

7  
2e.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

**“ESTUDIO BASICO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE  
LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL  
AREA DE QUIMICA DEL DEPARTAMENTO DE  
PREPARATORIA AGRICOLA DE LA UACH”**

**TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**PARA OBTENER TITULO DE QUIMICO**

**ANTONIA GONZALEZ UGALDE**

**ASESOR: I.Q. FEDERICO SOTO VILLASE**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO 1998**

**EXAMEN DE TITULO  
FACULTAD DE QUIMICA**

267573



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE:** Profa. ELVIRA SANTOS SANTOS

**VOCAL:** Prof. FEDERICO SOTO VILLASEÑOR

**SECRETARIO:** Profa. IRMA CRUZ GAVILAN GARCIA

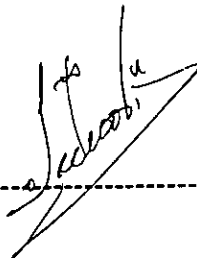
**1er. SUPLENTE:** Prof. CLAUDIO AQUILES ESCALANTE TOVAR

**2o. SUPLENTE:** Profa. ISELA LOPEZ RIVERA

**SITIO EN DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:** AREA DE  
QUIMICA DEL DEPARTAMENTO DE LA PREPARATORIA  
AGRICOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTONAMA CHAPINGO

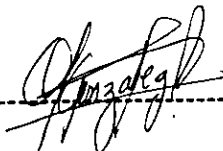
**NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR:**

**I.Q. FEDERICO SOTO VILLASEÑOR.**-----



**SUSTENTANTE:**

**ANTONIA GONZALEZ UGALDE.**-----



## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Química, en donde realice los estudios de Licenciatura, que me permiten actualmente desarrollar mis actividades profesionales.**

**A la Universidad Autónoma Chapingo, en especial al Departamento de Preparatoria Agrícola y el Área de química, por las facilidades y apoyo que recibí, para cursar el Diplomado.**

**Al Ing. Federico Soto Villaseñor. Mi reconocimiento y agradecimiento con todo respeto por su capacidad, apoyo, así como el tiempo que me brindo y la disposición al aceptar asesorar el trabajo elaborado.**

**A la Dra. Elvira Santos y a la Q. Irma C. Gavilán. Por el tiempo que me brindaron así como por sus observaciones, sugerencias y comentarios los cuales enriquecen la información presentada.**

**A Luz Ma. y Ana Isabel, por su amistad, entusiasmo y apoyo los cuales me han motivado y servido como ejemplo.**

# **DEDICATORIA**

## **A DIOS:**

El ha guiado mi camino, y le doy gracias por ello, solo le pido que cada día me permita ser un mejor ser humano y profesionalista.

## **A LA MEMORIA DE MI PADRE:**

A pesar que no estas con nosotros, siempre vivirás en nuestro corazón. Gracias por todo lo que me enseñaste y por haber sido mí padre.

## **A MI MADRE:**

Eres el pilar de nuestra familia, nos has mantenido unidos. Tu amor, fortaleza, y comprensión son un ejemplo para mí, me has guiado por la vida con paciencia y me has enseñado que todas las personas valen por si mismas y no por lo que tienen, por lo que se les puede amar y comprender antes que juzgar, esto nos permite crecer como personas. GRACIAS por todo.

## **A MIS HERMANAS:**

Rosa Ma., Irma, Martha, Silvia y Laura, su presencia, capacidad, comprensión y entusiasmo han sido fundamentales en el transcurso de mi vida, les agradezco todo el apoyo y amor que me han brindado.

### **A MIS HERMANOS:**

Salvador y Francisco Javier, son la viva imagen de mi padre, en su bondad, inteligencia y lealtad, estas cualidades han hecho de ustedes excelentes hijos, hermanos, esposos y padres, gracias por su apoyo y por el tiempo que me han dedicado.

### **A MIS CUÑADAS Y CUÑADOS.**

Irma, Laura Irene, Eloy, Enrique, Francisco, Miguel Angel y Alejandro, a pesar de nuestras diferencias siempre me han apoyado cuando ha sido necesario. Gracias por compartir conmigo todos los momentos importantes y especialmente agradezco la ayuda que me han proporcionado Eloy y Miguel Angel.

### **AMIS SOBRINAS Y SOBRINOS:**

Son la nueva generación familiar, y la esperanza para un mejor mundo, el ejemplo de sus padres y la educación son su mejor herencia, no la desaprovechen.

### **A MIS TIAS IMELDA Y GUADALUPE**

Gracias por su apoyo y por lo que han representado para mí, además de ser mis amigas son un ejemplo ha seguir.

## INDICE

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>RESUMEN</b>                                 | viii |
| <b>INTRODUCCION</b> -----                      | 1    |
| <b>CAPITULO 1: ANTECEDENTES</b> -----          | 5    |
| <b>1.1 En México</b> -----                     | 5    |
| <b>1.2 Universidad Autónoma Chapingo</b> ----- | 7    |
| <b>1.3 Area de Química</b> -----               | 8    |
| <b>1.2.1 Infraestructura</b> -----             | 9    |
| <b>1.2.2 Laboratorios</b> -----                | 9    |
| <b>1.3.2.1 Docencia</b> -----                  | 9    |
| <b>1.3.2.2 Investigación</b> -----             | 11   |
| <b>1.3.2.3 Servicio</b> -----                  | 12   |
| <b>CAPITULO 2: GENERALIDADES</b> -----         | 14   |
| <b>2.1 Clasificación de Residuos</b> -----     | 14   |
| <b>2.1.1 Residuos Peligrosos</b> -----         | 15   |
| <b>2.2 Criterios de Peligrosidad</b> -----     | 16   |

|  |        |
|--|--------|
| 2.2.1 Corrosividad-----  | 16     |
| 2.2.2 Reactividad-----   | 17     |
| 2.2.3 Explosividad-----  | 19     |
| 2.2.4 Toxicidad-----   | 19     |
| 2.2.5 Inflamabilidad-----  | 25     |
| 2.2.6 Biológico Infecciosos-----   | 26     |
| 2.3 Procedimientos para determinar la peligrosidad de un<br>residuo-----   | 27     |
| 2.4 Almacenamiento de Residuos Peligrosos-----   | 28     |
| 2.5 Envasado de Residuos Peligrosos-----   | 30     |
| 2.6 Etiquetado de Residuos Peligrosos-----   | 36     |
| 2.7 Compatibilidad de Residuos Peligrosos-----   | 38     |
| 2.8 Normatividad-----  | 42     |
| <br><b>CAPITULO 3: IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS<br/>RESIDUOS GENERADOS EN LOS<br/>LABORATORIOS DE QUIMICA</b> | <br>47 |
| <br>3.1 Fuentes de Generación-----   | <br>47 |
| 3.2 Procesos de Generación de Residuos Peligrosos en<br>los Laboratorios-----  | 48     |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.1 Adsorción-----  | 48        |
| 3.2.2 Centrifugación-----                                   | 48        |
| 3.2.3 Condensación-----                                     | 48        |
| 3.2.4 Cristalización-----                                   | 49        |
| 3.2.5 Decantación-----                                      | 49        |
| 3.2.6 Decapado-----   | 49        |
| 3.2.7 Destilación-----                                      | 50        |
| 3.2.8 Evaporación-----                                      | 51        |
| 3.2.8 Extracción-----                                       | 51        |
| 3.2.10 Filtración-----                                      | 52        |
| 3.2.11 Intercambio Iónico-----                              | 52        |
| 3.2.12 Reacción-----  | 52        |
| 3.2.13 Sedimentación-----                                   | 53        |
| <b>3.3 Residuos Generados en los Laboratorios y</b>         |           |
| <b>Características-----</b>                                 | <b>53</b> |
| <b>3.3.1 Residuos en Laboratorios de Docencia-----</b>      | <b>54</b> |
| <b>3.3.2 Residuos en Laboratorios de Investigación-----</b> | <b>59</b> |
| <b>3.3.3 Residuos del Laboratorio de Servicio-----</b>      | <b>62</b> |
| <br><b>CAPITULO 4: TECNICAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO DE</b>  | <b>63</b> |
| <b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>                                  |           |
| <br><b>4.1 Manejo de Residuos Peligrosos</b>                | <b>63</b> |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.1 Prevención-----                       | 64 |
| 4.1.2 Minimización-----                     | 64 |
| 4.1.3 Reciclaje y Reuso-----                | 65 |
| 4.1.4 Estabilización y/o Destrucción-----   | 65 |
| 4.1.5 Disposición Final-----                | 66 |
| 4.2 Tratamiento de Residuos Peligrosos----- | 66 |
| 4.2.1 Métodos Físicos-----                  | 67 |
| 4.2.1.1 Separación de fases-----            |    |
| 4.2.1.1.1 Densidad-----                     | 67 |
| 4.2.1.1.2 Carbón Activado-----              | 67 |
| 4.2.1.2 Solidificación-----                 | 69 |
| 4.2.2 Tratamientos Químicos-----            | 70 |
| 4.2.2.1 Oxidación Química-----              | 70 |
| 4.2.2.2 Reducción Química-----              | 72 |
| 4.2.2.3 Neutralización-----                 | 74 |
| 4.2.2.4.Precipitación Química-----          | 76 |
| 4.2.3 Tratamiento Térmico-----              | 77 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPITULO 5: MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA MINIMIZAR</b> | <b>79</b> |
| <b>LA GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>              |           |
| <b>5.1 Justificación-----</b>                            | <b>80</b> |
| <b>5.2 Inventario de los Residuos-----</b>               | <b>80</b> |
| <b>5.3 Prevención-----</b>                               | <b>81</b> |
| <b>5.4 Minimización de Residuos Peligrosos-----</b>      | <b>82</b> |
| <b>5.4.1 Reducción y Eficientización-----</b>            | <b>84</b> |
| <b>5.4.2 Sustitución de Materias Primas-----</b>         | <b>85</b> |
| <b>5.4.3 Capacitación y Entrenamiento-----</b>           | <b>86</b> |
| <b>5.4.4 Reciclado y Reuso-----</b>                      | <b>88</b> |
| <b>5.5 Desarrollo de Infraestructura -----</b>           | <b>89</b> |
| <b>5.6 Financiamiento-----</b>                           | <b>90</b> |
| <b>5.7 Procedimientos-----</b>                           | <b>91</b> |
| <br>   |           |
| <b>CONCLUSIONES-----</b>                                 | <b>93</b> |
| <b>REFERENCIAS CITADAS-----</b>                          | <b>96</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA-----</b>                                 | <b>97</b> |

## INDICE DE FIGURA

| FIGURA   | Pág |
|--|-----|
| 1 Métodos de Identificación de Residuos Peligrosos - ..... | 27a |

## INDICE DE CUADROS

| CUADRO  | Pág. |
|---|------|
| 1 Asignatura por Semestre - .....                         | 10   |
| 2 Programas y Líneas de Investigación - .....             | 12   |
| 3 Toxicidad DL <sub>50</sub> - .....                      | 21   |
| 4 Orgánicos- .....  | 23   |
| 5 Inorgánicos- .....                                      | 23   |
| 6 Orgánicos Volátiles- .....                              | 24   |
| 7 Criterios de Toxicidad Aguda- .....                     | 25   |
| 8 Código de Peligrosidad- .....                           | 28   |
| 9 Tipo de Material de los Contenedores- .....             | 35   |
| 10 Incompatibilidad Binaria de Residuos Peligrosos- ..... | 41a  |
| 11 Clasificación de Residuos- .....                       | 54   |

**INDICE DE TABLAS**

| <b>TABLA</b>   | <b>Pág.</b>    |
|--|----------------|
| <b>1 Residuos de Química Orgánica-----</b>                           | <b>55</b>      |
| <b>2 Residuos de Química I-----</b>                                  | <b>56</b>      |
| <b>3 Residuos de Química II-----</b>                                 | <b>57</b>      |
| <b>4 Residuos de Química III-----</b>                                | <b>58</b>      |
| <b>5 Residuos de Productos Naturales-----</b>                        | <b>59</b>      |
| <b>6 Residuos de Farmacología-----</b>                               | <b>60</b>      |
| <b>7 Residuos de Alimentos-----</b>                                  | <b>61</b>      |
| <b>8 Residuos de Fitoquímica-----</b>                                | <b>61</b>      |
| <b>9 Total de Residuos Generados en el Area de Química en 1997--</b> | <b>78a,b,c</b> |
| <b>10 Pretratamiento y Disposición Final de Residuos-----</b>        | <b>78d</b>     |

**TEMA: "ESTUDIO BASICO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL AREA DE QUIMICA DEL DEPARTAMENTO DE PREPARATORIA AGRICOLA DE LA UACH."**

**RESUMEN.**

El Gobierno de la República Mexicana a partir de la década de los 70', reconoce la necesidad de considerar muy seriamente los problemas relacionados con la contaminación ambiental, por tal motivo ha creado diferentes instancias a través de los años, con el fin de emitir marcos regulatorios que permitan minimizar el efecto que tienen los contaminantes en el medio ambiente.

La capacidad de manejo adecuado de los contaminantes es limitada, solo una pequeña porción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias.

Dentro de las fuentes de producción de residuos se encuentran los laboratorios de las Instituciones Educativas. Los desechos que generan son de varios tipos, entre ellos se encuentran los residuos peligrosos, los cuales se originan por el uso intensivo de productos químicos, en su mayoría de características peligrosas. Lo anterior implica riesgos potenciales para la salud de los seres vivos y el medio ambiente, debido a que sus efectos se manifiestan sobre los ecosistemas, los recursos hídricos, el aire y el suelo.

La Universidad Autónoma Chapingo, no cuenta con un Programa de Manejo Integral de los Residuos Peligrosos generados dentro de sus laboratorios. En el presente trabajo se plantean los factores básicos a considerar para la elaboración de un proyecto integral, factible y viable económicamente que permita a corto y mediano plazo manejar, tratar y disponer los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia, investigación, servicio y almacén del área de Química en el Departamento de Preparatoria Agrícola; así como también, indicar las medidas preventivas para minimizar su producción. El presente trabajo, formará parte de un proyecto integral universitario.

Los aspectos a considerar son los relativos a la generación de residuos peligrosos, sus características de peligrosidad, su manejo y almacenamiento por parte del personal responsable, así como las técnicas de tratamiento y disposición final de los residuos de las instalaciones.

## **INTRODUCCION**

Contrariamente a lo que sucede en la naturaleza, en la cual no se generan desperdicios esto debido a que los residuos de un ciclo biológico se aprovechan en otro, los seres humanos desarrollan actividades y procesos productivos poco eficientes que consumen una gran cantidad de energía, agua y materias primas, produciendo a su vez una cantidad considerable de desechos que se emiten al aire, o se depositan en el agua, y suelo.

Todos los sectores de la sociedad, desde la industria, el hogar, las instituciones educativas, y los servicios privados y públicos, generan residuos, estos varían de acuerdo a las actividades que se desarrollan y las formas de consumo, por lo que también cambian conforme estas evolucionan.

Usualmente, los residuos son considerados como elementos carentes de valor, constituyen una pérdida económica para quienes los generan y un gasto si se considera el costo que implica deshacerse de ellos. Lo anterior ha traído consigo consecuencias ambientales que pueden representar riesgos importantes para los organismos vivos y los ecosistemas.

El riesgo depende del tipo de residuo y del daño que podría causar debido a su difusión en el ambiente, el tiempo de exposición y la magnitud de posibles siniestros. Lo que repercute en un deterioro de los recursos naturales, causado por un manejo inadecuado de los residuos y la capacidad limitada que tienen los ecosistemas de asimilarlos.

En algún momento pueden ingresar a la cadena alimenticia, debido a la interacción que existe entre los sistemas bióticos y abióticos, como consecuencia de su gran persistencia, lo que ocasiona diversos efectos, algunos de ellos considerados como ecotóxicos.

Las características físicas, químicas y toxicológicas de los residuos nos permiten clasificarlos en peligrosos y no peligrosos. La cantidad estimada de residuos industriales generados en México en 1994 fue de 172.5 millones de toneladas de Residuos no Peligrosos<sup>1</sup> y 8 millones de toneladas de Residuos Peligrosos.<sup>2</sup>

En la actualidad gran parte del material que se desecha encierra un gran valor económico y puede ser revalorizado a través de actividades de reuso, reciclado y recuperación de materiales secundarios.

De acuerdo a la legislación ambiental, los residuos considerados como peligrosos son aquellos que poseen por lo menos alguna de las características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso). La naturaleza de los residuos se relaciona directamente con los procesos que se empleen en las fuentes generadoras lo que incrementa su complejidad.

La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos industriales en México es limitada, de los ocho millones de toneladas generadas que se estiman solo el 12% es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias.<sup>2</sup>

Las razones son muchas pero la mayoría tienen que ver con ciertas condiciones institucionales que impiden el desarrollo del sistema de manejo, mercados, esquemas de concertación, información, y regulación.

Entre ellas se tienen:

- Información incompleta dirigida a la población
- Incentivos insuficientes para el manejo adecuado de residuos peligrosos
- Normatividad incompleta



- **Bajo control de calidad ambiental en micro, pequeña y mediana industria**
- **No existen iniciativas conjuntas para el manejo de residuos peligrosos**
- **Altos costos en la concertación de la industria y las instancias del gobierno**
- **Mercados poco desarrollados**
- **Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos**
- **Incertidumbre social**
- **Inspección y vigilancia insuficiente**

Desde un punto de vista ambiental es recomendable disminuir la producción de residuos peligrosos a través de prácticas de minimización, que permitan adoptar medidas de organización y operativas a niveles económicos y técnicos factibles. Los costos de operación son menores y la competitividad de la empresa es mayor cuando se reduce la cantidad y la peligrosidad de los subproductos generados, que precisan de tratamiento o eliminación.

Dentro de las fuentes generadoras de residuos se encuentran los laboratorios de las Instituciones Educativas. Los desechos que producen son de varios tipos, entre ellos se encuentran residuos peligrosos, los cuales se originan por el uso intensivo de productos químicos y presentan por lo menos alguna de las características CRETIB.

Las concentraciones de los residuos generados en este tipo de laboratorios se consideran relativamente pequeñas si las comparamos con las industriales, pero son altamente tóxicas y peligrosas, lo que implica riesgos potenciales para la salud de los seres vivos y el medio ambiente, debido a que sus efectos se manifiestan sobre los ecosistemas, recursos hídricos, el aire y el suelo.

Entre las instituciones educativas que cuentan con un programa integral para el manejo de residuos peligrosos se tiene a; la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Química), la Universidad Iberoamericana y el Colegio Madrid

La Universidad Autónoma Chapingo (UACH), actualmente no cuenta con un Programa de Manejo Integral de los Residuos Peligrosos generados dentro de sus instalaciones. En virtud de lo anterior, el presente trabajo proporciona la información básica y general a cerca de los residuos que se desechan en los laboratorios del área de química del Departamento de Preparatoria Agrícola de la UACH, así como, sugerencias para el tratamiento y posibles medidas preventivas para minimizar su producción

#### ***OBJETIVO GENERAL:***

Elaborar un estudio básico sobre los residuos que se desechan en los laboratorios de docencia, investigación y servicio, del área de química, que sirva como antecedente para elaborar un proyecto integral, factible y viable económicamente, que permita a corto y mediano plazo manejar, tratar y disponer de los residuos peligrosos que se generan en los distintos laboratorios de la universidad.

#### ***OBJETIVOS PARTICULARES:***

1. Identificar las fuentes de generación de residuos peligrosos.
2. Indicar las características de peligrosidad de los residuos.
3. Proponer técnicas para el manejo, tratamiento, almacenamiento y disposición final adecuadas para los residuos peligrosos.
4. Proponer medidas preventivas para minimizar la generación de residuos peligrosos en los laboratorios de química.

# **CAPITULO 1**

## ***ANTECEDENTES.***

### **1.1 EN MEXICO**

A partir de la época de la Colonia y hasta antes de la década de 1940, el país fue esencialmente agrícola y minero. Los procesos de producción adoptados fueron importados y elegidos por su bajo costo sin tomar en consideración las grandes demandas de energía, agua, materias primas, además de ser altamente contaminantes al ambiente, a través de sus emisiones al aire, las descargas de sus aguas residuales a los cuerpos de aguas receptores, y a la eliminación de sus residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.<sup>3</sup>

Al avanzar el proceso de industrialización, las capacidades físicas de asimilación del ambiente y de manejo de desechos no son suficientes, lo cual constituye un problema que tiene que solucionar la industria, el gobierno y la sociedad. Se estima que entre 1950 y 1960 los efectos ambientales producidos por el desarrollo industrial eran considerados como locales y no parecían suscitar preocupación social. Al mismo tiempo se creía que los recursos naturales eran inagotables por lo que no se restringía su aprovechamiento, y la política impulsaba a la industria.

Entre las ramas más productivas se encontraban la eléctrica, la química y la de los derivados del petróleo, todas ellas con un alto potencial de contaminación y de riesgo ambiental. Cabe señalar que dentro de las industrias más contaminantes se encontraban varias empresas paraestatales.

Este desarrollo, si bien ha traído innegables beneficios al país, en muchos casos se ha realizado en forma no planeada y sin tomar en cuenta su repercusión en el entorno natural. El factor de mayor relevancia constituye la falta de control en el manejo, el tratamiento y la disposición final de sus residuos.

En México, hasta 1970 prácticamente no se aplicó ningún criterio ambiental para el desarrollo industrial, la ausencia de un marco normativo, de un control adecuado y del incumplimiento de las disposiciones existentes, hizo que se adquiriera una responsabilidad sobre el impacto en el ambiente.

