuos y los envasan en recipientes limpios y con tapa para evitar derrames y/o accidentes (Figura 8).



Figura 8. Recipientes Limpios y con tapa.

3. Posteriormente se etiquetan cada uno de los envases, dicha etiqueta debe ser llenada correctamente (Figura 9), para tener conocimiento de que tipo de residuo peligroso se trata y darle posteriormente el tratamiento adecuado para su desactivación o almacenamiento.



Figura 9. Etiquetas de Residuos Peligrosos.

La etiqueta de identificación de residuos peligrosos es de suma importancia ya que indica:

- Origen del residuo
- Descripción del residuo
- Propiedades CRETl
- Contenido
- Concentración original

4. Los Residuos ya envasados y etiquetados son colocados en un espacio apropiado en el laboratorio donde se realizó la práctica (Figura 10), posteriormente el Técnico Académico responsable, los recolecta para su adecuado tratamiento y almacenamiento.



Figura 10. Residuos Envasados y Etiquetados en los Laboratorios de Química.

5. En seguida se realiza un recorrido por el Técnico Académico en los laboratorios del area basica de quimica, para supervisar si existen residuos por tratar (Figura 11).



Figura 11. Recorrido por los Laboratorios para tratar los Residuos Peligrosos.

6. Una vez recolectados los residuos se anota en la bitácora de control especial para llevar un registro completo de los mismos (**Figura 12**).

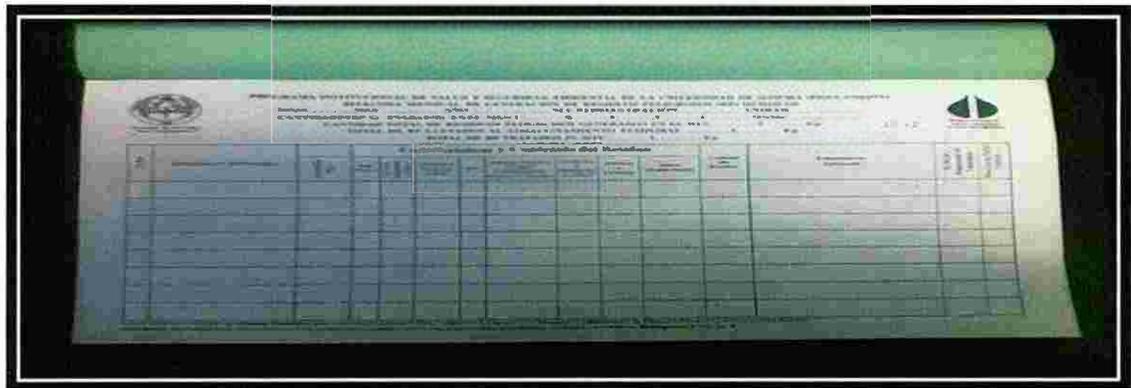


Figura 12. Bitácora de control especial de Residuos Peligrosos.

7. Posteriormente se analiza y decide según la naturaleza del residuo que tipo de tratamiento se les proporcionará para su desactivación más adecuada (**Figura 13**).



Figura 13. Residuos Peligrosos y su adecuada desactivación.

8. De manera general el tratamiento más utilizado es el de neutralización que se les otorga a los residuos de naturaleza acida o básica ya que estos son métodos in situ. Para ello se utiliza material adecuado como pipetas, agitadores, vasos de precipitado, papel pH, etc; (**Figura 14**).



Figura 14. Material adecuado para la desactivación de Residuos Peligrosos.

9. Para una mayor seguridad los residuos se colocan en la campana de extracción (**Figura 15**), para evitar un posible accidente y darles ahí el tratamiento adecuado.



Figura 15. Campana de Extracción.

10. Una vez seleccionados los residuos peligrosos se realiza su respectivo tratamiento siempre utilizando la protección adecuada (**Figura 16**), para evitar accidentes que podrían pasar durante la desactivación.



Figura 16. Protección adecuada en los Laboratorios de Química.

11. Finalmente los residuos que ya se les dio tratamiento, se desechan adecuadamente y los frascos que contenían dichas sustancias se lavan con bastante agua y jabón para después volver hacer utilizados durante las prácticas (**Figura 17**), que realicen los alumnos de la Universidad de Sonora URS y depositar ahí los nuevos Residuos Peligrosos.



Figura 17. Botes lavados para ser utilizados nuevamente.

Aquellos residuos en los que no se pueda aplicar algún método de desactivación se envasan y etiquetan correctamente, se mandan al almacén temporal de la Unidad Regional Sur para posteriormente ser mandados a PISSA-UNISON (Figura 18); Para su adecuada disposición final.



Figura 18. Residuos Peligrosos mandados a PISSA-UNISON.

7.1 Diagnóstico de la Generación de Residuos por Materia del Área Básica de Química

La Universidad de Sonora Unidad Regional Sur cuenta con laboratorios de química donde los alumnos realizan prácticas que generan diferentes tipos de residuos. Durante los periodos 2014-1 y 2014-2 se generaron 115 residuos

peligrosos por semestre de los cuáles el 10.43 % se les da tratamiento en la URS y el 89.5% se envían a PISSA-UNISON para su disposición final.



7.2 Residuos Peligrosos de los Laboratorios del Área Básica de Química en la Universidad de Sonora URS

Las siguientes (tablas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32) muestran los residuos generados por cada una de las prácticas de laboratorio del Área Básica de Química.

Semestre 2014-1

Tabla 11. Química General

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
HCl, Zn, Pb, Sodio, Antimonio	20ml	07/02/2014	Líquido	Practica nº 1
Cloroformo, Yodo, Cu(NO ₃) ₂	150 ml	21/02/2014	Líquido	Practica nº 2
Oxido de Calcio, Oxido de Mercurio, Carbonato de Calcio, Bióxido de Magnesio	15 grs	04/03/2014	Sólido	Practica nº 3
Hexano, Acido Benzoico, Etanol, H ₂ O	50ml	06/03/2014	Líquido	Practica nº 4
Naftaleno, Carbón en polvo	22.9 grs	11/03/2014	Sólido	Practica nº 5
Pb, Zn, Ca, Ni, Fe,	10 grs	18/03/2014	Sólido	Practica nº 6
HCl, Acido Benzoico, Hexano,	15 ml	29/03/2014	Líquido	Practica nº 7

Etanol				
FeSO ₄ , H ₂ SO ₄ , Cromato de Potasio, Permanganato, HCl	100 ml	02/04/2014	Líquido	Practica nº 8
Hexano + CuSO ₄ + H ₂ O	50 ml	22/04/2014	Líquido	Practicanº 9
MnO ₂ + KClO ₃ + H ₂ O	45 ml	06/05/2014	Líquido	Practicanº 10

Tabla 12. Química Inorgánica.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
HCl + NaCO ₃	20 ml	04/02/2014	Líquido	Practicanº 1
Acido Benzoico+ Naftalina, Carbón CuSO ₄	100 ml	06/02/2014	Líquido	Practicanº 2
Carbón + Naftalina	15 grs	13/02/2014	Sólido	Practicanº 3
KClO ₃ + MnO ₂	25 grs	20/02/2014	Sólido	Practicanº 4
Oxido de Calcio+ H ₂ SO ₄ + H ₂ O	25 grs	27/02/2014	Sólido	Practicanº 5
Ca(OH) ₂	50 ml	28/02/2014	Líquido	Practicanº 6
Ca + Oxido Cúprico+ H ₂ O + Carbón	150 ml	06/03/2014	Líquido	Practicanº 7
Ericromo + Solución EDTA+ Solución Buffet	80 ml	06/03/2014	Líquido	Practica nº 8
MgCl + H ₂ O	25 ml	13/03/2014	Líquido	Practica nº 9
Mg + NaOH	10 ml	13/03/2014	Líquido	Practica nº 10
Aluminio+ Yodo	20 ml	15/03/2014	Líquido	Practica nº 11
Pb(NO ₃) ₂ + Cu(NO ₃) ₂ + NaNO ₃	10 ml	02/04/2014	Líquido	Practica nº 12
HCl + KClO ₃ + MnO ₂	10 ml	08/04/2014	Líquido	Practica nº 13

Tabla 13. Cinética Química.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
HCl, Carbonato de Sodio, Cloruro de Calcio, Terbutanol	50 ml	04/02/2014	Líquido	Practica nº 1
Cloruro de Terbutilo, NaOH, Fenoltaleína	200ml	07/02/2014	Líquido	Practica nº 2
Acetato de Etilo, NaOH, HCl	1 litro 250 ml	19/02/2014	Líquido	Practica nº 3
Fenoltaleína, HCl, NaOH, NaCl, Acetato de Etilo, H ₂ O	359 ml	26/02/2014	Líquido	Practica nº 4
Tiosulfato de Sodio, HCl	780 ml	05/03/2014	Líquido	Practica nº 5
Acetato de Etilo, NaOH, HCl	800 ml	11/03/2014	Líquido	Practica nº 6
Hexano, CuSO ₄ , H ₂ O	25 ml	15/03/2014	Líquido	Practica nº 7