La promulgación de la “Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental”, en 1971, marca el inicio de una normatividad que, aunque estaba más orientada para el control de emisiones industriales, comprometía a la industria a crear procesos más limpios. En 1973 se promulga el Código Sanitario, que propone normas específicas relacionadas con emisiones, descargas industriales y generación de residuos peligrosos.<sup>2</sup>

A partir de la década de 1980 y sobre todo, al inicio de 1990 el sector industrial ha sido una de los más afectados por las crisis económicas, a pesar de las dificultades que atraviesa la industria, sigue siendo uno de los sectores más productivos del país, el ingreso al GATT, la firma del TLC, y la adhesión de México a la OCDE, inciden en la industria promoviendo la incorporación de consideraciones ambientales en términos cuantitativos y cualitativos que determinen las pautas de modernización en las plantas industriales y la exportación y traslado de residuos peligrosos.

El marco jurídico que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos está señalado en la “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente” (LEGEEPA), y su Reglamento en Materia de

**Residuos Peligrosos, así como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's), que entraron en vigor en marzo de 1988.**

Por otro lado, en el Programa para la Minimización y Manejo Integral de los Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000, se pretende sentar bases para que mediante el fortalecimiento del marco jurídico y normativo, la modernización de la regularización directa y la aplicación de procesos eficientes de vigilancia, se configure un marco regulatorio que propicie la gestión eficaz en materia de residuos industriales peligrosos, alentando con ello la creación de la infraestructura necesaria para su manejo adecuado.

## **1.2 UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

En 1854 en la Ciudad de México se fundó la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), la cual se reubicó en 1923 en la Hacienda de Chapingo. La Hacienda contaba con 500 Ha. y edificios del siglo XIX. La educación era militarizada, y los egresados obtenían el título de Ing. Agrónomo.

La Preparatoria Agrícola se fundó en 1966, estaba constituida por 6 áreas, las cuales eran: Agronomía, Física, Humanidades, Sociología, Biología y Química.

En 1974, mediante un largo proceso político y académico, la ENA se constituyó en Universidad Autónoma Chapingo, integrando la educación media superior y superior, en el campo agronómico.

El cambio a Universidad, involucró reformas en los programas académicos existentes, implicando un aumento en la matrícula de alumnos y profesores. Actualmente de acuerdo con el "Plan Nacional para la Educación Media Superior y Superior", se proponen modificaciones en los planes y

programas de estudio, en este sentido, la Preparatoria Agrícola a partir de 1995, inició un proyecto de Reestructuración Académica, en donde participan las siguientes áreas académicas: Agronomía, Biología, Ciencias Sociales, Disciplinas Humanísticas, Física, Matemáticas, y Química.

La finalidad de este proyecto, involucra la elaboración de una propuesta de plan de estudios, que cumpla con la política educativa prevaeciente. Para lograrlo la comisión formada revisó los objetivos y contenidos de los programas de materias de cada una de las áreas mencionadas.

Paralelamente al proyecto de Reestructuración, la jefatura del Departamento asignó a la Subdirección de Investigación y Servicio, la elaboración del "Plan de Desarrollo de la Preparatoria Agrícola 1996-2000"(PDPA 1996-2000).

El objetivo principal del PDPA, es establecer líneas de desarrollo político-académico, que permitan dar respuesta a problemas estructurales, y promuevan la calidad académica y educativa, el desarrollo; científico, tecnológico, humanístico, de servicio, de extensión y difusión de la cultura en cada una de las áreas.

### **1.3 AREA DE QUIMICA**

Con respecto al área de Química, la primera fase del PDPA, consistió en elaborar un inventario académico, administrativo, y de infraestructura. Con la información obtenida se identificaron los problemas en las instalaciones, principalmente en laboratorios y almacenes del área.

Actualmente nos encontramos en la segunda fase la cual consiste en el desarrollo del planteamiento del proyecto integral, que establezca propuestas de solución a las problemáticas existentes.

Uno de los problemas a abordar en dicho proyecto, es el manejo adecuado de sustancias químicas y el tratamiento o disposición de los diferentes residuos que se generan en los laboratorios.

### **1.3.1 INFRAESTRUCTURA**

Actualmente se cuenta con 33 profesores investigadores de tiempo completo, uno de tiempo parcial, 2 técnicos académicos, 2 almacenistas, 2 auxiliares de laboratorio, y 6 laboratoristas.

Se imparten las siguientes materias:

Química I

Química II

Química III

Química Orgánica

Introducción a las Ciencias Experimentales (ICE)

Los laboratorios del área de Química son 11, y están distribuidos de la siguiente manera: cinco laboratorios para docencia, cinco laboratorios para investigación y un laboratorio de servicio.

### **1.3.2 LABORATORIOS**

#### **1.3.2.1 DOCENCIA**

En los laboratorios para docencia, se llevan a cabo las prácticas que complementan a los programas de materia. El número de alumnos que se han atendido en los últimos tres ciclos escolares, así como las asignaturas impartidas se presentan en el cuadro 1.

**CUADRO 1: ASIGNATURAS POR SEMESTRE**

| CICLO ESCOLAR Y SEMESTRE | NIVEL        | ASIGNATURA     | Hrs/Sem          | Gpos. | ALUMNOS |      |
|--------------------------|--------------|----------------|------------------|-------|---------|------|
| 1995-1996                | 1er.Semestre | 1er.año(prepa) | I.C.E.*          | 4.5   | 14      | 350  |
|                          |              | 2º.año(prepa)  | Química II       | 4.5   | 36      | 900  |
|                          |              | Propedéutico   | Química orgánica | 6     | 18      | 450  |
|                          | 2º.Semestre  | 1er.año        | Química I        | 4.5   | 44      | 1100 |
| 1996-1997                | 1er.Semestre | 1er.año(prepa) | I.C.E.*          | 4.5   | 14      | 350  |
|                          |              | 2º.año(prepa)  | Química II       | 4.5   | 36      | 900  |
|                          |              | Propedéutico   | Química Orgánica | 6     | 19      | 500  |
|                          | 2º.Semestre  | 1er.año(prepa) | Química I        | 4.5   | 40      | 1000 |
| 1997-1998                | 1er.Semestre | 1er.año(prepa) | I.C.E.*          | 4.5   | 15      | 375  |
|                          |              | 2º.año(prepa)  | Química II       | 4.5   | 36      | 900  |
|                          |              | Propedéutico   | Química Orgánica | 6     | 18      | 450  |
|                          | 2º.Semestre  | 1er.año(prepa) | Química I        | 4.5   | 40      | 1000 |
|                          |              | 3er.año(prepa) | Química III      | 3.0   | 32      | 800  |

\*I.C.E. Introducción a las Ciencias Experimentales.

La matrícula de nuevo ingreso ha disminuido en los últimos dos ciclos escolares, pero no así la cantidad de alumnos que se atienden en el área de Química la cual se ha incrementado de 2750 en el ciclo escolar 1996-1997 a 3525 en 1997-1998, debido a un incremento en el número de materias.

Por tal motivo, el número de prácticas realizadas en los laboratorios es mayor y como consecuencia existe un aumento en la cantidad de sustancias químicas que se emplean y de residuos generados.



El tiempo asignado para cada sesión de laboratorio es de dos horas y el número de prácticas por asignatura es el siguiente:

- 12 Química Orgánica
- 10 Química I (Química inorgánica)
- 12 Química II (Química inorgánica y principios de Química orgánica)
- 9 Química III (Macromoléculas, principios de Bioquímica)
- 12 Introducción a las Ciencias Experimentales(ICE)

#### **1.3.2.2 INVESTIGACION**

El área de Química cuenta con investigadores reconocidos en ámbitos nacionales e internacionales, principalmente en Productos Naturales, Alimentos y Educación. De los 33 docentes que integran el área, 27 realizan investigación.

Los laboratorios utilizados para este fin, están distribuidos de la siguiente manera:

- 1 laboratorio para Productos Naturales
- 1 Laboratorio para Farmacología
- 1 Laboratorio para Alimentos
- 1 Laboratorio para Fitoquímica
- 1 Laboratorio para Química Orgánica

El cuadro 2 especifica las investigaciones realizadas en el área y los programas a los que pertenecen.<sup>4</sup>

**CUADRO 2: PROGRAMAS Y LINEAS DE INVESTIGACION**

| <i>DISTRIBUCION POR PROGRAMAS DE INVESTIGACION</i> |    |      | <i>DISTRIBUCION POR LINEAS DE INVESTIGACION</i>    |             |                     |
|--|----|------|--|-------------|---------------------|
| PROGRAMA   | N° | %    | LÍNEA  | N°          | %                   |
| Programa Universitario en Alimentos (PUIA)         | 8  | 18.6 | Alimentos  | 8           | 18.6                |
| Prog. Nac. de Inv. en Etnobótica (PNIE)            | 1  | 2.3  | Etnobótica   | 1           | 2.3                 |
| Prog. Nac. de Inv. Educativa Agropecuaria (PNIEA)  | 8  | 25.6 | Educación  | 8           | 25.6                |
| Prog. Nac. de Inv. de el Maíz.(PNIM)               | 1  | 2.3  | Fertilidad   | 1           | 2.3                 |
| Prog. Nac. de Inv. del frijol (PNIF)               | 1  | 2.3  | Fertilidad   | 1           | 2.3                 |
| Prog. Nac. de Inv. en Agric. Orgánica.(PNIAO)      | 1  | 2.3  | Fertilidad   | 1           | 2.3                 |
| Prog. Univ. de Plantas Medicinales (PUPM)          | 18 | 41.9 | 1. Fitoquímica<br>2. Farmacología<br>3. Etnobótica | 9<br>4<br>5 | 20.9<br>9.3<br>11.6 |
| Prog. de Inv. en Floricultura (PIF)                | 1  | 2.3  | Anonaxias  | 1           | 2.3                 |
| Prog. Inv. de Proy. Especiales (PIPE)              | 1  | 2.3  | Síntesis Orgánica                                  | 1           | 2.3                 |

### 1.3.2.3 SERVICIO

Con respecto al servicio, únicamente cuenta con el laboratorio de "Reparación y fabricación de material de vidrio". Su objetivo es reparar el material de vidrio que se daña en cualquiera de los laboratorios del área de

química o de cualquiera de las especialidades, así como también diseñar y fabricar equipo necesario para las prácticas.

Así mismo, se cuenta con tres almacenes; uno para material y equipo, el segundo para sustancias químicas y el último para disolventes utilizados en el laboratorio de investigación de Productos Naturales.

A principios de 1990, en el área de química se integró una comisión encargada de elaborar un proyecto para recuperar los reactivos que se utilizan en las prácticas de docencia.

El proyecto se puso en marcha en 1991, pero por falta de recursos económicos y de infraestructura solamente se cumplía con la parte correspondiente a la purificación de disolventes, en 1993 se canceló el proyecto.

En 1997 se puso en marcha el proyecto “ Rehabilitación de laboratorios y almacén del área de Química”, consta de tres etapas; en la primera se elaboró una encuesta, destinada al personal responsable de cada laboratorio, para reportar los problemas existentes en las instalaciones; en la segunda, se sistematizó y analizó la información, como resultado surgieron las propuestas de solución, mismas que fueron sometidas a consideración de las autoridades correspondientes; por último después de ser aceptado el proyecto, se pone en marcha la tercera etapa, y consiste en la rehabilitación de las instalaciones de los laboratorios (actualmente realizandose), queda pendiente todo lo relacionado con los almacenes.

## CAPITULO 2

### ***GENERALIDADES***

En los laboratorios químicos de las instituciones educativas, se utilizan una gran cantidad de reactivos y se generan residuos, cuyas características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológico infecciosos (CRETIB), generalmente desconoce el personal que labora en ellos, ésta es la razón por la cual en muchas ocasiones no se toman las precauciones necesarias para trabajar con seguridad. En este capítulo, se expone el marco teórico conceptual, que sustenta el proceso de investigación del presente trabajo.

#### **2.1 CLASIFICACION DE RESIDUOS**

Toda la materia está compuesta por átomos, ya sea en la forma de sustancias puras o mezclas. El término *sustancia*, o reactivo químico se aplica a elementos, o compuestos, con características y propiedades definidas y constantes, uniformes en su composición, considerados como la materia prima de los diferentes procesos que se realizan en los laboratorios.

Se les conoce como *residuos*, a todos aquellos materiales que por alguna razón no tiene un uso directo y se desechan permanentemente. Puede ser cualquier material generado en los procesos de; extracción, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Una condicionante necesaria para toda persona que desarrolla alguna actividad en un laboratorio de química es; conocer las características de

los residuos químicos, y las precauciones que se deben tomar para manipularlos, de esa manera, se pueden evitar accidentes de consecuencias que, en ocasiones, llegan a ser fatales. Para poder determinar las características de un residuo, es necesario identificar las propiedades físicas, químicas y toxicológicas. Con los resultados obtenidos y de acuerdo con la normatividad que existe al respecto, se pueden clasificar en peligrosos y no peligrosos.

Uno de los objetivos de este trabajo, es poder indicar cuales son las características de peligrosidad de los residuos generados en los laboratorios del área de química, para tal fin se necesita conocer en que consiste cada una de ellas.

### ***2.1.1 RESIDUOS PELIGROSOS***

Se consideran peligrosos, a todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un riesgo para la salud, el equilibrio ecológico o el ambiente, y que por su naturaleza requieren de regulaciones y controles técnicos estrictos.

La siguiente definición internacional de residuos peligrosos fue propuesta por la UNEP y respaldada por organizaciones internacionales:

“Residuos peligrosos, son aquellos residuos no radioactivos los cuales por razón de su alta toxicidad, reactividad química, explosividad, corrosividad u otra característica peligrosa, causan daño a la salud humana o al ambiente en general, aun cuando se encuentren solos o cuando entren en contacto con otros residuos. Son legalmente definidos como peligrosos en el lugar o

lugares donde sean generados, dispuestos o a través de los cuales sean transportados”<sup>5</sup>

Dentro de las definiciones internacionales de residuos peligrosos se incluyen a los; sólidos, líquidos, gases y vapores; aislados, mezclados o en solución.

## 2.2 CRITERIOS DE PELIGROSIDAD

Se define como *Peligro*, a la propiedad intrínseca de las sustancias para causar un efecto adverso. Un residuo se considera peligroso cuando sus propiedades químicas y toxicológicas representan un riesgo para la salud, el equilibrio ecológico y el ambiente.<sup>5</sup>

Un *Riesgo*, es la probabilidad de que se produzcan efectos adversos como resultado de la exposición de una sustancia química. Como consecuencia si se tiene un residuo peligroso, pero el tiempo de exposición es corto y no se alcanzan niveles significativos de concentración capaces de afectar a los organismos, el riesgo disminuye.<sup>6</sup>

El índice que determina el nivel de peligrosidad, principalmente está en relación con los siguientes seis criterios: Corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infecciosos.

### 2.2.1 CORROSIVIDAD

Una sustancia corrosiva se considera peligrosa para los organismos vivos debido a que provoca la oxidación de los componentes de los tejidos causando la precipitación de las proteínas tisulares o eliminando el agua de las células. Con respecto a la materia inorgánica la oxidación se efectúa sobre algunos metales mediante procesos electroquímicos.

Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:<sup>7</sup>

- ❖ En estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, 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 (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 mm. o más por año.

### **2.2.2 REACTIVIDAD**

La reactividad química de los materiales está ligada a la fuerza ácida o básica de los mismos, y se refiere a sustancias que pueden participar en reacciones violentas. Una sustancia o residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:<sup>7</sup>

- ❖ Bajo condiciones normales de presión y temperatura (25°C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- ❖ Bajo condiciones normales de presión y temperatura (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 de presión y temperatura (25°C y 1 atmósfera), 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, y se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- ❖ Posee en su constitución cianuros o sulfuros cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250mg de HCN/Kg de residuo o 500mg de H<sub>2</sub>S/Kg de residuo.

❖ **Es capaz de producir radicales libres.**

**Internacionalmente la NFPA ( National Fire Protection Agency ) clasifica a las sustancias peligrosas y los califica según su nivel de reactividad de la siguiente manera:**

- 0 Este valor representa a aquellos materiales que expuestos a las condiciones de un fuego no reaccionan con agua, aire o calor**
- 1 Se da este valor a materiales que a temperaturas ambientales son estables pero pueden reaccionar con:**
  - **Altas presiones**
  - **Altas temperaturas**
  - **Adición de inhibidores**
  - **Con refrigeración**
- 2 Se da este valor a los materiales que tienen por lo menos una de las siguientes características:**
  - **Inestables y que pueden polimerizar rápidamente**
  - **Se descomponen o autoreaccionan, liberando una gran cantidad de energía**
  - **Aquellos que reaccionan con agua o forman con el agua mezclas explosivas**
- 3 Se da este valor a aquellos materiales que:**
  - **Sufren violentos cambios químicos**
  - **Reaccionan en contacto con el agua en explosión, sin importar si están confinados o son calentados**
  - **Pueden sufrir choques térmicos o mecánicos**
- 4 Se da este valor a materiales que:**
  - **Por si solos son capaces de detonar**
  - **Pueden sufrir descomposición por medio de explosión en temperaturas y presiones normales**



### **2.2.3 EXPLOSIVIDAD**

En una explosión, una sustancia o conjunto de sustancias, al someterse a determinado estímulo, sufren una transformación instantánea (oxidación o descomposición), generando otros productos normalmente gaseosos, que tienden a expandirse con gran fuerza, debido al movimiento vibratorio comunicado al aire ambiente y liberando una gran cantidad de calor.

Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:<sup>7</sup>

- ❖ 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 a 1.03 Kg/cm<sup>2</sup> de presión.

### **2.2.4 TOXICIDAD**

Tóxico, se deriva del griego *toxikos* que significa veneno. Se entiende por toxicidad, al potencial que tiene una sustancia de causar un efecto dañino, se distinguen varias formas de toxicidad; directa e indirecta; de manifestación a corto plazo (aguda) y a largo plazo (crónica). Diferentes factores pueden influir en la toxicidad de un residuo atenuándola o incrementándola, entre ellos se pueden citar:<sup>7</sup>

- Su concentración
- La ruta a través de la cual se moviliza hacia el receptor (agua, alimentos, piel y vías respiratorias)
- El tiempo que dura la exposición (corto, largo plazo)
- La frecuencia y duración con la que ocurre la exposición
- Las condiciones ambientales (temperatura, humedad y pH entre otros)

- La edad y el estado fisiológico o nutricional de los individuos expuestos.

Para determinar la toxicidad de una sustancia se consideran, los efectos; letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos o el ambiente. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos potenciales adversos de las sustancias sobre la salud humana. Entre los parámetros de toxicidad comúnmente evaluados se destacan los siguientes:<sup>2</sup>

- Letalidad aguda
- Efectos subletales de especies mamíferas y no mamíferas
- Taratogenicidad, Genotoxicidad y Mutagenicidad
- Carcinogenicidad

Al conocer la toxicidad de los residuos, podemos prevenir los efectos sobre los organismos vivos, desarrollar antídotos en caso de contacto directo o indirecto, determinar pruebas de exposición y límites ambientales permisibles. Un residuo con toxicidad relativamente baja pero con un mayor tiempo de exposición o persistencia, puede representar un mayor riesgo ambiental que una sustancia que es más tóxica pero que se degrada más rápidamente.

La persistencia ambiental se relaciona con la tendencia de una sustancia química o biológica a permanecer en el ambiente debido a su resistencia a la degradación química o biológica asociada a los procesos naturales.

Algunas sustancias químicas al ingresar a los organismos expuestos a ellas tienden a acumularse (bioacumulación), lo anterior implica un aumento en la concentración dentro de los organismos, como resultado de todas las rutas de exposición (alimentos, agua, y sedimentos entre otros).<sup>6</sup>

Existe una clasificación farmacocinética o de velocidad de respuesta, asimilación y excreción de la sustancia para determinar el grado de toxicidad de un componente mediante el  $DL_{50}$ , el cual se puede definir como la dosis letal cuando mueren el 50% de los sujetos intoxicados.

En el cuadro 3 se muestra la  $DL_{50}$  para ratas, en niveles máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) unidades de mg/Kg en exposición; oral y cutánea, para la respiratoria mg/L<sup>8</sup>

**CUADRO 3: TOXICIDAD  $DL_{50}$**

| CLASE                       | ORAL mg/Kg |          | CUTANEA mg/Kg |          | RESPIRATORIA<br>mg/L |
|-----------------------------|------------|----------|---------------|----------|----------------------|
|                             | SOLIDO     | LIQUIDO  | SOLIDO        | LIQUIDO  | GASES                |
| Extremadamente<br>peligrosa | < 5        | < 20     | < 10          | < 40     | < 400                |
| Altamente<br>peligrosa      | 5-50       | 20-200   | 10-100        | 40-400   | 400-4000             |
| Moderadamente<br>peligrosa  | 50-500     | 200-2000 | 100-1000      | 400-4000 | 4000-40000           |
| Ligeramente<br>peligrosa    | > 500      | > 2000   | > 1000        | > 4000   | -                    |
| No tóxico                   | > 5000     |          |               |          |                      |

Las sustancias consideradas tóxicas pueden clasificarse de acuerdo a su origen de la siguiente manera:

**A) QUIMICOS**

- i. Orgánicos: Solventes, fenoles, fertilizantes (organoclorados y organofosforados), etc.
- ii. Inorgánicos: Como metales (Cd, Pb, Ni)

**B) MICROBIOLOGICOS:** Parásitos, virus y bacterias.

**C) AGENTES FISICOS:** Sólidos, radioactivos, vibraciones y ruido.

**Según la NFPA, la clasificación de las sustancias peligrosas de acuerdo a su toxicidad es la siguiente:**

- 0 Son aquellos materiales que expuestos al fuego no producen gases o humos mayores que una combustión normal.**
- 1 Son aquellos materiales cuyo contacto puede causar irritación o dejar daños menores residuales si no se recibe ayuda médica inmediata.**
- 2 Son aquellos materiales que con una prolongada exposición pueden causar una incapacidad temporal o dejar daños residuales si no se recibe atención médica inmediata.**
- 3 Se da este valor a aquellos materiales que con cortas exposiciones pueden causar daño temporal y serios problemas residuales aun cuando se haya recibido atención médica.**
- 4 Este valor corresponde a materiales que con un muy corto lapso de exposición pueden causar la muerte o dejar daños mayores aun cuando exista atención médica inmediata.**

**De acuerdo a la NOM-052-ECOL/1993, un material se considera peligroso por su toxicidad al ambiente, cuando se somete a la prueba de extracción adecuada para analizarlo conforme la norma oficial NOM-053-ECOL/1993, el lixiviado de la muestra representativa puede contener cualquiera de los siguientes constituyentes, en concentración máxima permitida señalada en los cuadros 4, 5 y 6. Los constituyentes se clasifican en: orgánicos, inorgánicos y orgánicos volátiles.**

### CUADRO 4 ORGANICOS

| No.INE | CONSTITUYENTES                                  | mg/l  |
|--------|---|-------|
| C.0.01 | ACRILONITRILO                                   | 5.0   |
| C.0.02 | CLORDANO  | 0.03  |
| C.0.03 | o-CRESOL  | 200.0 |
| C.0.04 | m-CRESOL  | 200.0 |
| C.0.05 | p-CRESOL  | 200.0 |
| C.0.06 | ACIDO 2,4-DICLOROFENOXIACETICO                  | 10.0  |
| C.0.07 | 2,4-DINITROTOLUENO                              | 0.13  |
| C.0.08 | ENDRIN  | 0.02  |
| C.0.09 | HEPTACLORO (Y SU EPOXIDO)                       | 0.008 |
| C.0.10 | HEXACLOROETANO                                  | 3.0   |
| C.0.11 | LINDANO   | 0.4   |
| C.0.12 | METOXICLORO                                     | 10.0  |
| C.0.13 | NITROBENCENO                                    | 2.0   |
| C.0.14 | PENTAFLOROFENOL                                 | 100.0 |
| C.0.15 | 2,3,4,6-TETRAFLOROFENOL                         | 1.5   |
| C.0.16 | TOXAFENO (CANFENOCLORADO TÉCNICO)               | 0.5   |
| C.0.17 | 2,4,5-TRICLOROFENOL                             | 400.0 |
| C.0.18 | 2,4,6-TRICLOROFENOL                             | 2.0   |
| C.0.19 | ACIDO 2,4,5-TRICLORO FENOXI PROPIONICO (SILVEX) | 1.0   |

### CUADRO 5 INORGANICOS

| No. INE* | Constituyente     | mg/l   |
|----------|-------------------|--------|
| C.1.01   | ARSENICO          | 5.0    |
| C.1.02   | BARIO             | 100.00 |
| C.1.03   | CADMIO            | 1.0    |
| C.1.04   | CROMO HEXAVALENTE | 5.0    |
| C.1.05   | NIQUEL            | 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    |

\*INE: INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA

CUADRO 6: ORGANICOS VOLATILES

| No.INE  | CONSTITUYENTES             | mg/l  |
|---------|----------------------------|-------|
| C.V.01  | BENCENO                    | 0.5   |
| C.V.02  | ETER BIS (2-CLORO ETILICO) | 0.05  |
| C.V.03  | CLOROBENCENO               | 100.0 |
| C.V.04  | CLOROFORMO                 | 6.0   |
| C.V.05  | CLORURO DE METILO          | 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  |
| C.V.024 | 1,1,2-TRICLOROETANO        | 1.2   |
| C.V.025 | TRICLOROETILENO            | 0.5   |

La clasificación de sustancias basadas en las pruebas de toxicidad aguda y la frase de riesgo se ubican en el cuadro 7<sup>9</sup>

**CUADRO 7: TOXICIDAD AGUDA**

| CRITERIOS DE CLASIFICACION COMO TOXICAS   | FRASE DE RIESGO                    |
|---|------------------------------------|
| 200 <DL <sub>50</sub> < 2000 mg/Kg  | R22:Dañina si se ingiere           |
| 25 <DL <sub>50</sub> < 200 mg/Kg  | R25:Tóxica si se ingiere           |
| 50 <DL <sub>50</sub> < 400 mg/Kg  | R24:Tóxica en contacto con la piel |
| 0.25 <CL <sub>50</sub> < 1 mg/l / 1hr (aerosol)<br>0.5 <CL <sub>50</sub> < 2 mg/l / 1hr (gas) | R23:Tóxica por inhalación          |

CL<sub>50</sub>:CONCENTRACION LETAL MEDIA

### 2.2.5 INFLAMABILIDAD

Una sustancia es inflamable, cuando se quema con mucha facilidad. Para determinar la inflamabilidad de un disolvente, se utiliza el punto de ignición (flash point). Se define como la temperatura mínima, a una presión de 760 mm Hg (1013 mbr), a la cual un líquido libera vapores en concentraciones suficientes para formar una mezcla inflamable en aire.

La mezcla en presencia de una chispa o llama provoca la ignición espontánea de los vapores de la sustancia. Un incendio, no se inicia a partir del líquido inflamable, sino de sus vapores, los disolventes más volátiles son los más inflamables, entre más bajo sea su punto de ignición, más fácilmente se inflama su vapor a temperatura ambiente.

Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:<sup>7</sup>

- ❖ Es líquido y tiene punto de inflamación inferior a 60°C, medido en copa cerrada, quedando excluidos aquellos cuyo único componente inflamable sea el etanol en una concentración menor de 24%.

- ❖ No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C y 1 atmósfera de presión.
- ❖ Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que favorecen la combustión.

La clasificación de sustancias peligrosas utilizada por la NFPA, para calificar el nivel de inflamabilidad es la siguiente:

- 0 Valor para sustancias que expuestas durante 5 minutos a una temperatura de 816°C no arden.
- 1 Este valor se aplica a sustancias que tienen un punto de inflamabilidad (flash point) superior a los 93°C.
- 2 Se cataloga con este valor a sustancias que en altas temperaturas ambientales tienen su punto de inflamabilidad oscilando entre 38 y 93°C.
- 3 Valor para sustancias que pueden iniciar su combustión a casi cualquier temperatura ambiental, pero su combustión no es de tipo explosivo ni de sustancias que contienen su propio oxígeno y arden extremadamente rápido.
- 4 Valor para sustancias cuya combustión es de tipo explosiva y su punto de inflamabilidad es inferior a los 23°C.

### ***2.2.6 BIOLÓGICOS INFECCIOSOS***

Una sustancia con características biológico infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes características:<sup>7</sup>

- ❖ Cuando las sustancias o residuos contienen bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.



- ❖ Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

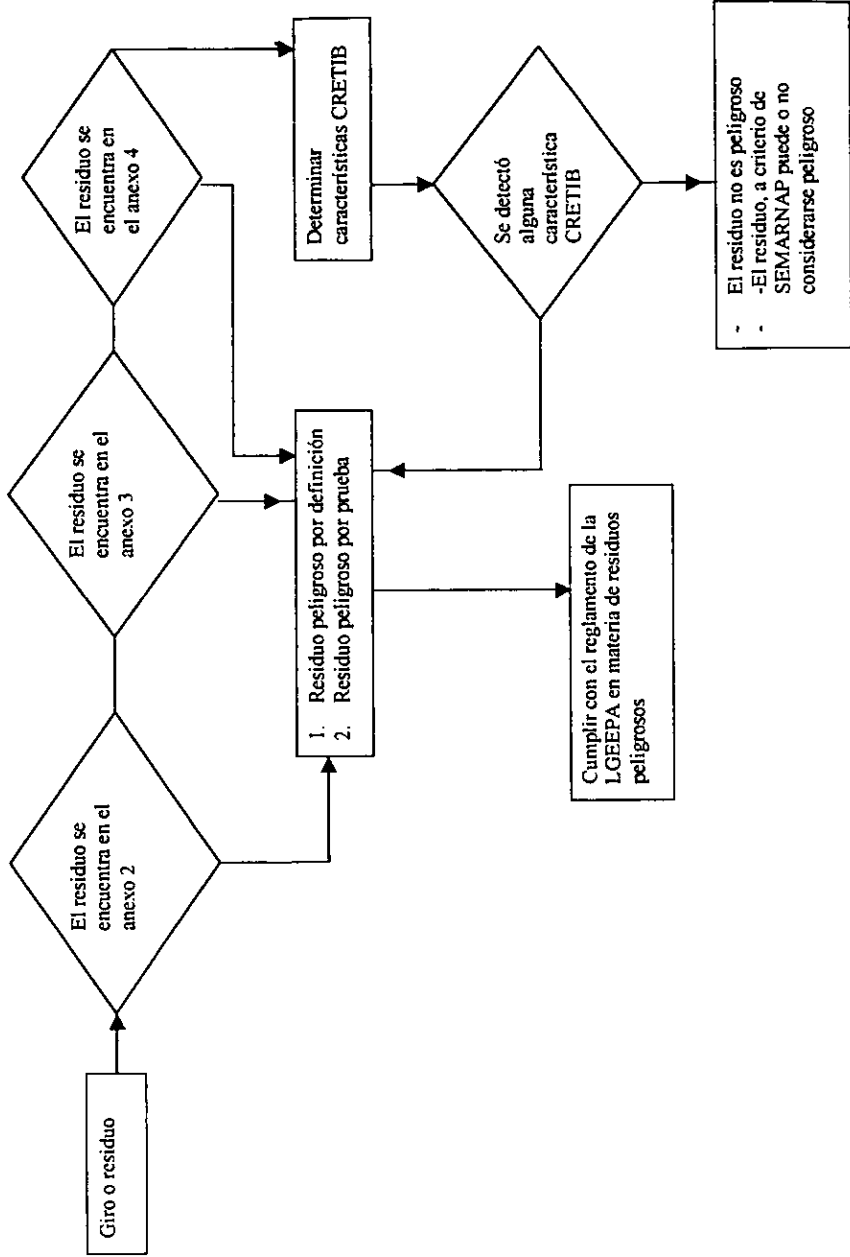
## **2.3 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA PELIGROSIDAD DE UN RESIDUO**

Los principales elementos a considerar para determinar los riesgos de los residuos y su peligrosidad son; las propiedades inherentes de las sustancias químicas que los constituyen y la exposición potencial que tiene al estar en contacto con ellos.

El procedimiento para identificar y determinar la peligrosidad es el siguiente (figura1).<sup>7</sup>

- ❖ Revisar los listados residuos peligrosos incluidos en la Norma Oficial Mexicana 052 de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y determinar si las sustancias y sus residuos están incluidos.
- ❖ Si los residuos no están en el listado, pero se conocen las características de ellos y son de peligrosidad, debe ser manifestado con los códigos del cuadro 8 y deben ser manejados conforme a las disposiciones legales vigentes.
- ❖ Si se desconoce la peligrosidad de la sustancia o el residuo, se deberá llevar a cabo un análisis de laboratorio para determinar si posee alguna o varias de las características CRETIB.
- ❖ Los residuos que no se encuentran en los listados y no tienen características de peligrosidad se consideran como no peligrosos.

FIGURA 1: METODO DE IDENTIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS <sup>7</sup>



- ❖ El generador podrá dar tratamiento a sus residuos, para eliminar su peligrosidad, pero no se deben diluir.

**CUADRO 8: CODIGOS DE PELIGROSIDAD**

| CARACTERISTICAS       |   | CODIGO INE  |
|-----------------------|---|---|
| CORROSIVIDAD          | C | P01   |
| REACTIVIDAD           | R | P02   |
| EXPLOSIVIDAD          | E | P03   |
| TOXICIDAD AL AMBIENTE | T | El correspondiente al contaminante tóxico según los listados de la Secretaria |
| INFLAMABILIDAD        | I | P04   |
| BIOLÓGICO-INFECCIOSO  | B | P05   |

## 2.4 ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

En muchos de los laboratorios de enseñanza, la eliminación de desechos no se considera un tema de importancia. Gramos y hasta kilogramos de sustancias nocivas y químicamente activas, se desechan diariamente en las tarjas y tuberías de los laboratorios, hoy en día con un medio ambiente tan deteriorado no es posible sostener esta situación.

Con el fin de evitar situaciones peligrosas, los residuos se deben recopilar de acuerdo a su compatibilidad, para un posterior análisis y tratamiento. El sistema debe permitir un eficiente manejo de los residuos generados, al considerar el uso de tablas presentes en los laboratorios donde se indique las opciones de recopilación de los desechos, en recipientes adecuados de acuerdo a su compatibilidad química y características.

Las propiedades físicas y químicas de los residuos generados, principalmente su toxicidad y reactividad, permiten una adecuada discriminación y selección, después de realizar un experimento, lo cual repercute en un mejor manejo y sobre todo en la seguridad.

Se entiende como almacenamiento, aquella acción enfocada a retener temporalmente a los residuos en un lugar acondicionado, para tal uso, debe ser práctico y seguro. Por tradición, la forma más común de almacenamiento ha sido la de guardarlos por orden alfabético, sin considerar su naturaleza química, ni su interacción nociva con los seres humanos, este método puede lograr combinaciones peligrosas al colocar un residuo junto con otro.

La clasificación es diversa, debido a que la interacción entre compuestos es directa, e implica mucho más riesgo. Después de clasificar a los residuos, se almacenan de acuerdo a su compatibilidad, reactividad y toxicidad, para su posterior tratamiento, disposición o confinamiento según sea el caso. Las recomendaciones esenciales para los almacenes se establecen en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos en general son:

- Estar separadas de otras áreas, para reducir riesgos que se puedan producir por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
- Debe tener muros de contención y fosas de retención para la captación de posibles residuos o lixiviados generados.
- Los pisos deben ser lisos y de material impermeable antiderrapante en los pasillos además deben contener canaletas que conduzcan los derrames.
- Contar con pasillos amplios que permitan el movimiento sin restricciones

- Contar con sistemas contra incendios, así como señalamiento con letreros alusivos a la peligrosidad en lugares visible.
- No rebasar la capacidad de almacenamiento.
- Cuando se trate de almacenes en áreas cerradas, no deben existir conexiones con drenaje en el piso, evitando de esta manera que fluyan los líquidos fuera del área.
- Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables, contar con ventilación y con iluminación adecuada.
- Tener un inventario actualizado de sustancias químicas, así como un registro de entrada y salida de sustancias

## **2.5 ENVASADO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Los residuos peligrosos se deben envasar en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en el Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas establecidas por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)

Los envases que contengan sustancias peligrosas de todas clases, se clasifican en los siguientes grupos:

- ❖ Grupo I.- Para sustancias muy peligrosas.
- ❖ Grupo II.- Para sustancias medianamente peligrosas.
- ❖ Grupo III.- Para sustancias poco peligrosas.

Para tener un manejo adecuado de residuos generados en los laboratorios se requiere de la siguiente información:

- Tipo de residuo
- Cantidad generada
- Características físicas y químicas

- Origen
- Ubicación (dentro y fuera de las instalaciones)
- Tipo de envasado

Los materiales más adecuados para envasar residuos peligrosos son: plástico, metal, cartón, papel y madera

La característica ideal para los envases de residuos peligrosos es la resistencia a: la compresión; la flexión; el impacto; el estallamiento; la tracción; la permeabilidad al vapor de agua, anhídrido carbónico y oxígeno; la corrosión; la perforación; la resistencia química; la vibración; la presión y temperaturas externas.

Los contenedores son los recipientes más adecuados para manejar los residuos peligrosos. El tipo de envase, se debe seleccionar de acuerdo a las siguientes características de peligrosidad; corrosivo, reactivo, explosivo, tóxicos e inflamable.

**CORROSIVO:** El tipo de envase debe ser de acero con recubrimiento interior plástico (pintura) o polietileno de alta densidad.

**REACTIVOS:** El tipo de envase puede ser de vidrio ámbar, o polietileno de alta o baja densidad.

**EXPLOSIVO:** Los materiales más adecuados pueden ser metálicos, plástico o cartón.

**INFLAMABLE:** Los materiales más adecuados pueden ser, metal, propileno y polietileno de alta densidad.

**TOXICO:** El tipo de envase puede ser metálico revestido de material impermeable (pintura).

**BIOLOGICO INFECCIOSOS:** Ampolletas de vidrio selladas al fuego, viales de vidrio con tapón de caucho, cajas y/o bolsas de cartón, plástico, recipientes de metal.

**Las ventajas que presentan estos envases son las siguientes:<sup>10</sup>**

- 1. Pueden manejar cualquier estado físico del residuo**
- 2. Se clasifican y organizan fácilmente**
- 3. Pueden ser guardados y almacenados hasta su transferencia o disposición.**

**Algunas de las desventajas que presentan pueden ser:**

- a) Se dañan fácilmente al derribarlos**
- b) Se pueden apilar y de esta manera acumularlos, lo cual puede ocasionar un sobre almacenamiento en el sitio donde se producen.**
- c) Un sobre almacenamiento dificulta la inspección adecuada en fugas o derrames**

**Entre los distintos tipos de contenedores se tiene: Bidones, jerricanes, cajas, envases, compuestos y receptáculos a presión.**

**Los bidones, son receptáculos cilíndricos con tapas y fondos planos, de metal, cartón, plástico o madera contrachapada, entre ellos se tienen los de cuello cónico o piramidal, con forma de balde, no se incluyen los de sección transversal rectangular como los jerricanes ni toneles.**

**Los jerricanes (porrones) son recipientes de metal, de vidrio o de plástico, de sección transversal rectangular o poligonal.**

**El tonel de madera es un envase de madera natural de sección circular con paredes bombeadas, con duelas, fondos y provistos de aros.**

**Las cajas tienen caras rectangulares o poligonales, pueden ser construidas de metal, madera contrachapada, madera reconstituida, cartón o plástico.**

También se tienen envases compuestos y pueden ser de plástico con un elemento de protección exterior de chapa metálica, cartón, o madera contra chapada, unidos de tal manera que el receptáculo y el elemento de protección exterior formen un envase integral.

Diversas instituciones nacionales e internacionales, han establecido cierta nomenclatura para determinar la naturaleza de los envases utilizados en el manejo de sustancias peligrosas. La clave está constituida por un número y una o dos letras según sea el caso.

El número corresponde a la categoría del contenedor puede ser:

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 | Tambos bidones                 |
| 2 | Toneles                        |
| 3 | Jerricanes                     |
| 4 | Cajas                          |
| 5 | Sacos                          |
| 6 | Envases y embalajes compuestos |

Por otra parte las letras corresponden a la categoría del contenedor e indica el material que lo constituye:

|   |                      |
|---|----------------------|
| A | Acero                |
| B | Aluminio             |
| C | Madera natural       |
| D | Madera contrachapada |
| F | Madera reconstituida |
| G | Cartón               |
| H | Plástico             |
| L | Tela                 |
| M | Papel                |
| P | Vidrio o porcelana   |



Una de las ventajas de los tanques es permitir su manejo en sistemas de líneas de tubería o bandas de transporte, y ofrecen una fácil inspección para asegurarse de que no haya fugas o derrames.

Las consideraciones generales que se aplican a los envases de residuos peligrosos son las siguientes:

- 1) Los envases deben ser de buena calidad, contruidos y cerrados de tal forma que no presenten en las condiciones normales de transporte, ninguna fuga debida a cambios de temperatura, humedad o presión.
- 2) Al reutilizar el envase, se debe evitar contaminación por residuos que no se hayan eliminado y a su vez no debe haber sufrido corrosión o ningún otro daño.
- 3) Los envases incluido cierres o tapas, que estén en contacto con los residuos deben ser inertes.
- 4) El material de construcción del envase debe resistir los efectos de temperatura y vibraciones para las condiciones del transporte.
- 5) Cuando los residuos son líquidos, los recipientes no se deben llenar en su totalidad para evitar fugas o derrames, que se ocasionan al aumentar la temperatura debido a una expansión del líquido. Se recomienda la temperatura de 55°C.
- 6) En los envases compuestos por dos contenedores acoplados, los receptáculos interiores deben estar sujetos de manera que a las condiciones normales del transporte no se puedan producir roturas, pinchazos, ni fugas del contenido en los envases exteriores. Los contenedores internos que se pueden llegar a romper como loza, porcelana, vidrio, plástico, caucho vulcanizado o guadapercha, deben ir con material amortiguador adecuado y material absorbente.
- 7) La estabilidad química del envase está relacionada con el material del cual esta construido y del espesor.

- 8) El cierre de los receptáculos que contengan líquidos o disoluciones, debe ser tal que el porcentaje de líquido (agua, disolvente o flematizante) del contenido no descienda durante el transporte por debajo de los límites prescritos.
- 9) Todo envase vacío y sin limpiar que haya contenido residuos peligrosos se considera por ese solo hecho peligroso.

La mayoría de los contenedores pueden ser llenados por cualquier método disponible. La compatibilidad es el factor más importante a considerar cuando se pretende reutilizar los envases, en ocasiones se recomienda que si se desconocen las características de las sustancias previamente envasadas no se utilicen y de esta manera se evitan riesgos que pueden ocasionar accidentes fatales.

Otro aspecto a considerar y que determina la integridad de los recipientes es la compatibilidad entre residuo-contenedor, en la tabla 9 se indica la relación entre ambos.<sup>10</sup>

CUADRO 9: TIPO DE MATERIAL DE LOS CONTENEDORES

| Compuesto o características                               | Acero | PVC | Poliétileno de alta densidad | Poliétileno de baja densidad | Nylon | Hule Natural |
|---|-------|-----|------------------------------|------------------------------|-------|--------------|
| PH 2-5  |       |     |                              |                              |       |              |
| PH mayor a 8  |       |     |                              |                              |       |              |
| Productos del petróleo                                    |       |     |                              |                              |       |              |
| Hidrocarburos halogenados                                 |       |     |                              |                              |       |              |
| Soln. conteniendo NaOH                                    |       |     |                              |                              |       |              |
| Soln. conteniendo iones CN <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> |       |     |                              |                              |       |              |
| Intemperización   |       |     |                              |                              |       |              |
| Solventes oxigenados                                      |       |     |                              |                              |       |              |

☐ INCOMPATIBLE

☐ COMPATIBLE

## 2.6 ETIQUETADO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Otro aspecto a considerar, son las etiquetas de los envases. Una etiqueta es un espacio limitado en el cual, se debe seleccionar muy cuidadosamente la información que se requiere poner al alcance del usuario y permita un manejo seguro de los residuos peligrosos generados en los laboratorios.