Acido Benzoico, NaCl, H ₂ O, Etanol	15 ml	26/03/2014	Liquido	Practica nº 8
CuSO ₄ , NaCl, Ácido Acetil Salicílico, H ₂ O	180 ml	04/04/2014	Liquido	Practica nº 9
HCl, NaNO ₃ , NHCl, NH ₄ Se	25 ml	09/04/2014	Liquido	Practica nº 10

Tabla 14. Química Analítica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
NH ₄ OH + HNO ₃	10 ml	05/02/2014	Liquido	Practica nº 1
NH ₄ Cl + Anaranjado de Metilo	25 ml	07/02/2014	Liquido	Practica nº 2
EDTA	15 ml	11/02/2014	Liquido	Practica nº 3
Ácido Clorhídrico + Fenolftaleína + Carbonato de Sodio	30 ml	16/02/2014	Liquido	Practica nº 4
Permanganato de Potasio + Oxalato de Potasio + H ₂ SO ₄	50 ml	18/02/2014	Liquido	Practica nº 5

Tabla 15. Química Analítica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Nefalina + Acido Sulfanilico	45 ml	05/03/14	Liquido	Practica nº 1
Extracción de nitritos + Solución extractora (CaSO ₄)	80 ml	07/03/14	Liquido	Practica nº 2
Alcohol	15 ml	11/03/14	Liquido	Practica nº 3
Sacarosa	10 ml	18/03/14	Liquido	Practica nº 4

Tabla 16. Química Analítica III.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Alcohol + albumina + Acetona + Clorofila	200 ml	07/02/2014	Liquido	Practica nº 1
Etanol + acetato de etilo + tolueno + Clorofórmio + éter de petróleo + hexano	25 ml	11/02/2014	Liquido	Practica nº 2
Éter de Petróleo	38 ml	26/02/2014	Liquido	Practica nº 3
Éter de Petróleo, Etanol, Hexano	70 ml	04/03/2014	Liquido	Practica nº 4
Éter de Petróleo, Etanol, Aluminio, Acetato de Etilo, H ₂ O	80 ml	11/03/2014	Liquido	Practica nº 5
Pb(NO ₃) ₂ + AgNO ₃ + Hg(NO ₃) ₂ + KI	70 ml	14/03/2014	Liquido	Practica nº 6
Peroxidasa + Poliferol	100 ml	25/03/2014	Liquido	Practica nº 7

Urea + Neftalina + NaOH	15 ml	09/04/2014	Líquido	Practica n° 8
-------------------------	-------	------------	---------	---------------

Tabla 17. Química Orgánica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
Benceno+ éter etílico+ H ₂ O	70 ml	06/02/2014	Líquido	Practica n° 1
Éter de Petróleo, Clorofórmio, Benceno, H ₂ O Destilada.	120 ml	01/03/2014	Líquido	Practica n° 2
Cal+ óxido cúprico+ H ₂ O + Carbón	100ml	06/03/2014	Líquido	Practica n° 3
Yodo+ hidróxido de sodio	10 ml	22/03/2014	Líquido	Practica n° 4
Hidróxido de bario	45 ml	05/04/2014	líquido	Practica n° 5
Nitrobenceno	150 ml	11/04/2014	Líquido	Practica n° 6
Ácido Oxálico+ KMnO ₄	50ml	15/04/2014	Líquido	Practica n° 7
Acetato de Sodio	30ml	29/04/2014	Líquido	Practica n° 8
Oxido de Calcio+ Carbonato de Calcio+ Mercurio+ Bióxido de Magnesio	10 grs	06/05/2014	Sólido	Practica n° 9

Tabla 18. Química Orgánica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
H ₂ SO ₄ , NaOH, CaCl ₂	80 ml	21/02/2014	Líquido	Practica n° 1
H ₂ SO ₄ , Benceno, BrCCl ₄ , NaOH, KMNO ₄	50 ml	27/02/2014	Líquido	Practica n° 2
Ácido Nítrico, Ácido Sulfúrico, Nitrobenceno, Alcohol	95 ml	04/03/2014	Líquido	Practica n° 3
Acetiluro de Plata	40 ml	08/03/2014	Líquido	Practica n° 4
H ₂ SO ₄ , Ácido Nítrico, Nitrobenceno, H ₂ O	150 ml	12/03/2014	Líquido	Practica n° 5
HNO ₃ + H ₂ SO ₄ , Anilina, Nitrobenceno, Benceno	100 ml	19/03/2014	Líquido	Practica n° 6
H ₂ SO ₄ , Benceno, HNO ₃ , H ₂ O	85 ml	29/03/2014	Líquido	Practica n° 7
Nitrobenceno	150 ml	05/04/2014	Líquido	Practica n° 8
Ácido Sulfúrico, Ácido Nítrico, Nitrobenceno	50 ml	09/04/2014	Líquido	Practica n° 9
Naftaleno	30 ml	12/04/2014	Líquido	Practica n° 10
Anilina, HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , Benceno	95 ml	16/04/2014	Líquido	Practica n° 11
H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , Nitrobenceno	85 ml	23/04/2014	Líquido	Practica n° 12

Tabla 19. Química Orgánica III.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
H ₂ SO ₄ , Dicromato de Sódio, Alcohol+ H ₂ O	200 ml	07/02/2014	Liquido	Practica nº 2
NaCr ₂ O ₇ , H ₂ SO ₄ , Etanol, Butanol	95 ml	26/02/2014	Liquido	Practica nº 3
Etanol, Butanol, Ácido Sulfúrico, Dicromato de Sodio	200 ml	05/03/2014	Liquido	Practica nº 4
Carbonato de amonio+ ácido acético glacial	40 ml	21/03/2014	Liquido	Practica nº 5
Bromo+ hidróxido de sodio	300 ml	03/04/2014	Liquido	Practica nº 6
H ₂ SO ₄ , Alcohol Butílico, Dicromato de Sodio , H ₂ O	180 ml	08/04/2014	Liquido	Practica nº 7
H ₂ SO ₄ ,Dicromato de Sodio, Etanol, Propanol, H ₂ O	50 ml	10/04/2014	Liquido	Practica nº 8
Naftaleno+ Benceno+ Ácido Sulfúrico+ Ácido Nítrico	85 ml	16/04/2014	Liquido	Practicanº 9

Tabla 20. Bioquímica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Tiosulfato de Sodio	400 ml	01/02/2014	Liquido	Practicanº 1
Fehling, Buffed, Seliwanoff	150 ml	07/02/2014	Liquido	Practica nº 2
HCl, Alcohol terbutílico, NaOH CO ₃	100 ml	14/02/2014	Liquido	Practica nº 3
Azul de lavado, geles de poliacrilamida	135 ml	04/03/2014	Liquido	Practicanº 5
Nitrosalicilato, Glucógeno	150 ml	12/03/2014	Liquido	Practica nº 7
HCl +Acido Benzoico+ Hexano + Etanol	100 ml	20/03/2014	Liquido	Practicanº 8
H ₂ SO ₄ + Cloroforno	10ml	28/03/2014	Liquido	Practicanº 9
Nitrobenceno	200ml	10/04/2014	Liquido	Practica nº 10
HCl +AgNO ₃	20ml	16/04/2014	Liquido	Practicanº 11

Tabla 21. Bioquímica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Gotas de NaCN + Gotas de PbNO ₃ +Levadura+ Azul de Metileno + H ₂ O ₂	30 ml	24/01/2014	Liquido	Practica nº 1
Catecol + Tirosina + Gotas de NaCN + H ₂ O	70 ml	07/02/2014	Liquido	Practica nº 2

Formol Neutralizado	30 ml	21/02/2014	Líquido	Practican° 3
Acetato de Bario	10 ml	26/02/2014	Líquido	Practican° 4
Obtención de ATP	100 ml	05/03/2014	Líquido	Practican° 5
Nitrato de Mercurio	25 ml	13/03/2014	Líquido	Practican° 6
Nitrato de Plomo	50 ml	18/03/2014	Líquido	Practican° 7

Semestre 2014-2

Tabla 22. Química General.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
HCl, Zn, Pb, Sodio, Antimonio	15 ml	10/09/2014	Líquido	Practica nº 1
Cloroformo, Yodo, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	100 ml	23/09/2014	Líquido	Practica nº 2
Oxido de Calcio, Oxido de Mercurio, Carbonato de Calcio, Bióxido de Magnesio	15 grs	02/10/2014	Sollido	Practica nº 3
Hexano, Acido Benzoico, Etanol, H_2O	110 ml	02/10/2014	Líquido	Practica nº 4
Naftaleno, Carbón en polvo	27.6grs	03/10/2014	Sollido	Practica nº 5
Pb, Zn, Ca, Ni, Fe,	20 grs	04/10/2014	Sollido	Practica nº 6
HCl, Acido Benzoico, Hexano, Etanol	15 ml	04/10/2014	Líquido	Practica nº 7
FeSO_4 , H_2SO_4 , Cromato de Potasio, Permanganato, HCl	70ml	25/10/2014	Líquido	Practica nº 8
Hexano + CuSO_4 + H_2O	45 ml	04/11/2014	Líquido	Practican° 9
MnO_2 + KClO_3 + H_2O	40 ml	07/11/2014	Líquido	Practican° 10