Uno de los primeros elementos a considerar en la información de una etiqueta son, las propiedades inherentes físicas y químicas de las sustancias que integran a los residuos, el segundo elemento es la exposición potencial en virtud a su manejo, lo que permite caracterizar sus riesgos.

Todos los contenedores que contengan residuos peligrosos, destinados a su almacenamiento, o transporte deben ser claramente etiquetados con la siguiente información:<sup>11</sup>

- El tipo de residuo.
- Peligrosidad (clave CRETIB)
- Estado físico
- Condiciones de manejo
- Advertencias específicas
- Equipo de seguridad
- Especificar las acciones a tomar en caso de derrame, fuga, fuego, intoxicación y exposición.

Con esta información el usuario, establece un panorama general, que permite clasificar a los residuos con relación a su peligrosidad. La etiqueta debe estar fija, en un lugar visible, impresa, en idioma español y de tamaño adecuado, el material del cual está fabricada tiene que ser durable e impermeable.

Para fines prácticos en el manejo adecuado de los residuos peligrosos, se puede considerar de manera interna el código de colores y números (sistema NFPA), llamado "Rombo de Seguridad", que permite la identificación de sustancias peligrosas de acuerdo al riesgo latente

***ROJO: RIESGO DE INCENDIO***

- 0 NO SE QUEMA
- 1 COMBUSTIBLE SI SE CALIENTA
- 2 COMBUSTIBLE
- 3 INFLAMABLE
- 4 EXTREMADAMENTE INFLAMABLE

***AZUL: RIESGO A LA SALUD***

- 0 MATERIAL NORMAL
- 1 LIGERAMENTE RIESGOSO
- 2 RIESGOSO
- 3 EXTREMADAMENTE RIESGOSO
- 4 FATAL

***BLANCO: RIESGO ESPECIFICO***

- OXY OXIDANTE
- ACID ACIDO
- ALC ALCALI
- CORR CORROSIVO
- W NO USE AGUA

***AMARILLO: REACTIVIDAD***

- 0 ESTABLE
- 1 INESTABLE SI SE CALIENTA
- 2 CAMBIO QUÍMICO VIOLENTO
- 3 PUEDE DETONAR PERO REQUIERE DE UNA FUENTE DE INICIO
- 4 PUEDE DETONAR

## 2.7 COMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS

Es necesario identificar la naturaleza de los residuos que se obtienen en los laboratorios de química desde su generación, considerando la diversidad de posibles combinaciones, con el fin de determinar su peligrosidad y la compatibilidad que existe entre ellos. Las consecuencias de reacción potencial están basadas en reacciones químicas puras, solamente a temperatura y presión ambiental

La combinación binaria de diversos grupos reactivos y las consecuencias pueden ser; generación de calor, fuego, formación de gases no flamables, tóxicos, inflamables; explosiones; polimerización violenta; solubilización de sustancias tóxicas, etc.

El cuadro 10 se considera como una guía básica para las combinaciones binarias de diversos grupos reactivos y de las consecuencias que se llegan a producir por las reacciones entre ellos (NOM-054-ECOL/1993) Para manejar adecuadamente este cuadro es necesario considera lo siguiente:<sup>11</sup>

En primer término las columnas del cuadro consideran a treinta y cuatro grupos de reactividad basados en sus grupos funcionales o clases químicas numerados del 1 al 34 y posteriormente siete grupos reactivos químicamente enumerados de 101 al 107.

Los números de la hilera o fila en la parte inferior equivalen a los grupos reactivos de la columna antes mencionada, dando como consecuencia la combinación binaria de cada uno de los cuarenta y un grupos con los demás de la lista.

Combinando un grupo de reactividad que se mencione en la columna, con el número de la fila correspondiente a otro material, provee la referencia

para la localización de las consecuencias potenciales de las reacciones peligrosas y de cualquier grupo de reactividad de residuos.

Los cuadros en blanco, indican que la combinación binaria es compatible. Mutuamente cualquier código de reactividad en los cuadros se indica las reacciones potenciales incompatibles que pueden resultar de la combinación de los grupos, por lo tanto se requiere tener especial cuidado en los siguientes aspectos:

1. Durante el almacenamiento se disponen junto materiales compatibles entre si.
2. Para materiales peligrosos que sean envasados en contenedores reutilizados, se requiere que el material sea compatible con el anterior.
3. Durante el transporte, carga y descarga del material, se requiere de mayor número de precauciones pues es la actividad de mayor riesgo de derrames, por lo que se debe cuidar la manera especial la compatibilidad de los materiales manejados.

El procedimiento básico para el uso del cuadro 10 es el siguiente:

**PASO 1:** Para la combinación binaria de cualquiera de los grupos de reactividad, primero se debe buscar el grupo en la columna.

**PASO 2:** Encontrar el número del segundo grupo a combinar en la fila inferior.

**PASO 3:** Encontrar la intersección del cuadro de reacción para los dos grupos de reactividad

**PASO 4:** Anotar un código o códigos de reacción escritos dentro del cuadro e identificar a que consecuencia se refiere.

**PASO 5:** Cuando no se encuentre un código en el cuadro de reacción, los dos grupos se consideran compatibles, y en el caso contrario si existe un código los grupos son incompatibles entre sí para ser mezclados o combinados.

Los códigos de reacción múltiple y las consecuencias son los siguientes.<sup>12</sup>

|          |   |
|----------|---|
| <b>C</b> | <b>Generación de calor</b>                          |
| <b>F</b> | <b>Fuego</b>  |
| <b>G</b> | <b>Generación de gases no inflamables o inocuos</b> |
| <b>T</b> | <b>Generación de gases tóxicos</b>                  |
| <b>Y</b> | <b>Generación de gases inflamables</b>              |
| <b>E</b> | <b>Explosión</b>                                    |
| <b>P</b> | <b>Polimerización violenta</b>                      |
| <b>S</b> | <b>Solubilización de sustancias Tóxicas</b>         |
| <b>D</b> | <b>Reacción posiblemente peligrosa</b>              |

A continuación se indica la lista de reactivos representativos.<sup>12</sup>

1. **Acidos minerales no oxidantes**
2. **Acidos minerales oxidantes**
3. **Acidos orgánicos**
4. **Alcoholes y glicoles**
5. **Aldehidos**
6. **Amidas**
7. **Aminas alifáticas y aromáticas**
8. **Compuestos azo y diazo-compuestos, hidracinas**
9. **Carbamatos**
10. **Cáusticos**
11. **Cianuros**
12. **Ditiocarbamatos**

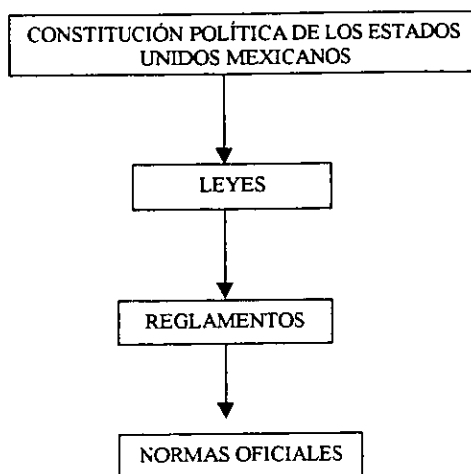
13. Esteres
14. Fluoruros inorgánicos
15. Hidrocarburos aromáticos
16. Sales orgánicas halogenadas
17. Isocianatos
18. Cetonas
19. Mercaptanos y otros sulfuros
20. Orgánicos
21. Metales alcalinos y alcalinoterreos elementales y aleaciones
22. Metales y aleaciones en forma de talco, vapores y partículas
23. Metales elementales y aleaciones en forma de láminas, varillas y molduras
24. Metales y compuestos metálicos tóxicos
25. Nitruros
26. Nitrilos
27. Compuestos orgánicos nitrados
28. Hidrocarburos alifáticos insaturados
29. Hidrocarburos alifáticos saturados
30. Peróxidos e hidroperóxidos orgánicos
31. Fenoles y cresoles
32. Organofosfatos, fosfotioatos y fosfoditiocatos
33. Sulfatos inorgánicos
34. Epóxidos
101. Combustibles y materiales inflamables
102. Explosivos
103. Compuestos polimerizables
104. Agentes oxidantes fuertes
105. Agentes reductores fuertes
106. Agua y mezclas conteniendo agua
107. Sustancias reactivas al agua





## 2.8 NORMATIVIDAD

La base del sistema jurídico mexicano se encuentra en la “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos” de esta norma fundamental promulgada el 5 de febrero de 1917 y reformada 400 veces, se derivan de ella las normas jurídicas específicas, siguiendo la jerarquización de tal manera, que cada una es válida y fundamenta a otra inferior, y ésta a su vez da origen a otra u otras.<sup>13</sup>



El diagrama nos indica que el gobierno es el responsable de regular todo lo relacionado con los residuos peligrosos, enfatizando los riesgos que conlleva su manejo, así como las implicaciones económicas y sociales; las disposiciones legales establecidas (leyes, reglamentos, y normas); los procedimientos administrativos (manifiestos, autorizaciones, permisos, licencias y registros), que definen las condiciones y las restricciones que se aplican en las diferentes etapas (recolección, almacenamiento, envasado, etiquetado, transporte y disposición final).

La legislación ambiental vigente, la Ley Orgánica de la Administración Pública y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), a través de sus dos órganos desconcentrados, el Instituto Nacional de Ecología (INE), y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), son los responsables de la regulación y control de los residuos peligrosos.<sup>14</sup>

Corresponde al INE, elaborar la política y los ordenamientos legales para regular a los residuos especiales y peligrosos, con el apoyo de las delegaciones de la SEMARNAP, En tanto la PROFEPA y sus delegaciones, vigilan el cumplimiento de la legislación ambiental.

El marco jurídico que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos está señalado en la Ley General del Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente (LGEEPA), que entró en vigor en marzo de 1988, prevé la expedición de Normas Técnicas Ecológicas (NTE's), las cuales posteriormente se derogan y se publican las Normas Oficiales Mexicanas, en las que se establecen requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deben observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de las sustancias peligrosas, que causen o puedan causar desequilibrios a los ecosistemas o al medio en general que permitan uniformar principios, preceptos, políticas y estrategias de conservación y restauración de los recursos naturales.<sup>2</sup>

En el siguiente orden jerárquico de la legislación se encuentra el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, el cual plantea procedimientos de registro e información obligatorios para todo sujeto responsable de la generación, así como los lineamientos de manejo y disposición final, importación y exportación de los mismos. Este reglamento

es de observancia en todo el territorio nacional y su aplicación compete a la Federación a través de la SEMARNAP.

En la siguiente escala del marco jurídico, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF), en 1988 y 1989, las cuales fueron derogadas y transformadas el 22 de octubre de 1993. Para fines prácticos solamente se describen las Normas más relevantes que se aplican en el presente trabajo, y son las siguientes.<sup>14</sup>

**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 laboratorios de investigación y atención médica. (DOF, 11/11/95)

**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. (DOF, 22/09/1993)

**NOM-053-ECOL-1993**, establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. (DOF, 22/09/1993)

**NOM-054-ECOL-1993**, establece el procedimiento para determinar incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993. (DOF, 22/09/1993)

Existen otras NOM's que establecen los requisitos para el diseño, construcción y operación de las obras de confinamiento controlado para residuos peligrosos. Debe existir concordancia con la LGEEPA así como las vías generales de comunicación y la de salud, con respecto a la SCT emitió

el día 7 de abril de 1993 en el DOF, el Reglamento para Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos. Además publicó las normas y manifiestos que regulan los aspectos técnicos de los residuos peligrosos.

La política nacional de residuos peligrosos acuerda prioritariamente la reducción de su generación y peligrosidad en la fuente de origen, mediante la adopción de procesos limpios. En tanto que la segunda prioridad es su reuso, reciclado, recuperación, tratamiento y disposición final, todo ello de manera ambientalmente adecuada.

Al mismo tiempo, se enfatiza la importancia de la valoración de los residuos susceptibles de reciclado o tratamiento, como una oportunidad de recuperación económica.

Otro aspecto importante a considerar son los compromisos internacionales que México ha adquirido. La Secretaria de Relaciones Exteriores, concerta y da seguimiento a los acuerdos internacionales y tratados relacionados con el manejo integral de sustancias y residuos peligrosos.

La preocupación por el deterioro del medio ambiente es compartida por diversos países en la medida en que la contaminación afecta a la salud, el bienestar y las perspectivas de desarrollo.

Es importante destacar la cooperación bilateral y multilateral de México para aprovechar los espacios y la promoción de iniciativas compartidas, y de esta manera se pueda consolidar su posición en un plano internacional.

Las acciones básicas que se plantean consisten en el seguimiento al Convenio de Basilea (22/2/1991), al Grupo de Trabajo sobre Residuos Peligrosos del Acuerdo de Paz (12/12/1986), a los compromisos con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE;1994),

y el ingreso al bloque comercial de reciente creación, como es el Tratado de Libre Comercio, con Canadá, Estados Unidos y México (TLC, 1994) y el Acuerdo de Cooperación Ambiental América del Norte.<sup>2</sup>

En todos los compromisos adquiridos sobre los residuos peligrosos se tiene considerado lo siguiente; manejo adecuado de las sustancias químicas y residuos; evaluaciones de los posibles riesgos; requisitos para el transporte transfronterizo; clasificación de sustancias y residuos; etiquetado y tipos de envases; programas de reducción de riesgos, legislaciones internacionales, características de los confinamientos, etc.

## CAPITULO 3

### ***IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION LOS RESIDUOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA***

La caracterización e identificación de los residuos juega un papel importante en los procesos que día a día se llevan a cabo en los laboratorios de química de instituciones educativas. El primer paso que se debe considerar en cualquier programa de control y manejo de residuos peligrosos es el de identificar el tipo de residuo, determinar sus características de peligrosidad CRETIB y por último tener un control sobre la cantidad de residuos generados. En este capítulo se da a conocer el tipo de residuos, así como la cantidad de generación aproximada por semestre

#### **3.1 FUENTES DE GENERACION**

En los laboratorios de enseñanza media superior, la identificación y eliminación de los residuos y subproductos que se generan no se considera un tema de importancia. Debido a que se trabaja en pequeña escala, se considera generalmente que la cantidad de los residuos es insignificante y que tirarlos al ambiente no causa gran contaminación; sin embargo, el volumen de residuos es muy importante y de una gran variedad, algunos de ellos se clasifican como peligrosos.

Las propiedades físicas y químicas de los residuos, principalmente su reactividad y toxicidad, son aspectos indispensables en la discriminación y elección de formas adecuadas para eliminarlos después de realizar un experimento. Debido a que la interacción entre los compuestos que se desechan es directa, se considera de alto riesgo.

## **3.2 PROCESOS DE GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LOS LABORATORIOS**

Al conocer los procesos que se realizan en los laboratorios, se puede predecir las características de los residuos que se generan. A continuación se hace una descripción breve de los procesos más comunes<sup>2</sup> que se realizan en los laboratorios de docencia e investigación en el área de química:

### ***3.2.1 ADSORCION***

Es una operación de transferencia de masa. Comprende el contacto de líquidos o gases con sólidos donde hay una separación de componentes de una mezcla líquida o gaseosa por adherencia a la superficie del sólido. Se utilizan columnas empacadas con un sólido adsorbente, donde se agrega la mezcla de líquidos, los residuos se encuentran en el fondo de la columna como lodos de adsorbente gastado y contaminado.

### ***3.2.2 CENTRIFUGACION***

La centrifugación se considera como una filtración por gravedad y consiste en separar sólidos de líquidos o líquidos inmiscibles, mediante la fuerza centrífuga, la cual incrementa la separación. La operación se efectúa en equipos llamados centrifugas y los residuos que se obtienen pueden ser sólidos o líquidos.

### ***3.2.3 CONDENSACION***

La condensación es la operación por la cual se hace pasar una sustancia en forma de vapor, al estado líquido por medio de la transferencia de calor. El equipo que se utiliza es un refrigerante (rectos, serpentín o rosario), los



residuos que se pueden generar son, sedimentos acumulados en los matraces y líquidos residuales.

### ***3.2.4 CRISTALIZACION***

Es una operación que consiste en obtener sólidos en forma cristalina a partir de una solución líquida saturada. Un cristal que se ha formado a partir de una solución es puro en sí mismo, el equipo que se utiliza se llama cristizador.

Las etapas que se realizan en una cristalización son; primero crear una solución sobresaturada y luego fomentar el crecimiento de los cristales. Las aguas madres del proceso y los líquidos residuales originados durante la limpieza del equipo representan a los residuos generados.

### ***3.2.5 DECANTACION***

Es la operación para separar líquidos de diferentes densidades, el proceso se lleva a cabo cuando los líquidos a separar reposan un largo lapso de tiempo para que se formen las diferentes fases. Se utiliza un embudo de decantación, y al abrir la llave se separa primero el líquido de menor densidad, los residuos pueden ser líquidos desechados, sólidos en suspensión o sedimentados.

### ***3.2.6.DECAPADO***

El objetivo de este proceso es eliminar la capa incrustante de óxidos u otros materiales de las superficies metálicas. Consiste en someter el material a incandescencia e inmersión en un baño de ácido sulfúrico, seguido de un baño de vapor, otro de ácido sulfúrico y por último otro baño de agua para llegar a un secado. Los residuos generados en la operación son los líquidos

residuales, ácido sulfúrico y otras sustancias, sólidos disueltos, así como lodos del proceso. Se define como lodo a residuos generados en diferentes procesos y se componen de partículas arrastradas por un líquido que sedimentan en el fondo de un recipiente.

### **3.2.7.DESTILACION**

Proceso de separación o purificación de líquidos; consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla volátil por medio de transferencia simultánea de calor y masa, aprovechando la diferencia entre las presiones de vapor de los constituyentes de la mezcla, separando o fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición.

Los tipos de destilación pueden ser; destilación por arrastre de vapor, destilación diferencial, destilación instantánea o flash y la destilación fraccionada.

En la destilación por arrastre de vapor, se emplea vapor vivo para provocar el arrastre de la sustancia volátil que se desea concentrar, esta sustancia debe ser insoluble en agua, abatiendo la temperatura de ebullición y así se evita la descomposición de algunas sustancias, como por ejemplo esencias aromáticas.

En la destilación diferencial, la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos utilizados se llaman alambiques.

La destilación fraccionada separa componentes de una mezcla líquida, incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a

contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador, el reflujo alcanza purezas elevadas en los productos destilados.

Los residuos de estas operaciones se localizan en los sedimentos o lodos, breas al fondo del recipiente de destilación, cabezas líquidas o gaseosas al inicio del proceso y las colas líquidas al terminar la destilación.

### ***3.2.8 EVAPORACION***

En esta operación es necesario dar calor a una disolución para llegar a la temperatura de ebullición del líquido y separar al sólido disuelto, el calentamiento puede ser en; vapor de agua, directamente sobre el recipiente y en canastillas eléctricas. Los posibles residuos se generan al limpiar el material usado.

### ***3.2.9 EXTRACCION***

Hay dos tipos de extracción; líquido-sólido y líquido-líquido. La extracción líquido-sólido, consiste en tratar un sólido que está formado por dos o más sustancias con disolventes, que disuelve perfectamente uno de los dos sólidos que recibe el nombre de soluto. Esta operación también recibe el nombre de lixiviación (extrae sustancias inorgánicas), percolación (extracción con disolventes calientes o a punto de ebullición. El equipo empleado se llama extractor, lixivador o percolador.

En el procedimiento, se agrega disolvente en exceso para evitar que la solución se sature y se agita. Los residuos son lodos que contiene el recipiente donde se efectúa la operación que contiene sólidos y disolvente. En la extracción líquido-líquido; se coloca una mezcla líquida en contacto con un segundo líquido miscible, que selectivamente extrae uno o más de los componentes de la mezcla. Se emplea en la purificación de disolventes,

en obtención de productos que contienen azufre y en la obtención de ceras parafínicas.

El líquido que se emplea debe ser insoluble para los componentes primordiales. Después de poner en contacto el disolvente y la mezcla, se obtienen dos fases líquidas que reciben el nombre de extracto y refinado y se separan por decantación. Los lodos acumulados en el fondo del decantador son los residuos.

### ***3.2.10 FILTRACION***

Consiste en la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta, el medio filtrante deberá seleccionarse en primer término por su capacidad para retener sin obstrucción y sin derrame de partículas al iniciar el proceso. Los residuos dependen del producto deseado y pueden ser sólidos o líquido.

### ***3.2.11 INTERCAMBIO IONICO***

El intercambio iónico, consiste en llevar a cabo reacciones químicas de sustitución entre un electrolito en solución y un electrolito insoluble con el cual se pone en contacto la solución, este procedimiento es muy parecido al proceso de adsorción, el residuo principal es la solución agotada y el lodo sedimentado.

### ***3.2.12 REACCION***

La reacción química es una operación que interviene en casi todos los procesos químicos para obtener productos diferentes a las sustancias que

inician el proceso. El reactor es el equipo que se emplea, pueden ser recipientes de metal o vidrio.

Algunas reacciones necesitan de un catalizador para llevarse a cabo. Los catalizadores son sustancias que tienen el efecto de aumentar o disminuir la velocidad de reacción química, según sea el caso, sin sufrir un cambio químico.

Los catalizadores normalmente quedan impregnados con las materias primas que intervienen en la reacción (se envenenan, principalmente con metales). Los residuos generados pueden ser los catalizadores gastados, sedimentos formados y excesos de reactivos

### **3.2.13 SEDIMENTACION**

La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de partículas sólidas suspendidas en un líquido. Generalmente se forman sólidos sedimentables y líquidos residuales

## **3.3 RESIDUOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS Y CARACTERISTICAS**

Las características de los residuos que se generan en los laboratorios se pueden predecir mediante las propiedades físico, químicas y toxicológicas de los reactivos empleados, así como de la eficiencia del proceso utilizado para obtener los productos deseados.

Como se indicó en el capítulo anterior, el área de química cuenta con once laboratorios; cinco para docencia, cinco de investigación y uno para servicio.

En vista de lo anterior las características y cantidades de los residuos en cada tipo de laboratorio varían. Para fines prácticos en el cuadro 11 se clasifican los residuos que se generan en 22 tipos <sup>15</sup>

**CUADRO 11: CLASIFICACION DE RESIDUOS**

| CÓDIGO | TIPO DE SUSTANCIA                               | EJEMPLO                                       |
|--------|---|---|
| A      | Metales Alcalinos                               | Sodio   |
| B      | Aminas Aromáticas                               | Anilina                                       |
| C      | Sustancias Precipitadas por Ca <sup>2+</sup>    | HF  |
| D      | Disulfuro de Carbono                            |   |
| E      | Bases Fuertes y Débiles                         | NaOH  |
| F      | Compuestos de Plata                             | AgCl  |
| G      | Agentes Oxidantes                               | KMnO <sub>4</sub>                             |
| H      | Agentes Reductores                              | Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| I      | Cianuros  |   |
| J      | Hidrocarburos no Volátiles                      | Benceno                                       |
| K      | Peróxidos Inorgánicos                           | Agua Oxigenada                                |
| L      | Acidos Orgánicos                                | Acético                                       |
| M      | Acidos Inorgánicos                              | HCl   |
| N      | Mercurio  | HgO   |
| O      | Sales de Antimonio, Cadmio, Plomo               | Acetato de Plomo                              |
| P      | Sales de Mercurio, Cobalto, Niquel Cromo(III)** | CoCl <sub>2</sub>                             |
| Q      | Compuestos de Bario                             | BaCO <sub>3</sub>                             |
| R      | Disolventes Halogenados                         | Cloroformo                                    |
| S      | Hidrocarburos Volátiles                         | Acetona                                       |
| T      | Sustancias no Reactivas                         | NaCl  |
| U*     | Sales de Cu, Fe, Ca, Se                         | CuSO <sub>4</sub>                             |
| V*     | Biológico Infecciosos                           |   |

\*Estos códigos fueron añadidos para fines de este estudio. \*\* El cromo(III) se adiciono

El cuadro 11 servirá de referencia para clasificar el tipo de residuo generado en los laboratorios.

### 3.3.1. RESIDUOS EN LABORATORIOS DE DOCENCIA

Las asignaturas impartidas en el año 1997 fueron: química orgánica, química I, química II y química III. En las tablas 1-4 se reportan las cantidades promedio de residuos generados en cada asignatura; por

equipo de trabajo en el laboratorio (tres alumnos promedio); por grupo académico (ocho equipos) y del total de los grupos por semestre, así como los códigos de; tipo de residuo (cuadro 11) y característica CRETIB. Los datos reportados se obtienen de un inventario de residuos proporcionado por los responsables de los laboratorios en el año 1997.

TABLA 1: RESIDUOS DE QUÍMICA ORGÁNICA

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                           | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>POR EQUIPO | TOTAL POR<br>GRUPO | TOTAL EN 18<br>GRUPOS |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| E                     | Hidróxido de sodio/agua           | C,R,T            | 60ml                   | 480ml              | 8,640ml               |
|                       | Hidróxido de calcio/agua          | C,R,T            | 2ml                    | 16ml               | 288ml                 |
|                       | Hidróxido de sodio/etanol 30%     | C,R,T            | 3ml                    | 24ml               | 432ml                 |
| F                     | Cloruro de plata /agua            | -                | 2.5g                   | 20 g               | 360 g                 |
|                       | Nitrato de plata 10%/agua         | -                | 1ml                    | 8ml                | 144ml                 |
| G                     | Permanganato de potasio/agua      | T                | 5ml                    | 40ml               | 720ml                 |
| J                     | Benceno                           | I,T              | 12ml                   | 96ml               | 1,728ml               |
| K                     | Peróxido de hidrógeno             | R                | 2ml                    | 16ml               | 288ml                 |
| L                     | Vinagre                           | C,R              | 20ml                   | 160ml              | 2,880ml               |
|                       | Fenol /agua                       | C,T,R            | 0.5ml                  | 4ml                | 72ml                  |
|                       | Acido piróleñoso                  | C,T,I,R          | 2ml                    | 16ml               | 288ml                 |
|                       | Acido Cítrico                     | -                | 0,5ml                  | 4ml                | 72ml                  |
| M                     | Acido clorhídrico / agua          | C,T,I            | 10ml                   | 80ml               | 1,440ml               |
|                       | Fosfato diácido mono sódico 0.17M | T                | 32ml                   | 256ml              | 4,608ml               |
|                       | Fosfato ácido disódico / agua)    | T                | 32ml                   | 256ml              | 4,608ml               |
| Q                     | Carbonato de Bario                | T                | 0.5 g                  | 4 g                | 72 g                  |
|                       | Cloruro de Bario / agua           | T                | 2ml                    | 16ml               | 288ml                 |
| R                     | Cloroformo                        | T                | 2.5ml                  | 20ml               | 360ml                 |
| S                     | Acetona                           | I,T              | 1.5ml                  | 12ml               | 216ml                 |
|                       | Etanol                            | I,T              | 1ml                    | 8ml                | 144ml                 |
| T                     | Cloruro de sodio /agua            | -                | 60ml                   | 480ml              | 8,640ml               |
|                       | Cenizas (papel)                   | -                | 0.002 g                | 0.16 g             | 1.8 g                 |
|                       | Sacarosa /agua                    | -                | 10ml                   | 80ml               | 1,440ml               |
|                       | Jabón de coco                     | -                | 3g                     | 24g                | 432g                  |
|                       | Crema hidratante                  | -                | 30g                    | 240g               | 4,320g                |
| U                     | Carbonato de Calcio               | -                | 0.5 g                  | 4 g                | 72 g                  |
|                       | Cloruro Férrico /agua             | T                | 2ml                    | 16 g               | 288 g                 |

TABLA 2: RESIDUOS DE QUIMICA I

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                               | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>POR EQUIPO | TOTAL POR<br>GRUPO | TOTAL EN 44<br>GRUPOS |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| E                     | Hidróxido de magnesio/agua            | C,T              | 50ml                   | 400ml              | 17,600ml              |
| G                     | Nitrato de sodio/agua                 | R,T              | 18ml                   | 144ml              | 6,336ml               |
|                       | Nitrato de potasio/agua               | E,T              | 100ml                  | 800ml              | 35,200ml              |
| J                     | Vaselina/Benceno                      | I,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,816ml               |
|                       | Acetato de sodio/Benceno              | I,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,816ml               |
|                       | Azucar/Benceno                        | I,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,816ml               |
| M                     | Acido sulfúrico/residuos de<br>azúcar | C,T,R            | 10ml                   | 80ml               | 3,520ml               |
| O                     | Yoduro de plomo (II) /agua            | T                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
|                       | Cloruro de plomo (II) /agua           | T                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
|                       | Bromuro de plomo (II) /agua           | T                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
|                       | Fluoruro de plomo (II) /agua          | T                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
| Q                     | Sulfato de Bario /agua                | T                | 6ml                    | 48ml               | 2,112ml               |
| R                     | Cloroformo                            | T                | 2.5ml                  | 20ml               | 880ml                 |
| S                     | Etanol /agua                          | I,T              | 50ml                   | 400ml              | 17,600ml              |
|                       | Metanol                               | I,T              | 40ml                   | 320ml              | 14,080ml              |
|                       | 2-propanol                            | I,T              | 60ml                   | 480ml              | 21,120ml              |
|                       | Gasolina /agua                        | I,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,816ml               |
|                       | Gasolina /Benceno                     | I,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,816ml               |
| T                     | Glucosa /agua                         | -                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
|                       | Cenizas /agua                         | -                | 1ml                    | 8ml                | 352ml                 |
|                       | Acetato de sodio /agua                | -                | 3ml                    | 24ml               | 1,056ml               |
|                       | Sulfato de magnesio /agua             | -                | 6ml                    | 48ml               | 2,112ml               |
|                       | Cloruro de potasio /agua              | -                | 6ml                    | 48ml               | 2,112ml               |
|                       | Cloruro de sodio /agua                | -                | 18ml                   | 144ml              | 6,336ml               |
|                       | Vaselina/agua                         | -                | 8ml                    | 16ml               | 2,816ml               |
| U                     | Carbonato de Calcio                   | -                | 1g                     | 8g                 | 352g                  |
|                       | Sulfato de cobre (II)/agua            | T                | 5ml                    | 48ml               | 2,112ml               |
|                       | Oxido de calcio                       | R                | 1.5g                   | 12g                | 528g                  |



TABLA 3: RESIDUOS DE QUIMICA II

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                              | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>POR EQUIPO | TOTAL POR<br>GRUPO | TOTAL EN 36<br>GRUPOS |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| B                     | Anilina /agua                        | I,T              | 2ml                    | 18ml               | 648ml                 |
| E                     | Hidróxido de sodio /agua             | C,R,T            | 12ml                   | 96ml               | 3,456ml               |
|                       | Hidróxido de calcio /agua            | C,R,T            | 1ml                    | 8ml                | 288ml                 |
|                       | Hidróxido de zinc /agua              | C,T              | 2ml                    | 16ml               | 648ml                 |
|                       | Fosfato de sodio /agua               | T                | 5ml                    | 40ml               | 1,440ml               |
| F                     | Cloruro de plata /agua               | T                | 6ml                    | 48ml               | 1,728ml               |
| G                     | Nitrato de sodio/agua                | R,T              | 1ml                    | 8ml                | 288ml                 |
|                       | Nitrato de calcio/agua               | T,R              | 2ml                    | 16ml               | 576ml                 |
| J                     | Benceno                              | I,T              | 24ml                   | 192ml              | 6,912ml               |
|                       | Aceite vegetal/Benceno (1.5:0.5)     | -                | 2ml                    | 16ml               | 648ml                 |
| L                     | Vinagre                              | C                | 32ml                   | 256ml              | 9,216ml               |
|                       | Acido pirólefoso                     | C,T,I,R          | 2ml                    | 16ml               | 576ml                 |
|                       | Acido Acético                        | C,T,I            | 3ml                    | 24ml               | 864ml                 |
|                       | Acido fórmico                        | C,T,I            | 3ml                    | 24ml               | 864ml                 |
|                       | Acido benzoico /agua                 | I,T              | 3ml                    | 24ml               | 864ml                 |
| M                     | Acido clorhidrico / agua             | C,T,I            | 10ml                   | 80ml               | 2,880ml               |
|                       | Fosfato diácido mono sódico<br>0.17M | T                | 32ml                   | 256ml              | 9,216ml               |
|                       | Fosfato ácido disódico 0.17M         | T                | 32ml                   | 256ml              | 9,216ml               |
|                       | Acido fosfórico /agua                | C,I,T            | 10ml                   | 80ml               | 2,880ml               |
|                       | Acido sulfúrico /agua                | C,T,R            | 10ml                   | 80ml               | 2,880ml               |
| R                     | Cloroformo                           | T,I              | 1.5ml                  | 12ml               | 433ml                 |
| S                     | Acetona                              | I,T              | 4ml                    | 32 ml              | 1,152ml               |
|                       | Etanol                               | I,T              | 10 ml                  | 80ml               | 2,880ml               |
| T                     | Cloruro de sodio /agua               | -                | 13 ml                  | 104ml              | 3,744ml               |
|                       | Cenizas /agua                        | -                | 1ml                    | 8ml                | 288ml                 |
|                       | Sulfato de sodio /agua               | -                | 1ml                    | 8ml                | 288ml                 |
|                       | Acetato de sodio /agua               | -                | 1ml                    | 8ml                | 288ml                 |
| U                     | Carbonato de Calcio /agua            | -                | 2ml                    | 16ml               | 576ml                 |
|                       | Oxido de cobre (I) /agua             | T                | 3ml                    | 24ml               | 864ml                 |
|                       | Cloruro de calcio /agua              | -                | 2ml                    | 16ml               | 576ml                 |
|                       | Sulfato de cobre (II) /agua          | T                | 2ml                    | 16ml               | 576ml                 |

TABLA 4: RESIDUOS DE QUIMICA III

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                                    | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>POR EQUIPO | TOTAL POR<br>GRUPO | TOTAL EN 32<br>GRUPOS |
|-----------------------|--|------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| E                     | Hidróxido de fierro /agua                  | C,T              | 8ml                    | 64ml               | 1,088ml               |
| F                     | Espejo de plata                            | T                | -                      | -                  | -                     |
| G                     | Dicromato de potasio/agua                  | R,T              | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
|                       | Cromato de Potasio/agua                    | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
|                       | Cromato de sodio/agua                      | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
| I                     | Sulfocianuro de fierro (II)/agua           | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
|                       | Hexaciano ferroso de sodio/agua            | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
|                       | Floruro disulfocianuro de fierro (II)/agua | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
|                       | Cloruro sulfocianuro férrico /agua         | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
| L                     | Acido fórmico /agua                        | C,R              | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido fórmico/Feheling 3:1                 | C,T,IR           | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido fórmico /Tollens 3:1                 | C,T,I,R          | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido fórmico /Benedict 3:1                | C,I,T,R          | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido acético /agua                        | C,T              | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido acético /Feheling 3:1                | C,T,I,R          | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido acético /Tollens 3:1                 | C,T,I,R          | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acido acético /Benedict 3:1                | C,T,I,R          | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
| N                     | Oxido de mercurio/agua                     | T                | 1ml                    | 8ml                | 2,048ml               |
| P                     | Cloruro de cromo III/agua                  | T                | 8ml                    | 64ml               | 2,048ml               |
| S                     | Acetona /Feheling 3:1                      | I,T              | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acetona /Benedict 3:1                      | I,T              | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
|                       | Acetona /Tollens 3:1                       | I,T              | 4ml                    | 32ml               | 1,024ml               |
| T                     | Acetato de sodio /agua                     | -                | 100ml                  | 800ml              | 25,600ml              |
|                       | Glucosazona (cristales)                    | -                | -                      | -                  | -                     |
|                       | Galactosazona (cristales)                  | -                | -                      | -                  | -                     |
|                       | Lactosazona (cristales)                    | -                | -                      | -                  | -                     |
|                       | Maltosazona (cristales)                    | -                | -                      | -                  | -                     |
|                       | Xilosazona (cristales)                     | -                | -                      | -                  | -                     |
|                       | Manosafenilhidrazona (cristales)           | -                | -                      | -                  | -                     |
| U                     | Oxido de cobre (II) /agua                  | T                | 34ml                   | 272ml              | 8,702ml               |
|                       | Oxido férrico/agua                         | T                | 3ml                    | 24 ml              | 768ml                 |

### 3.3.2 RESIDUOS DE LABORATORIOS DE INVESTIGACION

#### 3.3.2.1 PRODUCTOS NATURALES

Las principales actividades que se realizan en el laboratorio de Productos Naturales son; la extracción e identificación de los principios activos de plantas que se utilizan en la medicina alternativa. En la tabla 5 se indican los residuos que se generaron en 1997, las cantidades reportadas son bimestrales y semestrales.

El primer paso del procedimiento es la molienda, seguida de la extracción con disolventes, posteriormente una cromatografía de columna separa cada fracción. Las técnicas para identificar a los componentes son; químicas y de espectroscopia.

Mediante un rotavapor, se recupera el 20% (2L de 10L), del disolvente empleado en la extracción. Estos se purifican por tratamiento químico y destilación, los residuos que se generan son; cabezas, colas y lodos.

**TABLA 5: RESIDUOS DE PRODUCTOS NATURALES**

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO              | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>BIMESTRAL | TOTAL AL<br>SEMESTRE |
|-----------------------|----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| R                     | Cloruro de metileno  | T,I              | 2 L                   | 6 L                  |
| S                     | Acetona              | I,T              | 2 L                   | 8 L                  |
|                       | Acetato de etilo     | I,T              | 2 L                   | 8 L                  |
|                       | Metanol              | I,T              | 2 L                   | 8 L                  |
|                       | n-Hexano             | I,T              | 2 L                   | 8 L                  |
| T                     | Plantas trituradas   | -                | 20Kg                  | 120Kg                |
|                       | Dióxido de manganeso | T                | 0.1Kg                 | 0.3Kg                |

Se utiliza permanganato de potasio como oxidante para purificar la acetona, y después se destila. La relación entre el permanganato de potasio y el dióxido de manganeso que se obtiene es: 2.5Kg de permanganato /0.1Kg de dióxido de manganeso.

### 3.3.2.2. FARMACOLOGIA

En el laboratorio de farmacología, se realizan bioensayos con ratas, mediante ellos se prueba la efectividad de los principios activos que se extraen de las plantas consideradas como medicinales, y que se identifican en el laboratorio de Productos Naturales.

En la tabla 6 se reportan los residuos generados en este laboratorio, al mes y por semestre del año 1997.

TABLA 6: RESIDUOS DE FARMACOLOGIA

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                                     | CODIGO<br>CRETIB | CANTIDAD<br>MENSUAL | TOTAL AL<br>SEMESTRE |
|-----------------------|---|------------------|---------------------|----------------------|
| T                     | Basura                                      |                  | 50Kg                | 100Kg                |
| V                     | Aserrin con materia fecal y orin<br>de rata | B                | 100Kg               | 600Kg                |
|                       | Ratas                                       | B                | 25                  | 75                   |
|                       | Jeringas                                    | B                | 50                  | 100                  |

La cantidad promedio de bioensayos realizados por semestre son tres cada uno utiliza 25 ratas, las enfermedades que se estudian son; Diabetes, úlcera y colesterol. Las jeringas empleadas se esterilizan y reutilizan. Con respecto a la basura, se tienen; envolturas de comida, sacos de aserrín, envases.

### 3.3.2.3 ALIMENTOS

Los temas de investigación en el laboratorio de alimentos realizados en 1997, fueron sobre queso y yoghurt. La materia prima empleada es leche, cuajo, sustitutos de grasas, gomas, saborizantes y colorantes entre otros.

En la tabla 7 se reportan los residuos que se generan en los dos procesos por semestre.

**TABLA 7: RESIDUOS DE ALIMENTOS**

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                | CODIGO<br>CRETIB | TOTAL AL<br>SEMESTRE |
|-----------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| M                     | Acido clorhidrico 0.1N | C,T,I,R          | 100ml                |
|                       | Acido sulfúrico 0.1N   | C,T,I,R          | 100ml                |
| T                     | Suero de la leche      | -                | 400L                 |
|                       | Caseina (cuajada)      | -                | 20Kg                 |

### 3.3.2.4 FITOQUÍMICA

En este laboratorio las investigaciones tienen la finalidad de identificar los componentes de las plantas que se utilizan en la medicina natural. Las técnicas empleadas para la extracción son de microescala y de espectroscopia para la identificación. En la tabla 8, se indica la cantidad de residuos por semestre.

**TABLA 8: RESIDUOS DE FITOQUÍMICA**

| CODIGO<br>(cuadro 11) | RESIDUO                       | CODIGO<br>CRETIB | TOTAL AL<br>SEMESTRE |
|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
| R                     | Cloruro de metileno           | T,I              | 2L                   |
|                       | Cloroformo                    | I,T              | 2L                   |
| S                     | Metanol                       | I,T              | 1L                   |
|                       | Etanol                        | I,T              | 1L                   |
|                       | Eter etílico                  | I,T              | 2L                   |
| T                     | Plantas o semillas trituradas | -                | 2Kg                  |

### **3.3.2.5 QUIMICA ORGANICA**

Con respecto al laboratorio de química orgánica, en el año de 1997 no generó residuos, debido a que actualmente las actividades que se realizan en él, se encuentran suspendidas de manera temporal, esto es a causa de que los dos profesores responsables del laboratorio y realizaban investigaciones tienen permiso por superación académica para obtener el grado de doctor y regresan a principios de 1999.

Sin embargo los residuos que se generaban solían ser: disolventes de hidrocarburos no volátiles, volátiles, halogenados; agentes oxidantes; compuestos de plata; ácidos orgánicos e inorgánicos entre otros

### ***3.3.3 RESIDUOS DEL LABORATORIO DE SERVICIO***

El residuo que se genera en el laboratorio de "Reparación y fabricación de material de vidrio" es polvo de vidrio, y pedazos de tubería y material de vidrio, cantidad promedio que se obtiene es un kilogramo por semestre de polvo y aproximadamente de 15-20 Kg de restos de vidrio.

En este laboratorio todo lo que se considera residuo es reutilizable para la elaboración de material que se utiliza en las prácticas de laboratorio.

## **CAPITULO 4**

### **TECNICAS DE MANEJO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Se ha observado que el número y la complejidad de los residuos peligrosos generados en los laboratorios del área de química, varía de acuerdo a las actividades que se realizan. Debido a lo anterior es de vital importancia conocer los riesgos que trae consigo el manejo de tales sustancias y permita desarrollar costumbres de protección y almacenamiento adecuado.

El presente capítulo pretende informar sobre el manejo seguro de residuos peligrosos, así como también, los tratamientos adecuados dependiendo el tipo de residuo.

#### **4.1 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Las prácticas para el manejo de los residuos peligrosos deben orientarse racionalmente, de tal forma que se privilegien las acciones de minimización y tratamiento de los residuos, sobre las orientadas a confinarlos.

De acuerdo al artículo 9° del “Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos”, se entiende por *manejo*; al conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos (LGEEPA).

Por lo anterior, a continuación se indican los principios generales del manejo correcto de los residuos peligrosos<sup>2</sup>

1. **Minimizar los riesgos a la salud**
2. **Maximizar la aceptación pública de las instalaciones para el manejo adecuado de residuos peligrosos**
3. **Minimizar los impactos ambientales**
4. **Minimizar costos**

Entre las opciones para el manejo de residuos peligrosos, existe la siguiente jerarquía para su aplicación.