Tabla 23. Química Inorgánica.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
HCl + NaCO_3	60ml	04/09/2014	Líquido	Practican° 1
Acido Benzoico+ Neftalina, Carbón+ CuSO_4	70ml	09/09/2014	Líquido	Practican° 2
Carbón+ Neftalina	20 grs	13/09/2014	Sollido	Practican° 3
KClO_3 + MnO_2	20 grs	23/09/2014	Sollido	Practica nº 4
Oxido de Calcio+ H_2SO_4 + H_2O	30 grs	27/09/2014	Sollido	Practican° 5
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	45 ml	30/09/2014	Líquido	Practica nº 6
CaI+ Oxido Cúprico+ H_2O + Carbón	50ml	03/10/2014	Líquido	Practica nº 7
Ericromo + Solución EDTA+ Solución Buffet	140ml	07/10/2014	Líquido	Practican° 8

MgCl + H ₂ O	15 ml	14/10/2014	Líquido	Practica n° 9
Mg + NaOH	15 ml	17/10/2014	Líquido	Practica n° 10
Aluminio+ Yodo	25 ml	21/10/2014	Líquido	Practican° 11
Pb(NO ₃) ₂ + Cu(NO ₃) ₂ + NaNO ₃	30ml	06/11/2014	Líquido	Practican° 12
HCl + KClO ₃	25 ml	11/11/2014	Líquido	Practican° 13

Tabla 24. Cinética Química.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
HCl, Carbonato de Sodio, Cloruro de Calcio, Terbutanol	50 ml	04/09/2014	Líquido	Practica nº 1
Cloruro de Terbutilo, NaOH, Fenoltaleína	150 ml	19/09/2014	Líquido	Practicanº 2
Acetato de Etilo, NaOH, HCl	80 ml	25/09/2014	Líquido	Practica nº 3
Fenoltaleína, HCl, NaOH, NaCl, Acetato de Etilo, H ₂ O	400ml	25/09/2014	Líquido	Practica nº 4
Tiosulfato de Sodio, HCl	800ml	02/10/2014	Líquido	Practica nº 5
Acetato de Etilo, NaOH, HCl	800ml	07/10/2014	Líquido	Practica nº 6
Hexano, CuSO ₄ , H ₂ O	25 ml	07/10/2014	Líquido	Practicanº 7
Acido Benzolco, NaCl, H ₂ O, Etanol	20ml	07/10/2014	Líquido	Practicanº 8
CuSO ₄ ,NaCl,Ácido Acetil Salicílico, H ₂ O	100 ml	09/10/2014	Líquido	Practica nº 9
HCl, NaNO ₃ , NHCl, NH ₄ Se	20ml	29/10/2014	Líquido	Practica nº 10

Tabla 25. Química Analítica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
NH ₄ OH + HNO ₃	10 ml	05/02/2014	Líquido	Practican° 1
NH ₄ Cl + Anaranjado de Metilo	25 ml	07/02/2014	Líquido	Practican° 2
EDTA	15 ml	11/02/2014	Líquido	Practican° 3
Ácido Clorhídrico+ Fenoltaleína+ Carbonato de Sodio	30 ml	16/02/2014	Líquido	Practica n° 4
Permanganato de Potasio+ Oxalato de Potasio+ H ₂ SO ₄	50 ml	18/02/2014	Líquido	Practica n° 5

Tabla 26. Química Analítica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Neftalina + Acido Sulfanilico	45 ml	05/09/2014	Líquido	Practica nº 1
Extracción de nitritos+ Solución	80 ml	10/09/2014	Líquido	Practica nº 2

extractora (CaSO ₄)				
Alcohol	15 ml	19/09/2014	Liquido	Practican° 3
Sacarosa	10 ml	26/09/2014	Liquido	Practican° 4

Tabla 27. Química Analítica III.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
Alcohol+ albumina+ Acetona+ Clorofila	100ml	07/09/2014	Liquido	Practicanº 1
Etanol+ acetato de etilo+ tolueno + Clorofórmio + éter de petróleo + hexano	20 ml	11/09/2014	Liquido	Practica nº 2
Éter de Petróleo	116 ml	26/09/2014	Liquido	Practicanº 3
Éter de Petróleo, Etanol, Hexano	35 ml	03/10/2014	Liquido	Practica nº 4
Éter de Petróleo, Etanol, Aluminio, Acetato de Etilo, H ₂ O	80ml	24/10/2014	Liquido	Practicanº 5
Pb(NO ₃) ₂ + AgNO ₃ + Hg(NO ₃) ₂ + KI	35 ml	05/11/2014	Liquido	Practican° 6
Peroxidasa + Poliferol	100 ml	07/11/2014	Liquido	Practican° 7
Urea + Neftalina + NaOH	25 ml	12/11/2014	Liquido	Practica nº 8

Tabla 28. Química Orgánica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	N° DE LA PRACTICA
Benceno+ éter etílico+ H ₂ O	30ml	05/09/2014	Liquido	Practicanº 1
Éter de Petróleo, Clorofórmio, Benceno, H ₂ O Destilada.	25 ml	25/09/2014	Liquido	Practica nº 2
Cal+ oxido cúprico+ H ₂ O + Carbón	100ml	03/10/2014	Liquido	Practica nº 3
Yodo+ hidróxido de sodio	10ml	08/10/2014	Liquido	Practica nº 4
Hidróxido de bario	60ml	16/10/2014	Liquido	Practicanº 5
Nitrobenceno	100ml	24/10/2014	Liquido	Practica nº 6
Ácido Oxálico+ KMnO ₄	60ml	30/10/2014	Liquido	Practica nº 7
Acetato de Sodio	30ml	12/11/2014	Liquido	Practica nº 8
Oxido de Calcio+ Carbonato de Calcio+ Mercurio+ Bióxido de Magnesio	25 grs	19/11/2014	Solido	Practica nº 9

Tabla 29. Química Orgánica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
H ₂ SO ₄ , NaOH, CaCl ₂	20ml	23/09/2014	Líquido	Practica nº 1
H ₂ SO ₄ , Benceno, BrCCl ₄ , NaOH, KMNO ₄	50ml	24/09/2014	Líquido	Practica nº 2
Ácido Nítrico, Acido Sulfúrico, Nitrobenceno, Alcohol	100 ml	24/09/2014	Líquido	Practica nº 3
Acetiluro de Plata	50ml	30/09/2014	Líquido	Practica nº 4
H ₂ SO ₄ , Ácido Nítrico, Nitrobenceno, H ₂ O	200 mi	01/10/2014	Líquido	Practica nº 5
HNO ₃ + H ₂ SO ₄ , Anilina, Nitrobenceno, Benceno	109 mi	01/10/2014	Líquido	Practica nº 6
H ₂ SO ₄ , Benceno, HNO ₃ , H ₂ O	50 mi	07/10/2014	Líquido	Practica nº 7
Nitrobenceno	110 mi	08/10/2014	Líquido	Practica nº 8
Ácido Sulfúrico, Ácido Nítrico, Nitrobenceno	50ml	21/10/2014	Líquido	Practica nº 9
Naftaleno	35 mi	22/10/2014	Líquido	Practica nº 10
Anilina, HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , Benceno	10 mi	25/10/2014	Líquido	Practica nº 11
H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , Nitrobenceno	100 mi	29/10/2014	Líquido	Practica nº 12

Tabla 30. Química Orgánica III.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
H ₂ SO ₄ , Dicromato de Sodio, Alcohol + H ₂ O	240 mi	09/09/2014	Líquido	Practica nº 2
NaCr ₂ O ₇ , H ₂ SO ₄ , Etanol, Butanol	200 mi	13/09/2014	Líquido	Practica nº 3
Etanol, Butanol, Ácido Sulfúrico, Dicromato de Sodio	235 mi	23/09/2014	Líquido	Practica nº 4
Carbonato de amonio+ ácido acético glacial	40 mi	26/09/2014	Líquido	Practica nº 5
Bromo+ hidróxido de sodio	130 mi	01/10/2014	Líquido	Practica nº 6
H ₂ SO ₄ , Alcohol Butílico, Dicromato de Sodio, H ₂ O	100 mi	08/10/2014	Líquido	Practica nº 7
H ₂ SO ₄ , Dicromato de Sodio, Etanol, Propanol, H ₂ O	200 mi	18/10/2014	Líquido	Practica nº 8
Naftaleno+ Benceno+ Ácido Sulfúrico+ Ácido Nítrico	200 mi	24/10/2014	Líquido	Practica nº 9

Tabla 31. Bioquímica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Tiosulfato de Sodio	380 ml	10/08/2014	Liquido	Practica nº 1
Fehling, Buffed, Seliwanoff	200 ml	22/08/2014	Liquido	Practica nº 2
HCl, Alcohol terbutilico, NaOH CO ₃	50 ml	11/09/2014	Liquido	Practica nº 3
Azul de lavado, geles de poliacrilamida	300 ml	04/10/2014	Liquido	Practica nº 5
Nitrosalicilato, Glucógeno	230 ml	24/10/2014	Liquido	Practicanº 7
HCl +Acido Benzoico+ Hexano + Etanol	90ml	29/10/2014	Liquido	Practicanº 8
H ₂ SO ₄ + Cloroformo	20ml	31/10/2014	Liquido	Practicanº 9
Ni trobenceno	100 ml	04/11/2014	Liquido	Practica nº 10
HCl +AgNO ₃	10ml	06/11/2014	Liquido	Practicanº 11

Tabla 32. Bioquímica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	Nº DE LA PRACTICA
Gotas de NaCN + Gotas de PbNO ₃ + Levadura + Azul de Metileno	20 ml	21/08/2014	Liquido	Practica nº 1
Catecol + Tirosina + Gotas de NaCN + H ₂ O	30 ml	26/08/2014	Liquido	Practicanº 2
Formol Neutralizado	25 ml	03/09/2014	Liquido	Practicanº 3
Acetato de Bario	15 ml	05/09/2014	Liquido	Practica nº 4
Obtención de ATP	25 ml	10/09/2014	Liquido	Practicanº 5
Nitrato de Mercurio	25 ml	18/09/2014	Liquido	Practicanº 6
Nitrato de Plomo	50ml	24/09/2014	Liquido	Practicanº 7

Residuos Peligrosos de los Laboratorios del Área Básica de Química en la Universidad de Sonora URS que Recibieron Tratamiento

Durante los semestres 2014-1 y 2014-2 se generaron residuos peligrosos de los cuales al 10.43% se les dio tratamiento por los Técnicos Académicos responsables de la Universidad de Sonora URS mostrados en las tablas 33,34,35,36,37,38,39 utilizando uno de los métodos más empleados la neutralización. A PISSA-UNISON se mandan 86.56% de los residuos peligrosos que no se le da ningún tipo de tratamiento debido a que son mezclas de varias sustancias, o bien son residuos desconocidos.

Periodo 2014-1

Tabla 33. Química Inorgánica.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Ácido Sulfúrico al 10%	200 ml	27/02/2014	Líquido	Practica n° 4	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH entre 5 y7. Para después vertir en la alcantarilla
Hidróxido de Sodio	25 mi	12/04/2014	Líquido	Practica n° 8	Se neutralizo con Ácido Clorhídrico hasta alcanzar un pH de 7. Y posteriormente vertir a la alcantarilla
Hidróxido de Bario	100 mi	05/04/2014	Líquido	Practica n° 7	Se neutralizo con Ácido Clorhídrico hasta alcanzar un

					pH de 7. Después se vierte a la alcantarilla
--	--	--	--	--	--

Tabla 34. Química Orgánica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Carbonato de Amonio + Ácido Acético Glacial	40ml	21/03/2014	Líquido	Practica n° 6	Se neutralizo con una base Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH de 7. Se vierte en la alcantarilla
Ácido Sulfúrico+ Acido Butílico	900 mi	23/01/2014	Líquido	Practica n° 1	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH de 7. Para después verter en la alcantarilla
Bromo+ Hidróxido de Sodio	1 litro	03/04/2014	Líquido	Practica n° 6	Se neutralizo con Ácido Clorhídrico, se diluyo en agua hasta alcanzar un pH de 7 para después verter en la alcantarilla

Tabla 35. Química Orgánica II.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Yodo+ Hidróxido de Sodio	10ml	22/03/2014	Líquido	Practica n° 4	Se neutralizo con Ácido Clorhídrico se diluyo en agua hasta alcanzar un pH de 7. Para después verter en la alcantarilla

Periodo 2014-2

Tabla 36. Química General.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Acido Benzoico	40ml	02/10/2014	Líquido	Practica n° 4	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH de 7. Para después verter en la alcantarilla
Ácido Sulfúrico +	15 mi	21/10/2014	Líquido	Practican° 9	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta

Ácido Clorhídrico					alcanzar un pH entre 5 y 7. Para después verter en la alcantarilla
-------------------	--	--	--	--	--

Tabla 37. Química Orgánica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
HCl + NaOH	800ml	24/09/2014	Líquido	Practica nº 5	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH entre 5 y 7. Para después verter en la alcantarilla

Tabla 38. Química Inorgánica.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Ácido Sulfúrico+ Ácido Clorhídrico + NaOH, Aluminio+ H ₂ O	50 ml	23/10/2014	Líquido	Practica nº 4 y 5	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH entre 5 y 7. Para después verter en la alcantarilla

Tabla 39. Bioquímica I.

RESIDUO	CANTIDAD	FECHA	ESTADO	PRACTICA	TRATAMIENTO
Ácido Clorhídrico concentrado	1 litro	18/10/2014	Líquido	Practica nº 6	Se neutralizo con Hidróxido de Sodio hasta alcanzar un pH entre 5 y 7. Para después verter en la alcantarilla

7.3. Reactivos Utilizados en los Laboratorios de Química

Los reactivos que se utilizan en las prácticas de laboratorio de la Universidad de Sonora URS son sustancias que, por su capacidad de provocar determinadas reacciones, son utilizadas en las prácticas académicas y análisis químicos.

En los laboratorios del área básica se utilizan aproximadamente un total de 350 reactivos. Es importante mencionar estos reactivos ya que también generan embaces considerados como residuos peligrosos los cuáles serán tema de futuras investigaciones.

Capítulo 8. METODO EXPERIMENTAL

La elaboración del presente trabajo y la obtención de la información necesaria para el desarrollo del mismo se realizaron de acuerdo con los siguientes procedimientos:

Se considera como área de estudio los laboratorios del área básica de Química de la Universidad de Sonora URS, que como parte de sus actividades académicas y de investigación, usan y transforman sustancias químicas que generan diversos tipos de residuos, entre los que se incluyen los considerados como residuo peligrosos.

Se encontró que en la Universidad de Sonora URS cuenta con laboratorios del Área básica como son: Cinética Química, Química Inorgánica, Química General, Química Analítica, Química Analítica II, Química Analítica III, Bioquímica I, Bioquímica II, Química Orgánica I, Química Orgánica II, Química Orgánica III.

Las áreas de Servicio Profesionales y Análisis Clínicos no se incluyen en el presente estudio.

Con el marco muestral establecido, se procedió a recopilar la información necesaria para establecer con precisión los lineamientos para el estudio y evaluación correcta, de acuerdo con la NOM-052-ECOL-1993.

Se procedió a identificar a los elementos del presente trabajo que son generadores de residuos peligrosos. Se identificó la información disponible, actualizada, del manejo de los residuos considerados peligrosos, analizando datos de Enero del 2014 a Diciembre del mismo año, considerando periodos de cinco a seis meses de actividades académicas en los laboratorios de química Básica de la Universidad de Sonora URS, por cada semestre escolar.

Posteriormente se obtuvo información directa de maestros y estudiantes de la Universidad de Sonora URS, con relación a la identificación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas realizadas en los laboratorios.

Finalmente, se comparó la información obtenida con respecto a la generación, manejo y disposición final de los residuos generados en los laboratorios del área básica de Química Unidad Regional Sur frente a la normatividad existente en materia de residuos peligrosos.

8.1 Situación Actual de los Residuos Peligrosos en los Laboratorios del Área Básica de Química de la Universidad de Sonora URS

Generación

Los laboratorios del área básica utilizan sustancias químicas durante sus actividades, identificándose que el 96.6 % de ellos son reactivos considerados peligrosos y que por consecuencia, generan residuos peligrosos.

Se contabilizó un promedio total de 350 sustancias químicas diferentes que son necesarias para desarrollo de las prácticas.

8.1.1 Balance de Sustancias Químicas en los Laboratorios del Área Básica de Química URS

No es posible cuantificar de manera exacta el número de sustancias químicas que resultan de la actividad de los laboratorios, ya que durante el proceso suceden un gran número de reacciones químicas que modifican las características de los reactivos. Sin embargo, algunos conservan su condición de peligrosos y en otros, no se descarta que pasan de no peligrosos a peligrosos

8.1.2 Tratamiento

Los desechos generados durante la actividad en los laboratorios son los reactivos usados en las prácticas y los residuos producidos de los diferentes procesos de transformación que sufren las sustancias químicas involucradas en estos. El tratamiento que generalmente se sigue con los desechos consiste en diluir o neutralizar las soluciones ácidas y las básicas a un Ph de 6 a 8, para poder ser vertidas al drenaje (**Figura 19**).



Figura 19. Residuos vertidos al drenaje.

8.1.3 Manejo

En la Universidad de Sonora URS no se cuenta con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos que permita estandarizar el manejo de los residuos producidos durante la actividad académica de los laboratorios del Área Básica, este trabajo de investigación tiene como objetivo establecer dicho Plan de Manejo, permitiendo tanto al personal académico, técnico y alumnos seguir un protocolo de recolección, envasado, tratamiento y disposición final de los mismos que sea compatible con la Normatividad Vigente y con el cuidado y protección al Medio Ambiente.

1. En los laboratorios que se generan residuos peligrosos, se recolectan en frascos generalmente de plásticos y son etiquetados por el maestro responsable del laboratorio, posteriormente se dejan sobre las repisas del laboratorio, para que sean recolectados por el Técnico Académico responsable de su tratamiento y /o disposición final.

2. Los residuos se colocan en el laboratorio 202 del Ed. "J" que se considera como almacén temporal (**Figura 20**). (Actualmente la URS no cuenta un almacén temporal especial para residuos).