- ❖ **Prevención**
- ❖ **Minimización**
- ❖ **Reciclaje y reuso**
- ❖ **Estabilización y/o destrucción**
- ❖ **Disposición final**

#### ***4.1.1 PREVENCIÓN***

La prevención de la generación de residuos es una posibilidad a considerar en la implementación de nuevos procesos o técnicas experimentales, las cuales implican una mayor eficiencia y aseguran una reducción o anulación en la cantidad obtenida.

#### ***4.1.2 MINIMIZACIÓN***

La reducción de la cantidad de residuos se alcanza normalmente por tres fases: en la primer fase se requiere de una optimización en los procesos que se realizan; aunado a una revisión y mejoramiento en el mantenimiento del equipo en general y por último la sustitución de sustancias químicas más puras de bajo costos y adecuados que generen menos desechos, y sean fáciles de identificar.



En la segunda fase, es necesario modificar el equipo con la finalidad de aumentar la eficiencia en las operaciones unitarias. En esta fase se incluyen sistemas de tratamiento biológicos y químicos. Por último en la tercer fase se necesita modificar los procesos, con el fin de establecer nuevas rutas tecnológicas, que garanticen una mayor eficiencia, así como un menor riesgo y daño ambiental.

#### ***4.1.3 RECICLAJE Y REUSO***

El reuso o recirculado simple, es una acción sencilla y práctica que permite reducir la cantidad de residuos generados. Esta técnica consiste en utilizar aquellos materiales que no han reaccionado o cualquier subproducto que sirva en algún otro proceso.

El reciclaje y la recuperación son medios muy utilizados actualmente. Los residuos al estar constituidos por una gran variedad de componentes tienen cierto potencial de recuperación de algunos de ellos, los cuales mediante un proceso de purificación se reintegran como materias primas, o son utilizados en otros procesos, como es el caso de los solventes.

Así mismo, se tiene una reducción en la cantidad de residuos que no se pueden reciclar y que son destinados a tratamiento, para su posterior disposición final.

#### ***4.1.4 ESTABILIZACION Y/O DESTRUCCION***

Antes de la disposición final de los residuos peligrosos, para los cuales no es posible aplicar la solución antes mencionada, es necesario en algunos casos someterlos a un tratamiento físico, químico o biológico, para modificar sus propiedades físico-químicas y que su disposición final sea segura.

#### **4.1.5 DISPOSICION FINAL**

El término disposición final, se define como la “Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente”(LGEEPA). Representa una alternativa para deshacerse del material que no representa utilidad económica pero sí un riesgo.

Dentro de la disposición final se tiene al confinamiento controlado, consiste en: “ La acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente”. Esta tecnología debe utilizarse después de que los residuos han sido tratados, para reducir su peligrosidad esto se logra mediante:

- ❖ Destoxificación de los residuos
- ❖ La separación y concentración de sus constituyentes peligrosos a un volumen reducido
- ❖ La estabilización y solidificación de los residuos para evitar lixiviados.

#### **4.2 TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Antes de la disposición final de los residuos mediante incineración o confinamiento subterráneo controlado, en muchas ocasiones es necesario aplicar un tratamiento físico, químico o biológico, para modificar sus propiedades fisicoquímicas y que su disposición final sea segura. Estos tratamientos se pueden clasificar de acuerdo a su finalidad en:<sup>2</sup>

- ❖ Procesos de separación de fases, potencialmente útiles en la reducción del volumen o en la recuperación de recursos

- ❖ **Procesos de separación de componentes, capaces de segregar físicamente especies iónicas o moleculares particulares contenidas en mezclas multicomponentes homogéneas.**
- ❖ **Transformación química, que permiten anular el potencial tóxico, recuperar o reducir el volumen de componentes específicos contenidos en corrientes residuales.**
- ❖ **Transformaciones químicas, debidas a la acción biológica de microorganismos.**

#### ***4.2.1 METODOS FISICOS***

**También se consideran como tratamientos mecánicos, en ellos se incluyen la separación de fases y la solidificación.**

##### **4.2.1.1 SEPARACION DE FASES**

###### ***4.2.1.1.1 DENSIDAD***

**Es el método más sencillo que se utiliza en la separación de fases por gravedad, mediante el almacenamiento prolongado en recipientes, se aplica principalmente en mezclas líquidas, que permiten la remoción de los componentes por decantación, drenado o evaporación.**

###### ***4.2.1.1.2 CARBON ACTIVADO***

**Un método más complejo es la adsorción con carbón activado, se utiliza para remover y/o recuperar componentes orgánicos y algunos inorgánicos a partir de corrientes de una sola fase. El carbón activado, incluye cualquier forma amorfa de carbón la cual ha sido tratada con el fin de incrementar la proporción área/volumen. Las superficies son generalmente no polares, los constituyentes del residuo se adsorben por vía de fuerzas**

físicas tales como las fuerzas de Van de Waals o fuerzas químicas como la quimisorción. Estas fuerzas por ser débiles permiten que el proceso sea reversible y de esta manera regenerar el carbón.

Los sistemas están compuestos por contenedores cilíndricos a presión que contienen carbón activado, la corriente a ser tratada puede fluir hacia arriba o abajo dependiendo del diseño, la configuración hacia abajo permite manejar sólidos suspendidos.

Este proceso puede ser usado para el tratamiento de residuos líquidos que contengan fenol, cresol, políesteres, orgánicos halogenados, cianuros, cromo, antimonio, bismuto, estaño, plata, mercurio, cobalto, zirconio, cloro, bromo y yodo. También se pueden controlar emisiones de hidrocarburos volátiles, sulfuros de hidrógeno, cloruros de vinilo y además oxida el sulfuro, nitrógeno y el monóxido de carbono.

Para optimizar el proceso, se recomienda dar un pretratamiento biológico y/o filtración con el fin de reducir la carga orgánica y los sólidos suspendidos en la columna de carbón. Este pretratamiento minimiza los costos de regeneración del carbón activado. La regeneración del carbón es considerada solo cuando el carbón usado excede de 1000lbs/día, cuando es menor se dispone en un confinamiento controlado, el procedimiento de regeneración restaura la capacidad de adsorción del carbón.

Los agentes químicos utilizados para la regeneración incluyen ácidos, bases y disolventes sin embargo estos lavados regenerativos han demostrado ser poco eficientes, el proceso de regeneración recomendado es mediante hornos de hogar múltiples, la pérdida de carbón mediante este procedimiento es de un 10% por cada ciclo, quedando como ceniza, se considera un proceso limpio pues se reducen los compuestos orgánicos a óxidos de carbono.

#### **4.2.1.2 SOLIDIFICACION**

Es el método más usado como tratamiento previo al confinamiento subterráneo de residuos líquidos, o semilíquidos que pueden lixivarse rápidamente y son compatibles. La solidificación permite reducir la movilidad de contaminantes, los materiales mezclados en el residuo se combinan con materiales termoplásticos, polímeros orgánicos o vitrificados. Las técnicas termoplásticas usan materiales tales como bitumen, asfalto, parafina y polietileno a altas temperaturas, conforme la mezcla se va enfriando esta solidifica.

Los polímeros orgánicos incluyen a: urea formaldehído, resinas de poliéster y cloruro de polivinilo, los cuales son mezclados con los catalizadores y residuos para formar una masa esponjosa que tiene la capacidad de atrapar los sólidos y liberar agua. La vitrificación involucra la encapsulación de los residuos con una capa de vidrio fundido, el cual solidifica conforme se va enfriando.

Las técnicas inorgánicas incluyen el cemento, la cal y el pozzolan, estos materiales se mezclan generalmente con lodos acuosos y aditivos apropiados para formar una masa sólida seca de consistencia granular, inerte, con buena resistencia mecánica que le permite un fácil manejo, reduciendo al mínimo la solubilidad en agua y como consecuencia su capacidad de lixiviación, los aditivos incluyen escorias de hornos, silicatos solubles, cenizas, etc. El tipo y dosis de silicatos depende de las características del residuo por lo que se necesitan estudios para la formulación del mismo.

En el proceso se adsorbe el líquido del residuo, la fijación química se aplica particularmente en: metales pesados, los cuales se precipitan como hidróxidos o sulfuros para estabilizarlos antes del proceso; en suelos y

lodos contaminados por compuestos orgánicos, incluyendo halogenados, aromáticos y alifáticos; fluoruros, arsenatos, amoníaco, selenio, sin embargo el proceso no tiene éxito para compuestos de bajo peso molecular tales como alcoholes, cetonas y glicoles. El residuo estabilizado requiere comúnmente disposición en confinamiento controlado

#### **4.2.2 TRATAMIENTOS QUIMICOS**

Los tratamientos químicos están destinados ya sea a la separación de elementos/componentes de mezclas peligrosas o bien a la reducción de su peligrosidad, mediante la modificación de las propiedades químicas de algunas sustancias de los residuos, por medio de reacciones químicas, entre los métodos de tienen los siguientes:

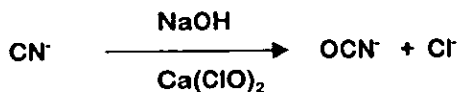
##### **4.2.2.1 OXIDACION QUIMICA**

Es un proceso electroquímico, no selectivo, donde una especie química cede electrones a otra, por lo tanto, todos los materiales susceptibles se oxidan, transformándose en iones o compuestos con características no tóxicas o de fácil manejo para subsecuentes tratamientos y/o procesos de destrucción. La oxidación se incrementa a temperaturas elevadas.

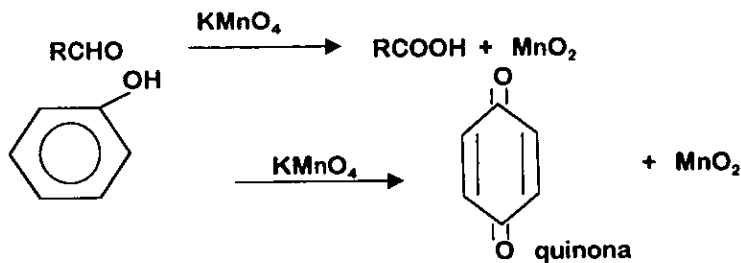
El método de oxidación se utiliza en el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos de residuos acuosos diluidos. Entre los oxidantes más comunes tenemos; permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, cloro gaseoso y ozono gaseoso.

La oxidación es un método efectivo para romper compuestos orgánicos antes de someterlos a tratamiento biológico. A continuación se mencionan ejemplos donde se aplica el método de oxidación en residuos acuosos:

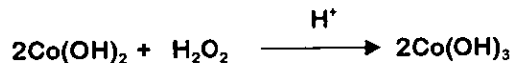
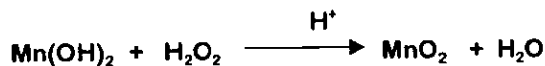
1. Residuos que contienen cianuros: para poder oxidar el ión cianuro a cianato, es necesario agregar al residuo una solución de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH mayor a 10, posteriormente se adiciona hipoclorito de calcio o sodio, el último reactivo puede sustituirse por una corriente de cloro gaseoso. Cuando las concentraciones de cianuro son demasiado altas se aplica posteriormente un tratamiento biológico.



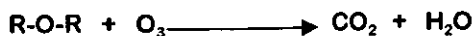
2. Residuos que contienen uno o más de los siguientes compuestos orgánicos; aldehídos, mercaptanos, fenoles y ácidos orgánicos: Se tratan con permanganato de potasio, tiene reciente aplicación en plaguicidas no clorados.



3. El peróxido de hidrógeno se usa para tratar metales que se encuentran en medio ácido, la concentración de los compuestos oxidables deberá ser menor de 1%.



4. Residuos con hidrocarburos aromáticos, éteres, compuestos carbonilo, pesticidas, compuestos nitrogenados e hidrocarburos saturados se les aplica una corriente de ozono.



La cloración alcalina en presencia de metales, produce hidróxidos, los cuales precipitan, lo que implica un nuevo tratamiento antes de la disposición final. Una oxidación parcial, genera gases tóxicos.

El exceso de oxidante produce residuos cuyo efecto es contraproducente, en algunos casos son más tóxicos que los compuestos iniciales. Cuando no se realiza la oxidación completa, el líquido (efluente) lleva estos productos lo que implica un nuevo tratamiento.

El proceso de ozonación no puede oxidar completamente a los contaminantes orgánicos a bióxido de carbono y agua, por lo que requiere de un tratamiento posterior. Los residuos obtenidos deben destruirse, ya que son dañinos a la salud, equipo y tubería.

#### 4.2.2.2 REDUCCION QUIMICA

La reducción es un proceso electroquímico no selectivo, donde un elemento de una especie química gana electrones de otra e involucra la adición de un agente reductor, el cual provoca la formación de un producto menos soluble y tóxico, de fácil manejo. Toda especie susceptible a reducirse lo hace.

La relación entre la oxidación y la reducción es simultánea esto implica que la cantidad de electrones que se pierden y ganan es equivalente. En algunos casos el tratamiento por reducción genera compuestos que necesitan destrucción química o remoción física. Los pasos generales que deben seguirse para efectuar una reducción química son:

- ❖ Ajustar el pH < 3, mediante la adición de un ácido.

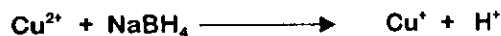
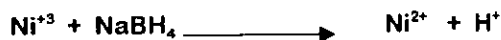
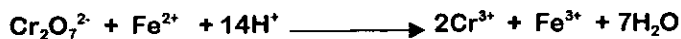


- ❖ Adicionar un agente reductor
- ❖ Mezclar
- ❖ Precipitar, si es necesario
- ❖ Neutralización
- ❖ Separación

El tiempo de reacción es variable para cada corriente de residuos, depende del agente reductor utilizado, la temperatura, el pH y la concentración.

La reducción química se aplica principalmente en residuos líquidos libres de componentes orgánicos. Entre los elementos que se reducen con el fin de controlarlos o recuperarlos se tiene: cromo hexavalente; mercurio inorgánico; soluciones con bajas concentraciones de plata, níquel, cobre y otros metales; cianuros que contienen metales y compuestos orgánicos e inorgánicos de plomo.

Entre los agentes reductores más utilizados para el cromo hexavalente se tiene: sulfito de sodio, dióxido de azufre, sales ferrosas, sales de aluminio y zinc. Para plomo, plata, níquel, cobre y mercurio el agente reductor puede ser el borohidruro cáustico de sodio ( $\text{NaBH}_4$ ).



La reducción química necesita una gran superficie de contacto para llevar a cabo la transferencia de electrones entre el agente reductor y el

constituyente peligroso. Debido a que los agentes reductores son selectivos los componentes orgánicos en las soluciones disminuyen la eficiencia en la destrucción y pueden liberar olores desagradables.

Algunos agentes reductores son expansivos, para evitar que ocurran reacciones violentas se deben mezclar cuidadosamente. La eficiencia de reducción del cromo y del mercurio es alrededor del 90%, y puede ocurrir entre 1-2 hrs. en proceso continuo, a mayor tiempo de retención mayor eficiencia.

El principal problema de la reducción química de los metales es la generación de grandes volúmenes de lodos, después de ser secados será necesario confinarlos, a pesar de que los metales cuando se convierten a hidróxidos son relativamente inertes.

#### 4.2.2.3 NEUTRALIZACION

Esta técnica involucra la combinación de un ácido o una base a una corriente de residuos peligrosos para ajustar el pH en un rango de 6 a 9, según se desee. La neutralización puede requerirse antes del tratamiento para optimizarlo o proteger el equipo, Dentro de los productos de la reacción se tienen agua, sales y sólidos precipitados.

Un residuo ácido contienen frecuentemente fierro, zinc, cobre, bario, níquel, cromo, cadmio, estaño y plomo, estos residuos son sumamente corrosivos y produce una gran cantidad de precipitados insolubles por lo tanto un mayor volumen de residuos.

Con respecto a los residuos basicos o alcalinos son más heterogéneos que los ácidos, pueden contener; hidróxidos metálicos, arcilla gastada o

catalizadores, fenolatos, naftatos, sulfonatos, cianuros, metales pesados y grasas entre otros el volumen de residuos es menor que en los ácidos.

Las bases más usadas en la neutralización son: cal, hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (sosa) e hidróxido de amonio, mientras que los ácidos más comunes son el sulfúrico, clorhídrico y nítrico.



Para neutralizar se agrega con agitación el neutralizador (ácido o base), en dosis previamente calculadas, hasta alcanzar el pH requerido, para una mayor eficiencia se recomienda realizarlo de acuerdo a las siguientes etapas.

| No. Etapas |    | Intervalo de pH                             |
|------------|----|---|
| 1          | si | 4 a 10                                      |
| 2          | si | $2 < \text{pH} < 4$ o $10 < \text{pH} < 12$ |
| >2         | si | $\text{pH} > 12$ y $\text{pH} < 2$          |

Si el proceso se realiza lentamente se pueden generar gases tóxicos de amoniaco, sulfuro de hidrógeno, cianuros de hidrógeno. Por otro lado es necesario separar los sólidos precipitados después de la neutralización mediante clarificadores o filtros.

Se requiere un tratamiento posterior para remover los metales y compuestos orgánicos suspendidos o disueltos. Si se tiene una alta concentración de sólidos disueltos se formarán complejos químicos que requerirán un tratamiento adicional como adsorción carbón, ósmosis inversa o intercambio iónico.

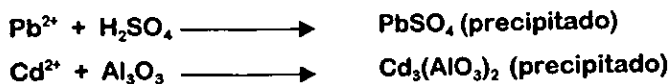
#### **4.2.2.4 PRECIPITACION QUIMICA**

Es un proceso fisicoquímico donde se altera el equilibrio químico de una reacción y se relaciona directamente con la solubilidad de los componentes inorgánicos, por medio del cual, una sustancia pasa parcial o totalmente a una fase sólida dentro de la misma solución.

Este proceso se aplica para la remoción de sólidos que contienen los siguientes metales pesados; cobre, níquel, zinc, cadmio, mercurio, manganeso, plomo y cromo, así como, materia disuelta que contenga fluoruros, sulfatos, hidróxidos, sulfuros, fosfatos y que requieren de coagulación. La floculación/coagulación es seguida de la clarificación o filtración dependiendo de la cantidad y naturaleza de los sólidos producidos, una gran cantidad de floculante favorece el uso de la clarificación, mientras que poca cantidad favorece la filtración.

La precipitación se controla con el producto de solubilidad de las especies iónicas, se favorece con un buen mezclado y adecuado tiempo de retención lo que asegura la aglomeración de las partículas. La floculación se usa para aglomerar partículas pequeñas suspendidas que no sedimentan o partículas grandes sedimentables, las cuales se separan debido a la diferencia de densidades que existen entre los sólidos y la solución.

Los agentes precipitantes comúnmente usados son la alúmina, sulfato ferroso, calcio, ácido sulfúrico, los cuales reaccionan con la alcalinidad natural que tiene el residuo (iones cobalto, bicarbonato). Como agentes floculantes se tiene; aluminio, calcio, cloruro férrico, sulfato ferroso, agentes orgánicos (los polielectrolitos, polímeros solubles en agua como la poliacrilamida), los floculantes inorgánicos como el aluminio, calcio y sales de hierro presentan reacción a la precipitación.

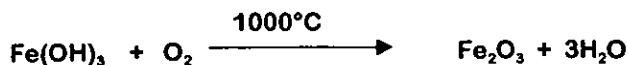
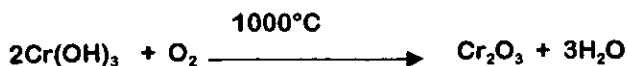
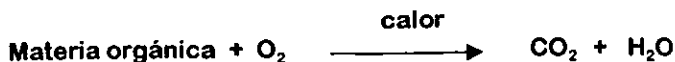


En ciertos casos, los compuestos orgánicos forman complejos organometalicos los cuales inhiben el proceso, El cianuro y otros iones presentes en los residuos, también forman complejos con metales provocando que el proceso sea menos eficiente. Si se utiliza sulfuro como agente de precipitación para el mercurio, no debe estar en exceso debido a que podría producir sulfuro de mercurio gaseoso, si esto ocurre aparecerá un color verdoso en la solución.

#### **4.2.3 TRATAMIENTO TERMICOS**

La legislación mexicana establece en LGEEPA en materia de residuos peligrosos. El artículo tercero define incineración como “ Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada”. La esencia del proceso es la oxidación de los residuos a altas temperaturas que garantice su total destrucción por combustión, en presencia de oxígeno del aire, transformándose éstos en gases de combustión emitidos a la atmósfera y en un residuo sólido incombustible, que debe ser confinado.

El proceso de incineración de residuos opera bajo condiciones adecuadas que sirve a dos propósitos importantes: destruir residuos, acompañado de una importante reducción en su volumen; y el de generar en su lugar, un residuo sólido inerte. La operación requiere de un control riguroso de las emisiones de partículas a la atmósfera, así como de subproductos de gases ácidos y tóxicos, para ello se requiere acoplar al incinerador un sistema de lavado de los gases de combustión, otro inconveniente es que se requiere de un gran volumen de residuos.



Las condiciones generales óptimas en los procesos de incineración son:

1. Alta temperatura: de 900 a 1200°C
2. Tiempo de residencia a fase gaseosa dentro del incinerador: mínimo 2 segundos, de acuerdo a la tecnología de incineración
3. Buena turbulencia, mediante un diseño del incinerador que permita rutas de quemado ciclónicas
4. 100% de exceso del oxígeno estequiométrico para la combustión

Así mismo, se considera como un proceso de disposición final aplicado a residuos que no pueden ser reciclados, reutilizados o depositados de manera segura en un sitio de confinamiento. Entre los residuos que se consideran más adecuado para este procedimiento se tienen los siguientes; biológico infecciosos, persistentes en el ambiente o resistentes a la biodegradación, volátiles y de fácil dispersión, los que tienen punto de ignición inferior a 40 °C.

A continuación se mencionan algunos ejemplos: Solventes residuales, residuos fenólicos, residuos Orgánicos que contengan halógenos, azufre, fósforo o compuestos de nitrógeno entre otros.