3. Una vez recolectados los residuos peligrosos en los diferentes laboratorios del área básica de química, se les da el tratamiento correspondiente.

4. Los residuos peligrosos que no recibieron ningún tipo de tratamiento se almacenan en tambos etiquetados correctamente para ser enviados a PISSA-UNISON para su disposición final.

Como ya se indicó, no es posible cuantificar el número de sustancias químicas que resultan de la actividad de los laboratorios, porque durante el proceso suceden un gran número de reacciones químicas que modifican las características de los reactivos, además de que durante el manejo de las sustancias peligrosas en el laboratorio estas, están en contacto con los no peligrosos, contaminándolas.



Figura 20. Almacén Temporal de Residuos Peligrosos (Lab-202).

Los residuos que son obtenidos en los laboratorios pueden ser: neutralizados y ser tirados al drenaje, darles algún tratamiento especial o colocarlos en un depósito para ser enviados a PISSA-UNISON.

Con el propósito de conocer el grado de conocimiento de los alumnos y maestros con respecto al manejo de los residuos peligrosos, se aplicó una encuesta (**Ver anexo 4**) en la que se pregunta si el alumno y/o maestro tiene conocimiento acerca del manejo adecuado para los residuos peligrosos. Se aplicó a una muestra de 125 alumnos del total inscritos en los diferentes laboratorios del área básica de química, obteniendo los resultados siguientes:

El 75.2 % de los alumnos deposita sus residuos en los depósitos especiales.

El 13.6 % de alumnos no conocen que la Universidad de Sonora URS tiene un Programa para la disposición de los residuos peligrosos generados durante las prácticas realizadas en los laboratorios del área Básica de Química.

El 92% de los alumnos encuestados conocen las características de los residuos para identificarlos como peligrosos.

Con respecto a los maestros se obtuvo que un 7.1% no conoce si la Universidad de Sonora URS tiene algún programa para el tratamiento de los residuos peligrosos generados en sus laboratorios.

Y un 21.4% de los maestros no conocen cuál es la disposición final de los Residuos Peligrosos generados en los laboratorios del Área Básica de Química URS.

8.2 Protocolo de Manejo de Residuos Peligrosos

PASO 1.

IDENTIFICACION DE LOS RESIDUOS

PASO 2.

ENVASADO Y ETIQUETADO DE LOS RESIDUOS GENERADOS

PASO 3.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL

PASO 4.

RECOLECCION

PASO 5.

TRATAMIENTO

PASO 6.

TRANSPORTE EXTERNO Y DISPOSICION FINAL

Paso 1

Identificación de los Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser identificados inmediatamente después del procedimiento que los géneros, en el sitio donde se originaron y por el personal que los generó, esta práctica evita la reclasificación de los desechos,

R-T170035

disminuyendo los riesgos para el personal encargado de la recolección de los residuos. Para su correcta identificación y posterior envasado, la separación de los residuos se debe de realizar de acuerdo a su estado físico (líquido o sólido) y su tipo, como se indica a continuación (Figuras 21 y 22).

Residuos Peligrosos



Figura 21. Estado Líquido.



Figura 22. Estado Sólido.

Paso 2

Envasado y Etiquetado de los Residuos Peligrosos Generados

Una vez que los residuos han sido identificados y separados de acuerdo al tipo y estado físico estos deberán ser envasados de acuerdo a su naturaleza y etiquetados correctamente.

Para el envasado de residuos líquidos y sólidos deben usarse siempre recipientes de vidrio o plástico de rosca y cierre hermético, previamente etiquetados, en buen estado, limpios y secos.

Para las soluciones acuosas, son adecuados los recipientes de plásticos, excepto para los ácidos y bases concentradas, los cuales deberán colocarse en recipientes de vidrio. En la **tabla 40** se muestra el tipo de envase más recomendados para los residuos peligrosos.

En la elección del tipo de envase se tendrá en cuenta el volumen de residuos producido y el espacio disponible para almacenarlos temporalmente en el laboratorio.

Tabla 40. Envasado de Residuos según su grado de Peligrosidad ⁽⁶²⁾.

TIPO DE RESIDUO		ENVASADO
Corrosivo		Envase de vidrio con tapa, debidamente etiquetado o envases de polietileno de alta densidad
Reactivo		Envase de vidrio con tapa, debidamente etiquetado o envases de polietileno de alta densidad
Explosivo		Envase de vidrio con tapa, debidamente etiquetado o envases de polietileno de alta densidad

Toxico		Envase de plástico con tapa, debidamente etiquetado o envases de polietileno de alta densidad
Inflamable		Envase de vidrio con tapa, debidamente etiquetado o envases de polietileno de alta densidad

Los envases destinados a contener los residuos, están fabricados principalmente de materiales termoplásticos. Los productos utilizados más comunes son: el polietileno, el cloruro de polivinilo (PVC) y el polipropileno, en forma de polímeros puros o copolímeros con otras resinas.

En la **tabla 41** se incluyen los envases más adecuados según la naturaleza y características del residuo:

Tabla 41. Envases Adecuados para Residuos Peligrosos.

Residuos Químicos Líquidos (ácidos, bases)	Envases de polietileno de alta densidad y alto peso molecular.
Residuos Químicos Sólidos	Bidones de apertura total de polietileno de alta densidad y alto peso molecular. Tapa de polietileno de alta densidad. Cierre de acero galvanizado. En todos los casos se incluirá material adsorbente apropiado.
Residuos Biosanitarios (cortantes y punzantes)	Contenedores de polipropileno rígido. Resistentes a choques, perforaciones y disolventes.

Paso 3

Almacenamiento Temporal

Para evitar que los residuos peligrosos se mezclen con otras sustancias, se debe de preestablecer un sitio para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos (**Figura 23**) que cumpla con la Normatividad Vigente. (**Ver anexo 5**).

Los residuos peligrosos deberán almacenarse en contenedores especiales con tapa y permanecer cerrados.

No debe de haber residuos tirados en los alrededores de los contenedores.

Es importante que el área de almacenamiento este claramente señalizada y los contenedores claramente identificados según el tipo de residuos que contengan.



Figura 23. Almacenamiento Temporal de Residuos Peligrosos.

Paso 4

Recolección

Para disminuir riesgos, el personal encargado de la recolección de los residuos peligrosos dentro de los laboratorios del área Básica de Química de la Universidad de Sonora URS debe de estar capacitados en su manejo y conocer ampliamente los riesgos y peligros que implica su trabajo.

¿Qué conocimientos debe tener el personal que recolecta los residuos peligrosos?

1. Los distintos tipos de residuos que generan en los laboratorios.
2. Conocer los diferentes envases para cada tipo de residuo peligroso.
3. Manejo para cada tipo de residuo peligroso
4. Equipo de protección que se debe usar (Figuras 24, 25, 26, 27, 28).



Figura 24. Guantes.

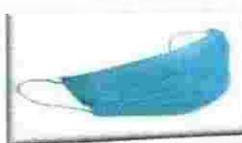


Figura 25. Cubre Bocas.



Figura 26. Gafas.



Figura 27. Bata.



Figura 28. Zapatos.

Paso 5

Tratamiento

En la URS se realiza la desactivación de los residuos peligrosos, empleando generalmente el tratamiento de neutralización ácido-base. Los residuos peligrosos se colocan en la campana de extracción para realizar las desactivaciones que los alumnos realizan al terminar las prácticas realizadas en los laboratorios (**Figura 29**).



Figura 29. Residuos colocados en la Campana de Extracción.

El maestro responsable del laboratorio y/o el técnico del área Básica realizan la desactivación por el método de neutralización (**Figura 30**).



Figura 30. Desactivación de los Residuos Peligrosos.

Paso 6

Disposición Final

Los residuos peligrosos que no sea posible ser tratados, deberán enviarse a **PISSA-UNISON**, a través de empresas recolectoras autorizadas (**Figura 31**).

Para ello es necesario seguir ciertos lineamientos como:

- 1.- Etiquetado de Residuos
- 2.- Separación y Clasificación de los Residuos según su compatibilidad
Corrosivos, Reactivos, Explosivos, Tóxicos e Inflamables.
- 3.- Pesar los recipientes de manera individual
- 4.- Llenado de Bitácoras
- 5.- Colocación en cubetas o Tambos de 200 lt.
- 6.- Rotular Cubetas y Tambos de 200 lt.

El entambado de residuos consiste en el manejo de aquellos residuos que no se les pudo dar algún tratamiento en la URS o bien son clasificados como:

Residuos Desconocidos. Primeramente los Residuos Peligrosos se clasifican por su tipo de peligrosidad (CRETI), se empacan en bolsas de plástico, se etiquetan de manera individual y se acomodan en cubetas limpias y/o tambos de 200 lts según la cantidad de residuos que se vayan a enviar.

Es importante mencionar que se vierte una cantidad apropiada de vermiculita para prevenir reacciones por un posible derrame en los contenedores.



Figura 31. Lineamientos para la Disposición Final de Residuos Peligrosos.

Una vez entambados se enumera la cubeta y se clasifica por su grado de peligrosidad CRETl.

Y por último son enviados a PISSA-UNISON (Figura 32) para su disposición final.



Figura 32. Residuos Peligrosos enviados a PISSA-UNISON

CONCLUSIONES

Los Residuos Peligrosos pueden representar un riesgo de salud para la población fuera y dentro de la Universidad de Sonora URS, por lo que es necesario que tanto el personal encargado de los laboratorios y los alumnos aprendan sobre el manejo adecuado de los mismos, así como a los riesgos a los que se puede estar expuesto.

El manejo inadecuado por parte de alguno de los involucrados en este proceso aumenta el riesgo para las personas que día con día manejan residuos peligrosos en la Universidad de Sonora URS, así como para la población en general.

Durante las prácticas realizadas por alumnos de la Universidad de Sonora URS en los laboratorios del Área Básica de Química se generaron 115 Residuos Peligrosos de los cuales al 10.5 % se les dio tratamiento y el 89.4% fue enviado a PISSA-UNISON para su disposición final.

En la Unidad Regional Sur es necesario que los maestros conozcan los programas con los que cuenta la UNISON, para el manejo de los residuos peligrosos ya que un 7.1% no conoce dichos programas y el 21.4% no tiene el conocimiento para la disposición final de los mismos.

En la Unidad Regional Sur, es necesario que los alumnos conozcan los tratamientos que se les dan a los residuos peligrosos generados en sus

laboratorios ya que el 56.6% de los alumnos no están enterados que existe un programa para el manejo de Residuos Peligrosos en nuestra Institución. Así como también el 16.6% desconoce cuáles son las características para poder considerar a un residuo como peligroso, el 32.6% desconoce el sistema de etiquetado y un 47.3% de los alumnos no conoce cuál es la disposición final de los residuos peligrosos que se generan en los laboratorios del área básica de Química URS.

Es de vital importancia la construcción de un almacén Temporal de Residuos Peligrosos que cumpla con la Normatividad Vigente.

Se propone el protocolo desarrollado en esta investigación para el Manejo de Residuos Peligrosos en la Unidad Regional Sur.

La capacitación constante y la colaboración de cada una de las personas que están en contacto diariamente con residuos peligrosos ayudarán a disminuir los riesgos para el personal involucrado y ayudará a tener un medio ambiente más saludable y libre de riesgos a la población en general.

BIBLIOGRAFIA

1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Gac Ecol 1989; 1(1):3.
2. Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. México. 2009.
3. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. Informe sobre el estado del medio ambiente en México. México, D.F, SEDUE, Pág.50, 1986.
4. Álvarez Chávez C.R., Arce Corrales M.E., Tapia López M.I., Castellón C.L., Moreno Ibarra G., Sánchez Mariñez R. 2001. Generalidades de los Residuos Peligroso. Manual de Seguridad para Laboratorios de la Universidad de Sonora, 2003 Pág. 9.
5. Álvarez Chávez C.R., Arce Corrales M.E., Tapia López M.I., Castellón C L., Moreno Ibarra G., Sánchez Mariñez R. Generalidades de los Residuos Peligroso. Instituto Nacional de Ecología INE, 2000-2001. Pág. 9.
6. Álvarez Chávez C.R., Arce Corrales M.E., Tapia López M.I., Castellón C.L., Moreno Ibarra G., Sánchez Mariñez R. 2001 Generalidades de los Residuos Peligroso. Ley General del Equilibrio Ecológico Protección Ambiente LGEEPA, 2007. Características CRETIB. Pag. 45.
7. Álvarez Chávez C.R., Arce Corrales M.E., Tapia López M.I., Castellón C.L., Moreno Ibarra G., Sánchez Mariñez R. 2001 Generalidades de los Residuos Peligroso. (Características CRETIB) INE, 2000.

8. Normas Oficiales Mexicanas anexo 5, Características de Lixiviados NOM-052-SEMARNAT-1993. Págs. 37,38.
9. M.C Clara Rosalía Álvarez CH, María Engracia Arce Corrales, M.C. Norma Violeta Parra, "Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora", Edición 2005. Pág.15.
10. WWW.SEMARNAT.COM.MX
11. Evolución de la política nacional de materiales peligrosos, residuos y actividades altamente riesgosas. (Programa para la Minimización y el Manejo Integral de los Residuos Industriales Peligrosos en México.1996-2000). Pág. 87.
12. Manejo Inadecuado de Residuos Peligroso. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE.
13. Manejo Inadecuado de Residuos Peligroso. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.
14. <http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGGIMAR/Guia/07015AD/peligrosidd.pdf>.
15. Cortinas Cristina. Parte I. Contexto General. Evolución de la Situación en el Mundo INE. Pág. 13.
16. Barojas Weber Luis.Garfias Y Ayala Francisco Javier. Capítulo 3. Los Residuos Peligrosos en México. SEMARNAT. Primera Edición Mexico.1997. Pag. 26.

17. Pérez Efraín. Derecho Ambiental. Mc Graw Hill. Capítulo 3. Los Residuos Peligrosos en México. Mexico.2000. Pag. 26.
18. SEMARNAT. Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. Volumen de Residuos Peligrosos Generados. Capítulo 3. Los Residuos Peligrosos en México. Pág. 28.
19. Informes de la Situación del Medio Ambiente. Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. (Semarnat, 2009). Capítulo 7. Residuos.
20. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. 2005. Semarnat. Mexico.2012. Capítulo 7. Residuos.
21. Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2005 Edición 2012. Semarnat.Mexico 2012. Capítulo 7. Residuos.
22. Artículo noveno del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Capítulo III. Pag. 5.
23. www.semarnat.gob.mx/.../disposición/disposición.pdf.
24. <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>.
25. Residuos Peligrosos Chemicals Regulation and Management in México: An International Perspective, Monograph Series No. 1.México. SEDESOL-INE, 1993.
26. Semarnat-Profepa. Informe anual Profepa 2002. México. 2003. SEMARNAT-PROFEPA, 2003. Capítulo 8. Residuos.

27. Universidad de Sonora. Medios Informativos. Un servicio para la Industria Sonorense y la Preservación de los ecosistemas. Capítulo 3. Residuos Peligrosos en México. Pág. 46.
28. UNAM. La Jornada. Cierra Comisión del TLC caso sobre confinamiento Toxico. Capítulo 3. Residuos Peligrosos en México. Pág. 47.
29. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Peticiones Ciudadanas sobre la aplicación de la legislación ambiental. CYTRAR II. Capítulo 3. Residuos Peligrosos en México. Pág. 48.
30. Tchobanogloos G; H. Theisen and r. Eliassen (1997) "Solid Wastes; Engineering Principles and Management Issues". Mc Graw Hill, USA. 1997 Pags. 49 y 50.
31. M.C. Clara Rosalía Álvarez CH, María Engracia Arce Corrales, M.C. Norma Violeta Parra," Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora" Edición 2005 Picot y Grenouillet, 1995; NRC, 1995. Pag. 38.
32. M.C. Clara Rosalía Álvarez CH, María Engracia Arce Corrales, M.C Norma Violeta Parra," Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora" Edición 2005 Armour, 1991. Pag.35.
33. M.C Clara Rosalía Álvarez CH, María Engracia Arce Corrales, M.C Norma Violeta Parra," Manual de Manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora" Edición 2005 Armour, 1991; Picot y Grenouillet, 1995; NRC, 1995. Pág. 36.

34. La Gaceta. Reglamento para el manejo de los Residuos Peligrosos industriales.No.101, San José, 1998.
35. Manual de Gestión de Residuos Peligrosos. Universidad de Salamanca. Capítulo 7. Almacenamiento.
36. Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes. Manual para el Manejo de Residuos Peligrosos de tipo Químico. Pág. 4.
37. Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993. Pag. 1
38. Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993. Pág. 1
39. Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL-1993. Pág. 1
40. Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993. Pág. 1
41. Norma Oficial Mexicana NOM-056-ECOL-1993.
42. Norma Oficial Mexicana NOM-058-ECOL-1993.
43. Instituto Nacional de Ecología. Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1993.
44. Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995. Pág. 1
45. Norma Oficial Mexicana NOM-002/SCT2-1994. Pág. 1
46. Secretaria de Comunicaciones y Transportes Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT2/1994.
47. Norma Oficial Mexicana NOM-004/SCT2-1994.
48. Norma Oficial Mexicana NOM-005/SCT2-1994.
49. Norma Oficial Mexicana NOM-009/SCT2-1994.

- 50.** National Research Council. Environmental epidemiology, public Health and hazardous Wastes. Washington, D.C: National Academy Press, 1991. Pag. 282.
- 51.** Lichtveld MY, Johnson BL. Public health implications of hazardous waste sites in the United States. En: Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch, Bucsela JA, ed. Hazardous waste and public health. International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste. Nueva Jersey: Princeton Sci Publ, 1994. Pags. 201, 203.
- 52.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Biennial report 1989 and 1990. Atlanta: ATSDR, US Department of Health and Human Services, 1991.
- 53.** Romieu I, Palazuelos E, Hernandez-Avila M, Ríos C, Muñoz I, Jiménez C et al. Source of lead exposure in Mexico City. Environ Health Perspect 1994. Pags. 102, 384, 389.
- 54.** Rojas-Lopez M, Santos-Burgoa C, Rios C, Hernandez-Avila M, Romieu I. Use of lead-glazed ceramics is the main factor associated to high lead in blood levels in two Mexican rural communities. J Toxicol Environ Health 1994. Pags. 42, 45, 52.
- 55.** Garcia-Vargas GG, Garcia-Rangel A, Aguilar-Romo M, Garcia-Salcedo J, Del Razo LM, Ostrosky-chronically exposed to arsenic in México. Hum Exp Toxicol 1991-1993. Pag. 189.