En la tabla 9 se indica una relación global de los residuos generados en los laboratorios del área de química de la UACH. Por otro lado, con la ayuda de los procedimientos descritos, en la tabla 10 se proponen los métodos de tratamiento y disposición final de los residuos.

**TABLA 9: TOTAL DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL AREA DE QUIMICA EN 1997**

| Clave tipo de residuo  | Residuo                                     | Clave CRETIB | Q.O    | Q. I   | Q. II  | Q. III | Prod. Nat. | Alim. | Fitoquim. | Farmaco. | TOTAL   |
|------------------------|---|--------------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|-----------|----------|---------|
| B                      | Anilina                                     | I,T          | -      | -      | 0.648L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.648L  |
| E                      | Hidróxido de sodio/agua                     | C,R,T        | 8.64L  | -      | 3.456L | -      | -          | -     | -         | -        | 12.096L |
|                        | Hidróxido de sodio/etanol 30%               | C,R,T        | 0.432L | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.432L  |
|                        | Hidróxido de calcio/agua                    | C,R,T        | 0.288L | -      | 0.288L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.576L  |
|                        | Hidróxido de magnesio/agua                  | C,T          | 17.6L  | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 17.6L   |
|                        | Hidróxido de zinc/agua                      | C,T          | -      | -      | 0.648L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.648L  |
|                        | Hidróxido de hierro/agua                    | C,T          | -      | -      | -      | 1.088L | -          | -     | -         | -        | 1.088L  |
| F                      | Fosfato de sodio/agua                       | T            | -      | -      | 1.44L  | -      | -          | -     | -         | -        | 1.44L   |
|                        | Cloruro de plata/agua                       | T            | 0.360L | -      | 1.728L | -      | -          | -     | -         | -        | 2.088L  |
|                        | Nitrato de plata 10%                        | -            | 0.144L | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.144L  |
| G                      | Espejo de plata                             | T            | -      | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | -       |
|                        | Nitrato de sodio/agua                       | T,R          | -      | 6.336L | 0.288L | -      | -          | -     | -         | -        | 6.624L  |
|                        | Nitrato de potasio/agua                     | T,R          | -      | 35.2L  | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 35.2L   |
|                        | Nitrato de calcio/agua                      | T,R          | -      | -      | 0.576L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.576L  |
|                        | Dicromato de potasio                        | T,R          | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Cromato de potasio/agua                     | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
| I                      | Cromato de sodio/agua                       | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Sulfocianuro de hierro (II)/agua            | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Hexaciano ferroso de sodio/agua             | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Fluoruro de disulfocianuro ferroso/agua     | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
| J                      | Cloruro de disulfocianuro ferrocianuro/agua | T            | -      | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Benceno                                     | I,T          | 1.728L | -      | 0.912L | -      | -          | -     | -         | -        | 2.64L   |
|                        | Vaselin/benceno                             | I,T          | -      | 2.816L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.816L  |
|                        | Acétato de sodio/benceno                    | I,T          | -      | 2.816L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.816L  |
|                        | Azúcar/benceno                              | I,T          | -      | 2.816L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.816L  |
| Aceite vegetal/benceno | I,T   | -            | 2.816L | -      | -      | -      | -          | -     | -         | 2.816L   |         |

Q.O; Química Orgánica. Q.I; Química I. Q.II; Química II. Q.III; Química III. Prod. Nat; Productos Naturales. Alim; Alimentos  
 Fitoquim; Fitoquímica. Farmaco; Farmacología. \*Clave tipo de residuo; Cuadro 11

CONTINUACION TABLA 9

| Clave tipo de residuo* | Residuo                           | Clave CRETIB | Q.O     | Q. I   | Q. II  | Q. III | Prod. Nat. | Alim. | Fitoquim. | Farmaco. | TOTAL   |
|------------------------|-----------------------------------|--------------|---------|--------|--------|--------|------------|-------|-----------|----------|---------|
| K                      | Peróxido de hidrógeno             | R            | 0.288L  | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.288L  |
| L                      | Vinagre                           | R,C          | 2.88L   | -      | 9.216L | -      | -          | -     | -         | -        | 12.096L |
|                        | Fenol/agua                        | R,C,T        | 0.072L  | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.072L  |
|                        | Ac. Piroleitoso                   | R,C,T        | 0.288L  | -      | 0.576L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.864L  |
|                        | Ac. Acético                       | R,C,T        | -       | -      | 0.864L | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Acético/Etheling              | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Acético/Benedict              | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Acético/Tollens               | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Fórmico                       | R,C,T        | -       | -      | 0.864L | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.888L  |
|                        | Ac. Fórmico/Etheling              | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Fórmico/Benedict              | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Fórmico/Tollens               | R,C,T        | -       | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L  |
|                        | Ac. Benzoi/col/agua               | C,T          | -       | -      | 0.864L | -      | -          | -     | -         | -        | 0.864L  |
| M                      | Ac. Clorhidrico/agua              | C,T,I,R      | 1.44L   | -      | 2.88L  | -      | -          | 0.2L  | -         | -        | 4.52L   |
|                        | Fosfato diácido mono sódico 0.17M | T            | 4.608L  | -      | 9.216L | -      | -          | -     | -         | -        | 13.824L |
|                        | Fosfato ácido disódico 0.17M      | T            | 4.608L  | -      | 9.216L | -      | -          | -     | -         | -        | 13.216L |
|                        | Ac. sulfúrico/agua                | C,T,R        | -       | -      | 2.88L  | -      | 0.2L       | -     | -         | -        | 3.08L   |
|                        | Ac. Sulfúrico/azúcar              | C,T,R        | -       | 3.52L  | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 3.52L   |
|                        | Ac. Fosfórico/agua                | C,T,R        | -       | -      | 2.88L  | -      | -          | -     | -         | -        | 2.88L   |
| N                      | Oxido de mercurio(I)/Vagua        | T            | -       | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
|                        | Cloruro de cromo III/agua         | T            | -       | -      | -      | 2.048L | -          | -     | -         | -        | 2.048L  |
| Q                      | Carbonato de bario                | T            | 0.072Kg | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.072Kg |
|                        | Cloruro de bario/agua             | T            | 0.288L  | -      | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 0.288L  |
|                        | Sulfato de bario/agua             | T            | -       | 2.112L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.112L  |
| R                      | Cloroforno                        | T            | 0.360L  | 0.860L | 0.433L | -      | -          | -     | -         | -        | 1.673L  |
|                        | Cloruro de metileno               | T,I          | -       | -      | -      | -      | 12L        | -     | 4L        | -        | 16L     |



CONTINUACION TABLA 9

| Clave tipo de residuo | Residuo                    | Clave CRETIB | Q.O    | Q. I   | Q. II  | Q. III | Prod. Nat. | Alim. | Fitoquim. | Farmaco. | TOTAL    |
|-----------------------|----------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|-----------|----------|----------|
|                       | Acetona                    | I, T         | 0.216l | -      | -      | -      | 16L        | -     | -         | -        | 16.2161L |
|                       | Acetona/Fehling            | I, T         | -      | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L   |
|                       | Acetona/Benedict           | I, T         | -      | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L   |
|                       | Acetona/Tollens            | I, T         | -      | -      | -      | 1.024L | -          | -     | -         | -        | 1.024L   |
|                       | Eter etilico               | I, T         | -      | -      | -      | -      | -          | -     | 4L        | -        | 4L       |
|                       | Etanol                     | I, T         | 0.144L | -      | 2.88L  | -      | -          | -     | 2L        | -        | 5.024L   |
|                       | Etanol/agua                | I, T         | -      | 17.6L  | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 17.6L    |
|                       | Metanol                    | I, T         | -      | 14.08L | -      | -      | 16L        | -     | 2L        | -        | 32.08L   |
| S                     | 2-Propanol                 | I, T         | -      | 21.12L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 21.12L   |
|                       | Gasolina/agua              | I, T         | -      | 2.816L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.816L   |
|                       | Gasolina/benceno           | I, T         | -      | 2.816L | -      | -      | -          | -     | -         | -        | 2.816L   |
|                       | n-Hexano                   | I, T         | -      | -      | -      | -      | 16L        | -     | -         | -        | 16L      |
|                       | Acetato de etilo           | I, T         | -      | -      | -      | -      | 16L        | -     | -         | -        | 16L      |
|                       | Oxido de cobre (I)/agua    | T            | -      | -      | 0.864L | 8.702L | -          | -     | -         | -        | 9.566L   |
| U                     | Sulfato de cobre (II)/agua | T            | -      | 2.112L | 0.576L | -      | -          | -     | -         | -        | 2.688L   |
|                       | Oxido de hierro (III)/agua | T            | -      | -      | -      | 0.768L | -          | -     | -         | -        | 0.768L   |
| V                     | Aserrin/materia fecal/orin | B            | -      | -      | -      | -      | -          | -     | -         | 200Kg    | 200Kg    |
|                       | Ratas                      | B            | -      | -      | -      | -      | -          | -     | -         | 150      | 150      |
|                       | Jeringas                   | B            | -      | -      | -      | -      | -          | -     | -         | 200      | 200      |

**TABLA 10 PRETRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS**

| CODIGO | TIPO DE RESIDUO                | TOTAL              | PRETRATAMIENTO SUGERIDO**  | DESTINO*  |
|--------|--------------------------------|--------------------|--|---|
| B      | Aminas Aromáticas              | 0.648L             | Precipitación y Oxidación: Adicionar ac. clorhídrico, hasta reacción total, posteriormente oxidar con una mezcla de permanganato de potasio y ac. Sulfúrico hasta destrucción completa,                      | Confinamiento controlado  |
| E      | Bases fuertes y débiles        | 33.88L             | Neutralización: con ac. clorhídrico o sulfúrico hasta un rango de pH entre 6-9, las sales de metales pesados se tratan con sulfuro de sodio, las de metales alcalinos y alcalinoterreos se diluyen con agua. | Metales pesados:<br>Confinamiento controlado. Las sales de Metales alcalinos y Alcalinoterreos, arrastre con agua al drenaje. |
| F      | Compuestos de plata            | 2.232L             | Precipitación: Adicionar ac. clorhídrico hasta pH 3, filtrar el precipitado  | Confinamiento controlado  |
| G      | Agentes oxidantes              | 65.782L            | Reducción: ajustar pH menor a 3 con ac. clorhídrico adicionar un agente reductor.  | Confinamiento controlado  |
| I      | Cianuros                       | 8.192L             | Oxidación: adicionar hidróxido de sodio hasta pH mayor de 10 e hipoclorito de sodio.   | Confinamiento controlado  |
| J      | Hidrocarburos volátiles        | 19.904L            | -  | Incineración  |
| K      | Peróxidos Inorgánicos          | 0.288L             | Dilución: con agua   | Arrastre con agua al drenaje de sales alcalinas   |
| L      | Ácidos Orgánicos               | 22.952L            | Neutralización: con bicarbonato de sodio o hidróxido de sodio la sal obtenida se filtra  | Incineración  |
| M      | Ácidos Inorgánicos             | 129.04L            | Neutralización: con hidróxido de sodio Filtración  | Arrastre con agua al drenaje  |
| N      | Mercurio                       | 2.048L             | Reducción: ajustar pH menor a 3, con ac. clorhídrico adicionar Borohidruro cáustico de sodio   | Confinamiento controlado  |
| P      | Sales de Cromo(III)            | 2.048L             | -  | Confinamiento controlado  |
| Q      | Compuestos de Bario            | 2.4L               | -  | Confinamiento controlado  |
| R      | Disolventes halogenados        | 21.673L            | -  | Incineración o Reuso (acetona)  |
| S      | Hidrocarburos volátiles        | 173.432L           | Oxidación: en el caso de la acetona con permanganato de potasio y una posterior destilación  | Incineración de disolventes y los residuos a, confinamiento controlado  |
| U      | Sales de cobre, hierro, calcio | 13.022L            | Precipitación: con sulfuro de sodio  | Confinamiento controlado  |
| V      | Biológico infecciosos          | 200Kg<br>350 pzas. | -  | Incineración  |

\* Terrence M. Richard C. A. "Laboratory and Wasted Management for Safety and Regulatory Compliance: Industrial and Hazardous Waste.

\*\*Lunn, G.; Sansone, E.; Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory; Wiley-Interscience Publication; 1994.

## CAPITULO 5

### ***MEDIDAS PREVENTIVAS PARA MINIMIZAR LA GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS***

Enseñar seguridad en los laboratorios de química, es un ejercicio que los profesores deben considerar más seriamente cada día, tanto en las medidas preventivas para la protección personal, como en el correcto manejo de residuos. Por tal motivo, es necesario estructurar un sistema de manejo de residuos peligrosos cuando estos se generen, a través de una serie de etapas subsecuentes hasta su tratamiento y disposición final, cuyas acciones de manejo y control involucra la participación de todos los sectores de la UACH.

Por lo anterior, el área de química del Departamento de Preparatoria Agrícola, dentro de las actividades que contempla en su Plan de Desarrollo 1996-2000, pretende proponer e implementar un “ Programa para el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos”. En el presente capítulo se proponen técnicas de prevención y minimización, así como también dar sugerencias y recomendaciones para un manejo seguro de los residuos peligrosos, que se generan en los laboratorios de química del área.

Los aspectos más importantes que se deben considerar en un programa de manejo adecuado de residuos peligrosos son los siguientes:

- ◆ Inventario
- ◆ Prevención
- ◆ Minimización
- ◆ Desarrollo de infraestructura
- ◆ Procedimientos

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## ◆ **Financiamiento**

### **5.1 JUSTIFICACIÓN**

La generación de residuos peligrosos en los laboratorios de instituciones educativas está fuera de un control adecuado, no existe un inventario confiable en donde se especifique la cantidad que se genera. Este hecho trae consigo la falta de estudios especializados para determinar el impacto ambiental que estos tienen en el ecosistema y los riesgos que se corren al no tener un manejo adecuado.

Todos los generadores de residuos deberían establecer un programa para manejarlos adecuadamente, considerando entre los objetivos fundamentales la prevención y minimización, con la finalidad de reducirlos en cantidad o eliminarlos desde su fuente de origen.

### **5.2. INVENTARIO DE LOS RESIDUOS**

Es necesario para tener un manejo seguro de residuos, conocer la cantidad y sus características, de esta manera será relativamente fácil proponer un método de tratamiento para un posible reuso o reciclado. Los contenedores de los residuos, en el caso del área de química serían los frascos de los reactivos previamente lavados, y previa verificación con respecto a la compatibilidad entre reactivo-residuo, se deben etiquetar con la siguiente información:

- ◆ Tipo de residuo de acuerdo a la clasificación del cuadro 11
- ◆ Cantidad o volumen recolectado por grupo académico
- ◆ Experimento que los generó
- ◆ Tratamiento previo que se realizó
- ◆ Reactividad y toxicidad de las sustancias que contiene (CRETIB)

- ◆ **Tratamiento sugerido para la recuperación de algunos de sus componentes**
- ◆ **Grupo y semestre en donde se generó**
- ◆ **Precauciones a considerar para su manejo y almacenamiento.**

**Simultáneamente el responsable de laboratorio, llevará una bitácora donde registre la cantidad de residuo que se recopilen en cada grupo, incluyendo la información antes mencionada.**

### **5.3 PREVENCIÓN**

**Cuando se requieren realizar actividades concretas para resolver el problema de la contaminación, se encuentra que hay muy pocas personas preparadas para señalar las acciones a seguir y realizarlas.**

**La capacitación del personal involucrado en la generación de residuos, permitirá un conocimiento adecuado del manejo de residuos peligrosos. Se ha observado que durante la realización de los diferentes experimentos, se generan múltiples residuos en forma simultánea, lo ideal sería no generarlos, pero esto es imposible. Debido a lo anterior lo más conveniente sería que los alumnos incorporen a su preparación los conocimientos que les permitirán identificar a los residuos y les indicaran como manejarlos con responsabilidad,**

**Estos conocimientos, incluirían técnicas y estrategias relacionadas con: la optimización de los procesos que se efectúan en los laboratorios, la minimización de residuos, el cambio de los procesos actuales a procesos no contaminantes (limpios), el reuso de residuos, la conversión de residuos tóxicos a inocuos, el tratamiento adecuado de residuos tóxicos y finalmente cuando no sea posible ninguno de los anteriores la disposición final. Todo lo anterior tendría como finalidad crear en los estudiantes, una conciencia**

ambiental, la cual llevarán consigo a su entorno y les permitirá ejercer su profesión con responsabilidad.

Como actualmente es imposible de forma inmediata efectuar todos los cambios sugeridos, es necesario plantear estrategias preventivas que nos permita a corto plazo iniciar el proceso de cambio. Dentro de las estrategias que sirven como base para elaborar un proyecto se tienen:<sup>2</sup>

- ◆ El desarrollo de una política de prevención
- ◆ La integración de la normatividad en control de agua, aire y residuos peligrosos
- ◆ Reducción de contaminantes en la fuente
- ◆ Desarrollo de un sistema de recolección y distribución de información sobre innovaciones técnicas
- ◆ Creación de la estructura administrativa para fomentar la prevención
- ◆ Establecer metas para demostrar los alcances
- ◆ Mecanismos para medir los alcances
- ◆ Establecer programas de capacitación sobre reducción de residuos peligrosos en la fuente
- ◆ Identificar instrumentos económicos.

#### **5.4 MINIMIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Se entiende como minimización de los residuos en los laboratorios, a un proceso de adopción de medidas de organización y operaciones que permitan disminuir, hasta niveles económicos y técnicamente factibles, la cantidad y peligrosidad de los subproductos generados que precisan tratamiento o confinamiento final. Esto se consigue por medio de la reducción en su origen y cuando ésta no es posible, a través de reciclaje o la recuperación de materiales secundarios.

La minimización supone ahorros importantes en costos de manejo y consumo de reactivos químicos, así como una buena práctica de calidad ambiental a través de la optimización de los procesos, resolviendo los problemas cuando se generan.

Un plan de minimización para residuos generados en los laboratorios de química, demanda el apoyo de las autoridades universitarias y de todos los responsables de los laboratorios y un convencimiento de los beneficios que se pueden obtener los cuales superan los costos iniciales.

El primer paso para elaborar un proyecto de minimización, consiste en hacer una evaluación de los costos directos asociados al manejo de los residuos peligrosos, además de los costos asociados a los riesgos y responsabilidades ambientales. Los objetivos deben ser claros, consistentes, flexibles y cuantificables, además comprensibles para todo el personal involucrado con la generación de residuos y alcanzables con los medios materiales y humanos disponibles.

El área de química debe crear dentro de su estructura un puesto técnico y administrativo responsable del programa de residuos peligrosos, dotado de autoridad suficiente y con posibilidad de obtener recursos que no estén incluidos en el presupuesto del área, que permitan acondicionar o crear la infraestructura necesaria para el manejo seguro de los residuos.

El programa de minimización debe partir también de una auditoría donde se identifiquen, caractericen y se cuantifiquen los residuos en su fuente de origen, de acuerdo a la regulación vigente, considerando los riesgos humanos y ecológicos al finalizar cada actividad experimental.

Las opciones de minimización pueden incluir la reducción en su origen, el reciclaje en el mismo proceso donde se generan, sustitución de materias

primas, modificación y eficientización de los procesos, recuperación de materiales secundarios, capacitación y entrenamiento del personal académico y administrativo involucrado en el proyecto, reuso de residuos tratados, control de inventario de reactivos y residuos, limpieza y mantenimiento del equipo.

#### **5.4.1 REDUCCION Y EFICIENTIZACION**

Es reconocido que el trabajo en los laboratorios es fundamental en la educación de los alumnos, sin embargo el alto costo de las sustancias, así como de material, su mantenimiento y compostura, obstaculiza su difusión y frecuencia. Por otro lado la demanda masiva en la educación, la crisis económica, así como la disminución de presupuesto para educación obligan a buscar alternativas para optimizar recursos y crear una cultura ambiental.<sup>2</sup>

Como se observa en el capítulo 4, los laboratorios asignados a la docencia son los que generan la mayor cantidad de residuos peligrosos, la alternativa que se sugiere para disminuirlos es emplear técnicas de microescala, en las cuales se reduce al mínimo la cantidad de sustancias químicas empleadas en los procesos experimentales y como consecuencia los subproductos y residuos generados.

Con las técnicas de microescala, se pretende enriquecer el conocimiento experimental al permitir un trabajo individual, así como también aumenta la seguridad y el manejo de los desechos al disminuir los riesgos cuando se propicia la utilización racional de recursos.

Algunas de las ventajas que se tienen al realizar técnicas de microescala son las siguientes:



- ◆ Se emplea material de fácil adquisición.
- ◆ Los costos de fabricación del material son reducidos.
- ◆ Fácil mantenimiento y reposición de material
- ◆ El gasto en la cantidad de sustancia que se utiliza es mínimo
- ◆ La exposición a materiales potencialmente tóxicos es reducida
- ◆ La calidad del aire en el laboratorio se mejora notoriamente
- ◆ La producción de desechos químicos es casi eliminada
- ◆ Los experimentos se pueden diseñar con sustancias fácilmente disponibles
- ◆ Todo lo anterior asegura una mayor eficiencia en los procesos

#### ***5.4.2 SUSTITUCION DE MATERIAS PRIMAS***

Los cursos clásicos de química en algunas instituciones educativas, utilizan experimentos que son cuestionables desde un punto de vista de la seguridad, y en ocasiones dan al estudiante un inadecuado entendimiento de la importancia que existe entre la relación teoría-práctica, así como de los riesgos que se pueden correr con un manejo inadecuado de sustancias químicas y de los residuos que se generan.

Los objetivos de un experimento la mayoría de las veces están relacionados con la comprobación de un concepto teórico y el desarrollo de habilidades. Por tal motivo, la clasificación de los experimentos es de suma importancia, y esto se logra mediante una evaluación previa que permita detectar la peligrosidad de las sustancias y de esa manera buscar alternativas de sustitución de reactivos, por sus equivalentes pero con menos toxicidad, que den resultados similares, que generen residuos menos peligrosos y fáciles de eliminar.