56. Wolff MS, McConnell R, Cedillo L, Rivera M. Dermal Levels of methylparathion, organochlorine pesticides, and acetylcholinesterase among formulators. *Bull Environ Contam Toxicol* 1992. Pags. 671,678.
57. Grimaldo M, Borja V, Ramírez AL, Ponce M, Rosas M, Díaz-Barriga F. Endemic fluorosis in San Luis Potosí, México. I. Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride. *Environ Res* 1995. Pags. 25, 30, 68.
58. Calderon J, Romieu I, Grimaldo M, Hernandez H, Diaz-Barriga F. Endemic fluorosis in San Luis Potosi, Mexico. I. Identification of risk factors associated with occupational exposure to fluoride. *Fluoride* 1995. Pags. 203-208.
59. Universidad de Guadalajara Red Universitaria 2008. Contamina agua y suelo el mal manejo de residuos peligrosos de laboratorios.
60. Isidro Espinosa de los Reyes. Instituto Nacional de Perinatología. Manual para el Manejo de los Residuos Peligrosos de tipo Químico. Pág. 7.

ANEXOS

ANEXO 1.

NOM-052-SEMARNAT-93

Tabla 5

Características del Lixiviado (PECT) que hacen peligroso a un Residuo por su toxicidad al ambiente

Nº. DE INE	CONSTITUYENTES INORGANICOS.	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.1.01	Arsénico	5.0
C.1.02	Bario	100.00
C.1.03	Cadmio	1.0
C.1.04	Cromo Hexavalente	5.0
C.1.05	Níquel	5.0
C.1.06	Mercurio	0.2
C.1.07	Plata	5.0
C.1.08	Plomo	5.0
C.1.09	Selenio	1.0

Tabla 6

Nº. DE INE	CONSTITUYENTES INORGANICOS.	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.O.01	Acrilonitrilo	5.0
C.O.02	Clordano	0.03
C.O.03	O-Cresol	200.0
C.O.04	M-Cresol	200.0
C.O.05	P-Cresol	200.0
C.O.06	2,4-Diclorofenoxiacético	10.0
C.O.07	2,4-Dinitrotolueno	0.13

C.0.08	Endrin	0.02
C.0.09	Heptacloro (y su Epoxido)	0.008
C.0.09	Heptacloro (y su Epoxido)	0.008
C.O.010	Hexacloroetano	3.0
C.0.011	Lindano	0.4
C.0.012	Metoxicloro	10.0
C.0.013	Nitrobenceno	2.0
C.0.014	Pentaclorofenol	100.0
C.0.015	2,3,4,6-Tetraclorofenol	1.5
C.0.016	Toxafenol (Canfenoclorado Técnico)	0.5
C.0.017	2,4,5-Triclorofenol	400.0
C.0.018	2,4,6-Triclorofenol	2.0
C.0.019	Acido 2,4,5-Tricloro Fenoxipropionico (Silvex)	1.0

Tabla 7

Nº. DE INE	CONSTITUYENTES INORGANICOS.	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.V.01	Benceno	0.5
C.V.02	Éter Bis (2-Cloro Etilico)	0.05
C.V.03	Clorobenceno	100.0
C.V.04	Cloroformo	6.0

C.V.05	Cloruro de Metileno	8.6
C.V.06	Cloruro de Vinilo	0.2
C.V.07	1,2-Diclorobenceno	4.3
C.V.08	1,4-Diclorobenceno	7.5
C.V.09	1,2-Dicloroetano	0.5
C.V.010	1,1-Dicloroetileno	0.7
C.V.011	Disulfuro de Carbono	14.4
C.V.012	Fenol	14.4
C.V.013	Hexaclorobenceno	0.13
C.V.014	Hexacloro-1,3-Butadieno	0.5
C.V.015	Isobutanol	36.0
C.V.016	Etilmetilcetona	200.0
C.V.017	Piridina	5.0
C.V.018	1,1,1,2-Tetracloroetano	10.0
C.V.019	1,1,2,2-Tetracloroetano	1.3
C.V.020	Tetracloruro de Carbono	0.5
C.V.021	Tetracloroetileno	0.7
C.V.022	Tolueno	14.4
C.V.023	1,1,1-Tricloroetano	30.0

ANEXO 2.

GENERACION ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN CATEGORIA DE GENERADOR (TONELADAS)

Entidad Federativa	Periodo	Microgenerador		Pequeño Generador		Gran Generador		Total	
		Número de empresas	Generación estimada (toneladas)						
Agua Caliente	2004-2011	490	68.88	511	1,301.14	158	47,893.52	1,159.00	49,263.64
Baja California	2004-2011	2,802.00	261.04	1,547.00	4,010.60	267	21,622.22	4,416.00	25,893.86
Baja California Sur	2004-2011	729	57.36	382	712.35	19	644.56	1,130.00	1,414.28
Campeche	2004-2011	577	44.17	299	565.43	16	537.28	892	1,241.88
Coahuila	2004-2011	494	67.54	602	1,561.10	162	36,985.02	1,258.00	38,823.65
Colima	2004-2011	642	53.99	376	836.93	44	3,655.58	1,062.00	4,546.50
Chiapas	2004-2011	1,549.00	33.15	281	605.49	36	3,283.22	1,820.00	3,901.78
Chihuahua	2004-2011	1,378.00	162.33	1,443.00	4,585.60	728	337,901.93	3,545.00	342,850.13
Durango	2004-2011	1,097.00	128.33	1,301.00	4,146.69	681	334,533.22	3,079.00	338,808.24
Guajalajara	2004-2011	639	86.9	819	1,303.64	54	2,858.53	1,312.00	4,250.07
Guerrero	2004-2011	1,140.00	135.59	410	722.89	25	2,360.58	1,575.00	3,218.97
Hidalgo	2004-2011	920	181.72	409	1,253.28	124	21,087.25	1,453.00	22,522.25
Jalisco	2004-2011	4,195.00	372.22	2,511.00	5,187.50	273	60,592.00	6,979.00	66,151.72
México	2004-2011	3,304.00	272.8	1,915.00	3,926.35	229	58,291.83	5,448.00	62,461.08
Michoacán	2004-2011	1,209.00	154.63	936	2,102.43	174	22,868.57	3,116.00	25,125.63
Morelos	2004-2011	1,031.00	89.36	287	615.35	36	3,867.88	1,334.00	4,552.40
Nayarit	2004-2011	264	25.52	259	485.27	8	679.3	531	1,190.08
Nuevo León	2004-2011	863	108.08	1,058.00	4,018.63	537	124,724.62	2,558.00	128,849.33
Oaxaca	2004-2011	793	85.11	349	958.88	41	1,210.07	1,100.00	2,250.85
Puebla	2004-2011	1,301.00	167.18	855	1,751.24	113	13,953.52	2,069.00	15,871.64
Queretaro	2004-2011	909	108.04	511	1,355.90	80	9,885.03	1,510.00	11,348.97
Quintana Roo	2004-2011	323	47.09	223	678.61	55	4,533.97	601	5,259.68
San Luis Potosí	2004-2011	216	27.14	161	497.93	46	4,340.04	423	4,864.81
Sinaloa	2004-2011	461	91.06	858	1,476.02	105	16,874.85	1,424.00	18,441.93
Sonora	2004-2011	668	64.71	678	1,182.69	83	18,000.08	1,105.00	17,247.48
Tabasco	2004-2011	875	153.45	792	2,392.35	85	4,857.17	1,752.00	7,372.98
Tamaulipas	2004-2011	320	124.71	703	2,018.50	82	4,172.12	1,409.00	6,316.33
Tlaxcala	2004-2011	721	99.74	708	2,737.42	129	12,310.57	1,555.00	15,147.73
Veracruz	2004-2011	501	71.35	534	2,191.83	108	9,588.38	1,141.00	11,831.58
Yucatán	2004-2011	382	68.41	470	1,545.72	137	61,604.38	989	63,218.49
Zacatecas	2004-2011	221	35.76	323	1,051.81	123	60,412.95	687	61,500.52
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	2004-2011	586	81.82	786	2,411.09	361	144,500.20	1,733.00	146,993.11
Total	2004-2011	435	55.36	638	1,919.63	298	50,652.41	1,369.00	52,627.89
	2004-2009	292	40.85	122	261.3	19	1,283.51	433	1,585.77
	2004-2011	154	18.26	80	189.31	15	1,077.33	259	1,265.90
	2004-2009	1,416.00	271.49	885	2,831.53	208	19,449.43	2,506.00	22,552.45
	2004-2011	878	208.85	624	1,935.77	179	17,890.85	1,881.00	20,035.47
	2004-2011	1,027.00	114.92	442	1,089.39	45	2,783.83	1,514.00	3,988.14
	2004-2009	771	81.75	332	810.25	39	2,645.67	1,142.00	3,637.85
	2004-2011	408	32.51	223	655.85	42	5,052.31	674	6,540.67
	2004-2009	189	20.62	201	466.32	37	5,402.36	407	5,889.22
	2004-2011	5,933.00	7,168.75	3,528.00	14,144.75	1,128.00	583,352.60	10,589.00	584,886.10
	2004-2009	4,784.00	7,006.81	3,023.00	12,783.82	1,038.00	559,112.35	8,846.00	578,902.85
	2004-2011	27,964.00	10,947.59	24,772.00	71,214.77	5,767.00	*****	68,733.00	*****
	2004-2009	27,964.00	9,682.74	19,769.00	59,035.35	5,051.00	*****	52,784.00	*****

ANEXO 3.