Otra alternativa para experimentos que presentan grandes riesgos en su desarrollo, es el uso de la informática, como herramienta de apoyo, debido

a que ha demostrado posibilidades de amplitud con los programas de simulación en desarrollo. Esto nos permitiría, motivar a los alumnos a probar de manera teórica las posibles reacciones que se pueden llevar a cabo, así como, predecir la cantidad y tipo de residuos que se generan, además mediante este procedimiento se podría sugerir las modificaciones a las técnicas experimentales.

Esta alternativa puede en un principio considerarse muy costosa por la inversión en software y hardware, sin embargo a mediano plazo se justifica por la reducción de costos tanto de equipo y sustancias químicas, así como la inexistencia de riesgos y residuos.

#### ***5.4.3 CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO***

La capacitación y entrenamiento con respecto al manejo adecuado de residuos y sustancias peligrosas, así como de la legislación vigente al respecto, es un requisito indispensable para toda persona que tenga contacto con en laboratorio. Por tal motivo dentro del proyecto de minimización se sugiere la implementar cursos de carácter obligatorio a diferentes niveles de acuerdo al grado académico del personal al que va dirigido.

Los sectores universitarios que se relacionan con actividades experimentales se pueden dividir en: académicos, administrativos y alumnos, para cada uno de ellos existen diferencias en los contenidos de los cursos propuestos, pero tienen los siguientes puntos en común:

1. Consecuencias ambientales del mal manejo de los residuos peligrosos.
2. El riesgo de accidentes químicos.
3. Los riesgos ambientales y como afectan la salud.
4. Normatividad y regulación directa revelante

5. **Infraestructura disponible para el manejo de residuos**
6. **Manejo adecuado de residuos peligrosos**
7. **Medidas de prevención de riesgos**

Con respecto a los académicos, y en particular los del área de química, tienen la capacitación profesional adecuada, pero carecen de información específica sobre el manejo de residuos y la legislación vigente que los regula, los cursos se enfocarían principalmente en estos aspectos.

El promedio de estudios de los laboratoristas, auxiliares de laboratorio y almacenistas del área de química, es nivel medio (secundaria). Por otro lado, el promedio de años de experiencia de trabajar en los laboratorios es de 15 años. Los cursos que se pretenden implementar serían básicos, pero resaltando las técnicas de recolección, características de peligrosidad y medidas preventivas para evitar riesgos de posibles accidentes.

Por último la capacitación de los alumnos consistiría en crear una cultura ambiental desde las aulas, al incluir en los programas de estudio temas relacionados con la contaminación y sus efectos en los ecosistemas, así mismo, cuando realicen actividades experimentales resaltar las medidas de seguridad en el laboratorio, así como también incluir en los manuales de prácticas; las características de peligrosidad de los reactivos, y residuos que se podrían obtener, proponiendo el tratamiento previo antes de su recolección.

Otro punto importante que debe tener un laboratorio es la información mediante carteles vistosos sobre el manejo adecuado de los residuos, especificando la forma de recolección y la ubicación de recipientes para este fin dentro del laboratorio.

#### **5.4.5 RECICLADO Y REUSO**

Después de llevar a cabo la recolección de residuos es necesario efectuar un análisis para conocer su composición química teórica y real; la teórica se determina siguiendo las reacciones que se realizan, y la real efectuando pruebas químicas. Posteriormente se clasifican en residuo inocuos y tóxicos, una vez determinada la composición y peligrosidad del residuo se procede a seleccionar que sustancias se pueden recuperar, reusar y cuales estabilizar para un posterior confinamiento. El análisis de residuos peligrosos sugerido es el siguiente:<sup>16</sup>

**Muestreo:** Se realizará en frascos color ámbar de 200 ml, previamente etiquetados indicando de donde proviene la muestra, anotando en una bitácora las características físicas más importantes de los residuos, tales como: color, olor, número de fases, viscosidad y volumen.

**Análisis en el laboratorio:** En cada una de las muestras obtenidas se le debe realizar las siguientes pruebas de identificación; peróxidos, oxidantes, halógenos, pH, solubilidad, compatibilidad. El análisis se realiza con pequeñas cantidades de muestra, con la finalidad de no correr riesgos al trabajar con volúmenes mayores.

Para motivar la participación y la conciencia ecológica de los alumnos, se sugiere se incluya en manual de prácticas algunas sesiones, de preferencia las últimas, en donde mediante técnicas sencillas de separación y purificación, se recuperen algunas de las sustancias contenidas en los residuos generados durante todo el semestre, previamente identificadas, y bajo supervisión del profesor, con la finalidad de utilizarlas en prácticas de semestres posteriores o de otras materias. En el caso de los disolventes, estos se pueden destilar para su reuso.

## **5.5 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA**

Como se menciona en la introducción, el presente estudio tiene la finalidad de servir como base para elaborar un proyecto integral universitario sobre un manejo integral de los residuos peligrosos, que permita dar servicio a los departamentos. Para poder lograrlo, un aspecto muy importante es contar con la infraestructura adecuada y con el apoyo económico de parte de las autoridades.

Es un hecho incuestionable que para crear la infraestructura que reúna las condiciones establecidas en la legislación vigente sobre el manejo de residuos peligrosos se requiere de inversiones cuantiosas. Dentro de los gastos para operación se debe considerar; la construcción y/o acondicionamiento de las áreas seleccionadas para el manejo y almacenamiento de los residuos peligrosos; compra de equipo para análisis; contenedores para el almacenamiento; recipientes para la recolección; etiquetas; material; reactivos; equipos de seguridad. etc.

Actualmente el área de química del Departamento de Preparatoria Agrícola cuenta con un laboratorio que le permitiría a corto plazo iniciar el programa de manera local, esto implica manejar a los residuos generados en sus laboratorios. Las pruebas que se podrían realizar serían; de extracción, identificación y estabilización de algunos residuos peligrosos.

Lo anterior se llevaría a cabo de manera temporal, mientras se asigna un lugar permanente que cumpla con todos los requisitos establecidos por las autoridades correspondientes. Otro aspecto que se debe considerar es el almacén donde se guardarían los residuos peligrosos, al no tener un lugar adecuado para tal fin, los anexos de los laboratorios cumplirían esta función, en espera de un lugar que cumpla todos los requerimientos.

## 5.6 FINANCIAMIENTO

La reciente crisis económica ha sido un factor determinante en la reducción del gasto federal destinado a la educación. El impacto de esta reducción se reflejó fundamentalmente en el presupuesto asignado a la Universidad Autónoma Chapingo, esto implica que los presupuestos por Departamento son menores y solo alcanza para gastos de operación, reduciendo al mínimo los gastos de inversión, por tal motivo para financiar el programa es necesario buscar apoyo en el exterior.

El problema inmediato sería el reacondicionamiento del espacio y la obtención de recursos económicos para iniciar las operaciones, los cuales deben ser independientes del presupuesto asignado al área, el cual solo cubre la parte de operación, pero la de inversión por el momento está congelada.

Existen programas nacionales y estatales que proporcionan financiamiento a proyectos productivos que reporten beneficios sociales, considero que un programa sobre el manejo de residuos peligrosos generados en los laboratorios cumpliría con los requisitos que se establecen. El presente trabajo pretende servir como base para elaborar el proyecto, y con el apoyo de las autoridades universitarias, es posible conseguir un financiamiento externo.

A corto plazo se pretende poner en marcha algunas de las sugerencias propuestas, mientras que se elabora el proyecto. Contamos con la infraestructura básica, con personal dispuesto a participar y tenemos el apoyo del jefe del Departamento de Preparatoria Agrícola.

El proyecto se pretende elaborar en el segundo semestre de 1998, y a principios de 1999, se pondrá a consideración de las autoridades

universitarias para su aprobación. Contando con el apoyo universitario se solicitará el apoyo económico externo para reestructurar y financiar el laboratorio que se designe para el trabajo, sin perder de vista que todo se alineará a los requisitos que propone la legislación ambiental vigente.

## **5.7 PROCEDIMIENTOS**

Para poder implementar en el área de química del Departamento, de Preparatoria Agrícola, el “Programa Integral para el Manejo Adecuado de los Residuos Peligrosos” se sugieren cumplir con los siguientes requisitos:

1. Elaboración del Proyecto.
2. Presentación y aprobación del proyecto ante el jefe del Departamento de Preparatoria Agrícola y el Consejo Departamental.
3. Implementación de cursos de capacitación obligatorios sobre el manejo adecuado de residuos peligrosos en los laboratorios, dirigidos a los académicos, laboratoristas, auxiliares de laboratorio, y almacenistas.
4. Revisión y modificación de programas y manuales de prácticas de las materias Química I, Química II, Química III y Química Orgánica.
5. Solicitud de manejo de residuos peligrosos ante la Dirección General de Residuos Peligrosos, Materiales y Riesgo de la SEMARNAP.
6. Solicitud de presupuesto, ante la UACH para que mediante becas estatales o de organismos particulares, se obtengan recursos que se designarían para la rehabilitación y reacondicionamiento de las áreas asignadas para almacén, y tratamiento de residuos, así como también la compra de material, equipo y reactivos.
7. Elaborar una guía básica o manual de procedimientos que determine los pasos a seguir en la recolección, almacenamiento y transporte de residuos peligrosos.

8. Promover en todos los sectores de la universidad la concientización sobre la peligrosidad de algunos residuos generados, la importancia de un manejo adecuado y el impacto que tienen en el ambiente.
9. Solicitar información sobre el transporte y confinamiento controlado de residuos peligrosos, para elegir los más calificados para las necesidades de la UACH.

Los pasos anteriores se proponen para que el programa se inicie de manera local, esto implica que a corto plazo solamente se tratarían los residuos de los laboratorios del área de química, y a largo plazo se promovería a toda los laboratorios de la UACH.

Para lograrlo se sugiere que los cursos de capacitación y los manuales de procedimientos sean promovidos a todos los sectores de la universidad, e iniciar el programa universitario, con un inventario de los residuos que se generan en los laboratorios de cada Departamento de la UACH, donde se incluyan las características principales de los residuos, composición, estado físico, producción mensual. Así como también, solicitar la información de cómo los desechan.



## CONCLUSIONES

- **Es prioritario que la UACH, cuente con un proyecto integral de manejo adecuado para los residuos peligrosos que generan sus laboratorios. El área de química es la más indicada para proponerlo e implementarlo.**
- **Los laboratorios de Química de las Instituciones Educativas deben considerarse como el lugar idóneo para buscar, conocer, analizar, y encontrar posibles soluciones a los problemas de la contaminación; así como también deben planear las formas más adecuadas para su realización.**
- **La cantidad de residuos generados en el año de 1997 en los laboratorios del área de química, demuestran que es prioritario implementar un programa integral de manejo adecuado a corto plazo, y de esta manera tratar de minimizar los efectos nocivos que se producen sobre los ecosistemas adyacentes a la universidad.**
- **El manejo, control y minimización de los residuos peligrosos, es una responsabilidad compartida por todos los sectores universitarios, sociales y gubernamentales y esto se puede lograr mediante la concientización y participación en la solución de la problemática generada por un manejo inadecuado.**
- **La optimización de los procesos experimentales y el desarrollo de criterios confiables y uniformes sobre el manejo adecuado de residuos peligrosos, deben ser prioritarios para propiciar su reducción y eliminación.**
- **Al aumentar la eficiencia de los procesos experimentales mediante técnicas en microescala, los cambios de procesos experimentales, y la**

**sustitución de sustancias químicas, se asegura una disminución en la producción de residuos generados, y en los riesgos que se corren cuando se manejan sustancias químicas,**

- La selección adecuada de las técnicas de tratamiento o estabilización de los residuos peligrosos asegura una reducción en el volumen y una menor contaminación.**
- La reutilización o reciclado de algunos subproductos o sustancias contenidas en los residuos peligrosos, permiten una recuperación económica.**
- La selección adecuada de tecnologías y técnicas para el tratamiento y manejo de residuos peligrosos, repercute favorablemente en los aspectos; económicos, de infraestructura y capacitación del personal involucrado. En un principio el costo de inversión es alto, pero a mediano plazo ésta se justifica por los beneficios ambientales, de optimización y racionalización de recursos.**
- La capacitación e Información actualizada en materia de residuos peligrosos debe ser obligatoria para todo el personal involucrado en su generación.**
- La participación activa de los estudiantes y la concientización en materia del control, manejo y minimización de residuos peligrosos, es una responsabilidad compartida por todos los sectores sociales y gubernamentales donde se incluye a las instituciones educativas.**
- Se deben establecer, programas de intercambio interinstitucionales con dependencias y universidades públicas y privadas que tienen avances o programas establecidos con respecto al manejo integral de residuos**

peligrosos, y de esta manera fortalecer el programa que se desea desarrollar.

- Dentro de este proyecto, deberá considerarse el fomento de una cultura ambiental tanto al interior como al exterior de la institución, fortaleciendo la previsión de la generación de residuos peligrosos.
- La UACH, podría constituirse como una institución de asesoría y de apoyo para la zona industrial e instituciones educativas de la región, que permitiría la generación de ingresos propios que puedan fortalecer un programa permanente de investigación sobre el manejo integral de residuos peligrosos.
- La Legislación Mexicana actual en materia de residuos peligrosos es uno de los principales mecanismos de control, que nos permite identificarlos y propone medidas preventivas para su manejo, el problema reside en que sus consideraciones están enfocadas principalmente a la industria, e indirectamente a los demás generadores, por lo tanto, es necesario incluir dentro del marco normativo el desarrollo de una normatividad específica sobre los residuos generados en los laboratorios de instituciones educativas.

## **REFERENCIAS CITADAS**

1. **INE: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 1993-1994 (1994).**
2. **INE: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000 (1996).**
3. **Cortinas, N.C.; " La situación de los residuos peligrosos en México; Rev. Ecología Industrial; Enero-Febrero 1997, pags. 2-5.**
4. **González, U.A.; Maldujano, A.E; " Diagnóstico del Plan de Desarrollo de Preparatoria Agrícola 1996-2000, Area de Química"; UACH Febrero 1997.**
5. **" Ad Hoc Workig Group of Experts on the Enviromentally Sound Managment of Hanzardous Wastes". Diciembre de 1985.**
6. **Puttinger, C.A.; Ponencia "Evaluación de riesgos ambientales de sustancias químicas"; Seminario de gestión ambiental racional de sustancias químicas desde la perspectiva industrial; INE:SEMARNAP; 10-11 Junio 1997.**
7. **NOM-052-ECOL/1993; Norma Oficial Mexicana, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos que hacen un residuos peligrosos y anexos; DOF. 22 de octubre de 1993.**
8. **Palacios, J.; Arevalo M.M; "Manejo de sustancias de alto riesgo en los laboratorios de química"; Rev. Educación Química; Abril 1991. Pags.90-93.**
9. **Buyle, B.; Ponencia " Armonización de la clasificación y etiquetado de sustancias químicas"; Seminario de gestión ambiental racional de sustancias químicas desde la perspectiva industrial; INE:SEMARNAP; 10-11 de Junio 1997.**
10. **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos; DOF. 25 de Noviembre 1988. Mex.**

11. Soto, V.F.; Obaya V.A.; Guerrero, C.; " Almacenamiento y manipulación de los residuos peligrosos"; Rev. Sociedad Química de México A.C. Vol. 40 N° 5, pag. 229.
12. NOM-054-ECOL/1993; Norma oficial mexicana que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL/1993, DOF. 22 de octubre de 1993; Mex.
13. González R.; Marco Jurídico Institucional; Recopilación de notas sobre residuos peligrosos; Curso de residuos peligrosos y riesgo ambiental; INE:SIASA. 1996 Mex.
14. Cortinas, N.C.; Ordaz Y.; " Los residuos y su legislación"; Gaceta Ecológica INE:SEMARNAP; N° 39 pags. 56-62. 1996. Mex.
15. Chamizo, J.A.; Catalá, R.M.; " Enseñar seguridad es enseñar química"; Rev. Educación Química. Julio 1993, N°4 pags. 186-189.
16. Bravo A.I; Bravo, S.V.; Cruz, G.V.; Sánchez, B.R; Velasco, S.I; "Mecanismo de recolección, análisis y disposición de residuos peligrosos en la planta piloto de la Facultad de Química de la UNAM; Rev. Educación Química. N° 7, Abril 1996, pags. 103-104. UNAM.

### ***BIBLIOGRAFIA***

- AIR CHIEF; EFIG/EMAD/OAQPS/EPA; C:D. Versión 5.0, October 1997.
- Alberty, R.A, et al; Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories; National Academy Press. USA 1983.
- Alatorre, E.W.R.; Ponencia, "Impacto al ambiente y la salud por los residuos peligrosos"; Ciclo de Conferencias de la Divulgación de la Gestión de Residuos Peligrosos. INE:SEMARNAP; Junio 1998.
- Apuntes del Diplomado de Conceptos Básicos de Control Ambiental; "Manejo de los Residuos Peligrosos"; Educación Continua, Facultad de Química UNAM, Marzo 1998.

- Barzua, M.C.; "Reutilización de residuos ácidos de cromo, una metodología aplicable en ámbitos académicos industriales"; Rev. Educación Química; V.7; N°.4; Octubre-Diciembre, 1996.
- Blumberg, A.A.; Risks and Chemical Substances; J. Chem. Educ; 71, págs. 912-918. 1994.
- Brown, T.L.; LeMay, H.E. Jr.; Bursten, B.E.; QUIMICA LA CIENCIA CENTRAL; Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1993.
- Chemistry "Safety in the High School"; special number 1988.
- Fawcett, H.H.; " Chemicals in the Classroom of Scholl Laboratory" Laboratories-Source of Knowledge and Information; cap. 13; págs. 193-221.
- Flinn Chemical catalog reference manual, Batavia, 1991.
- Freeman, H.H.; Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal; EPA, Mc. Graw-Hill, Book Company 1989.
- García, G.M.; TÉCNICAS PARA LABORATORIO DE QUÍMICA EN MICROESCALA; Ed. A.D.N. S.A. de C.V.; Fac. de Química. UNAM 1996.
- Garritz, A.; Chamizo, J.A.; QUÍMICA; Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Mex. 1994.
- González, B.S.; López, G.V.; Tesis " Contaminación del agua en la Facultad de Química y laboratorios Industriales Similares"; Facultad de Química, UNAM, 1981.
- González M.S; HISTORIA DE LA HACIENDA DE CHAPINGO; UACH:1996
- Hazardous and Industrial Solid Waste Testing and Disposal; ASTM. Publications Code Number (PCN), sixth volume.
- Hazardous Waste Management Handbook; Ed. Andrew Porteous; Reader in Engineering Mechanics, the Open University; Butterworth and Co. LTD. 1985.
- Lunn, G; Sansone, B.E.; DESTRUCTION OF HAZARDOUS CHEMICALS IN THE LABORATORY; Ed. Wiley-Interscience Publication. 1994.

- **Memorias del Seminario “La Gestión Ambiental de las Sustancias Químicas desde la Perspectiva de la Industria”;** INE:SEMARNAP, Octubre 1997.
- **Morrison, R.T; Boyd, R.N.: QUIMICA ORGANICA;** Ed. Fondo Educativo Interamericano S.A. de C.V.; 1985.
- **Nagel, C.M.; Toxic Chemicals in the High School Laboratories;** J. Chem. Educ.; 59. Págs. 1040-1041. 1982.
- **Oceguera, P.D; EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ENA\_UACH 1854-1985;** UACH 1992.
- **Papazoglou, I.A; Aneziris, O.; Bonanos, G.; Chistou, M: Socrates: a computerized toolkit for quantification on the risk from accidentals releases of toxic and/or flammables sustancias;** Int. J. Environment and Pollution; V.6. Nos 4-6, págs. 500-533; 1996.
- **Redmore F.H.; FUNDAMENTOS DE QUIMICA;** Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1996.
- **Roebuck, C.T.; Post those rules;** J.Chem. Educ.; 71 pág. 577, 1994.
- **Rugarcia, T.A.; “Innovación en la enseñanza de los laboratorios de ingeniería química”;** Rev. Soc. Quim. Mex. V. 37, N° 4, 1993.
- **Santos, E.; Ponencia “Los Residuos Industriales Peligrosos, Medio Ambiente y Salud”;** Ciclo de Conferencias de Divulgación de la Gestión de Residuos Peligrosos; INE:SEMARNAP; Junio 1988.
- **Santos, E.; Gavilán, C.I.; Korkowsky, I.; Benitez, C.; “El cuidado del ambiente dentro de la enseñanza integral de la química orgánica”;** Rev. Soc. Quim. Mex. Vol. 40 N°. 6. Noviembre-Diciembre 1996.
- **Seese, S.W.; Daub, G.W.; QUÍMICA;** Ed. Prentice Hall, Mex. 1989.
- **Soto, V.F.; Tesis “Estudio de los factores a considerar en el manejo, tratamiento y confinamiento de los residuos industriales peligrosos”;** Univ. La Salle, 1994.
- **Szafrans, Z.; Pike, R.M.; Foster, J.; Microescale general Chemistry Laboratory;** Ed. Wesley, USA 1993.

- **Varios Autores; MICROESCALA QUÍMICA GENERAL; Manual de Laboratorio; Facultad de Química. UNAM 1998.**
- **Varios Autores; QUÍMICA I; Manual de Laboratorio; Preparatoria Agrícola UACH. 1997.**
- **Varios Autores; QUÍMICA II; Manual de Laboratorio; Preparatoria Agrícola; UACH, 1997.**
- **Varios Autores; QUÍMICA III; Manual de Laboratorio; Preparatoria Agrícola; UACH, 1997.**
- **Varios Autores; QUÍMICA ORGÁNICA; Manual de Laboratorio; Preparatoria Agrícola; UACH, 1997**
- **Vite, J.; Carreño, C.; Leaching of heavy metals from wastewater Sludge using a thermostatted column; International Journal of Inveronment and Pollution. V.8, Science, Policy. Engineering Published by Intercience Enterprises LTD, UNESCO págs. 201-211, 1997.**