NOM-055-ECOL-1993

Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos. 22-10-93

1. Objeto

Esta norma oficial mexicana establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos

2. Campo Debajo de

La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para la selección de sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos.

3. Referencias

NOM-052-ECOL-1993 Que establece las características de los residuos peligrosos, listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. NOM-053-ECOL-1993 Que 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-ECOL-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993

10. Concordancia con Normas Internacionales

10.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

11. Vigencia

11.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

11.2 Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CRP-008/88, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1988. Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los dieciocho días del mes de octubre de 1993. El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Luján. Rúbrica.

ANEXO 4.

**ENCUESTA PARA ALUMNOS Y MAESTROS DEL AREA BASICA DE
QUIMICA**

Unidad Regional Sur

1. Semestre que estas cursando

1 2 3 4 5 6 7 8 9

2 Carrera _____

3. Laboratorio _____

4. Sexo: _____ Masculino _____ Femenino

**5. ¿Qué haces con los residuos peligrosos generados en el desarrollo
de tus prácticas de laboratorio?**

____ Los tiras al drenaje

____ Les das algún tratamiento

____ Los colocas en un depósito especial

**6. ¿La Universidad de Sonora URS, tiene algún programa para el
tratamiento de los residuos peligrosos generados en sus
laboratorios?**

____ Sí ____ No ____ No sabe

7. ¿Conoces las características para considerar a un residuo peligroso?

Sí No No sabe

8. Señala las características que identifican a un residuo como peligroso

a) Inflamable, Corrosivo, Tóxico

b) Reactivo, Explosivo, Infeccioso

c) Denso, Concentrado, Volátil

d) Líquido, Insoluble, Oxidante

9. ¿Conoces cuál es el sistema de etiquetado que se lleva en los laboratorios del área básica de Química URS?

Sí No No sabe

10. ¿Conoces cuál es la disposición final de los residuos peligrosos generados en los laboratorios del área básica de Química URS?

Sí No

Resultados de la Encuesta Aplicada a los Alumnos del Área Básica de
Química URS

Pregunta nº	Respuesta	Química	Química	Química	Química	Química	Química	Bioquímica	Bioquímica
		Orgánica III %	Orgánica II %	Inorgánica %	Análítica III %	Análítica II %	Orgánica I %	I %	II %
1	1								
	2								
	3								
	4	20.8	100	50	7.1	84.6		47.3	68.7
	5	--	--	7.1		--	6.6		
	6	20.8	--	14.2	28.5	15.3	26.6		6.25
	7	16.6	--	7.1	35.7	--	26.6		6.25
	8	29.1	--	21.4	21.4	--	33.3		12.5
	9	12.5	--	--	7.1	--	6.6		6.25
2	Carrera								
3	Masculino	66.6	50	35.7	64.2	46.1	40	47.3	37.5
	Femenino	33.3	50	64.2	35.7	53.8	60	52.6	62.5
4	Al drenaje	4.1	--	28.5	7.1	7.6	60	5.2	
	Tratamiento	41.6	--	28.5	50	76.9	60	5.2	31.2
	Deposito especial	66.6	100	71.4	42.8	84.6	60	36.8	93.7
5	Si	91.6	50	42.8	78.5	84.6	60	42.1	81.2
	No	8.3	30	14.2	--	--	26.6	--	6.25
	No sabe	--	20	50	21.4	15.3	13.3	5.2	12.5
6	Si	87.5	90	92.8	100	100	80	47.3	100
	No	12.5	10	7.1		--	20	--	
	No sabe	--	--	--		--	--	--	
7	a).hfCorr. Toxic.	95.3	90	92.8	85.7	76.9	66.6	42.1	100
	b) React.	95.3	10	71.4	85.7	61.5	86.6	10.5	87.5
	c) Den.	--	--	14.2	14.2	--	26.6	--	18.7
	d) Ligu.	--	--	--	28.5	--	26.6	--	12.5
8	Si	87.5	100	50	85.7	12.9	93.3	42.1	
	No	8.3	--	35.7	7.1	76.9	6.6	--	
	No sabe	4.1	--	14.2	7.1	--	--	5.2	
									87.5
9	Si	87.5	60	71.4	78.5	23	73.3	36.8	12.5
	No	12.5	40	28.5	21.4	69.2	26.66	10.5	6.25

Fueron un total de 125 alumnos encuestados de la Universidad de Sonora URS

Respuestas del Cuestionario Aplicado a los Alumnos de la Universidad de Sonora URS

Pregunta	Química Organica III	Química Organica II	Química Inorganica	Química Analítica III	Química Analítica II	Química Organica I	Bioquímica I	Bioquímica II	%
Tiran al drenaje	1		4		1	9	6	--	30
Algún tratamiento	10		4	7	10	9	5	5	38
Deposito especial	16	10	10	7	11	9	16	15	80
Si	22	4	6	11	11	9	15	13	74
No	2	4	1	2		4	3	1	16
No sabe		2	7	3	2	2	1	2	10
Si	21	9	13	14	13	12	17	16	90
No	3	1	1			3	2	--	10
Infla. corro	23	9	13	12	10	10	14	16	80
Reac. explo	23	1	10	12	8	13	10	14	74
Dens. conc			2	2		4	4	3	22
Liqu. insol				4		4	2	2	16
Si	21	10	7	12	10	14	16	14	88
No	2		5	1		1	1	2	8
No sabe	1		2	1	2	--	2	1	6
Si	21	6	10	12	9	11	15	11	74
No	3	4	4	2	3	4	4	5	26

Resultados de la Encuesta Aplicada a Maestros del Área Básica de Química URS.

Pregunta nº	Respuesta	%
3	Masculino	35.7
	Femenino	57.1
4	Al drenaje	
	Tratamiento	85.7
	Deposito especial	64.2
5	Si	85.7
	No	7.1
	No sabe	---
6	Si	100
	No	
	No sabe	
7	a) Inf Corr. Toxico.	85.7
	b) React. Exp. Inf	57.1
	c) Den. Conc. Volátil	---
	d) Liqu. Insol. Oxid.	---
8	Si	100
	No	---
	No sabe	---
9	Si	78.5
	No	21.4

Fueron un total de 14 Maestros Encuestados del Área Básica de Química

Respuestas del Cuestionario Aplicado a Maestros de la Universidad de Sonora URS

Preguntanº	Respuesta	
3	Masculino	5
	Femenino	9
4	Al drenaje	---
	Tratamiento	9
	Deposito especial	9
5	Si	13
	No	1
	No sabe	---
6	Si	14
	No	---
	No sabe	---
7	a).Inf Corr. Toxico.	12
	b) React. Exp. Inf	8
	c) Den. Conc. Volátil	---
	d) Ligu. Insol. Oxid.	---
8	Si	14
	No	---
	No sabe	---
9	Si	12
	No	2

ANEXO 5.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Los residuos químicos recolectados en el área de generación, serán depositados en el almacén temporal de residuos peligrosos, acondicionada según la normatividad vigente.

El acondicionamiento de los residuos químicos se realizará con base a la NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos registrados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 y por la NOM-002-SCT2-1994, que indica el listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

Los envases recolectados (envases primarios), deberán cumplir con características seguras para su traslado, que en caso de líquidos y/o sólidos se encuentren cerrados, sin fugas e identificados, estos serán colocados posteriormente en tambos de acero de 200 litros (envases secundarios o embalajes) que no presenten ningún daño físico (golpes, fisuras, perforaciones) y con tapas de seguridad.

Los espacios entre los diferentes envases serán rellenos con una capa de material inerte (unicel, aserrín o arena) que amortigüen los golpes que pudieran sufrir los envases durante su transporte.

En caso de tratarse de residuos peligrosos en estado líquido, en grandes volúmenes, se deben utilizar tambos para líquidos, ya sea Metálicos o plásticos (de acuerdo a las características del residuo), que impidan derrames o fugas durante su trayecto al sitio de tratamiento o disposición final.

No se deberán colocar Residuos Incompatibles entre sí en el mismo embalaje.

Los tambos que contengan los residuos peligrosos, deberán estar identificados por etiquetas que registren las características de las sustancias y su riesgo (corrosivo, explosivo, tóxico, etc.), elaboradas de acuerdo con la Norma Oficial mexicana NOM-003-SCT/2000 que establece las características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos y serán colocados sobre cimientos de materiales resistentes al fuego.