



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS
PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
BIOTECNOLOGÍA-UAEM**

T E S I N A
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS

P R E S E N T A:
BIÓL. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES

DIRECTOR: DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS

CUERNAVACA, MORELOS

2019

La presente Tesina se realizó gracias al apoyo económico proporcionado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), para el programa de la Especialidad en Gestión Integral de Residuos, con número de registro 854129/475287 (CVU/número de beca).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de mi familia y amigos durante este periodo.

Un agradecimiento especial a mi director de Tesina, Dr. Alexis J. Rodríguez Solís por su total apoyo durante la realización del presente trabajo. Gracias por tenerme confianza desde antes de comenzar con el proyecto, gracias por su amistad, tiempo y paciencia. ¡Gracias Doctor!

Al Maestro Enrique por sus consejos, su tiempo y su apoyo hasta el final.

A Ariadna por el tiempo dedicado, por su ayuda, por todos los favores y por hacer el proceso más fácil.

A Rubén por darme acceso a los datos y por la información. A los compañeros del CEIB que participaron en esta investigación.

Gracias Luisita por tus ánimos y por ser tan linda persona.

Agradezco a mi comité de sinodales por el tiempo dedicado a la revisión del documento y por sus comentarios a lo largo del proyecto:

Dra. Ma. Laura Ortiz Hernández

Dra. Patricia Mussali Galante

M. en MRN. Benedicta Macedo Abarca

M. en MRN. Julio César Lara Manrique

A Martitha, por tu ayuda en todo momento, por ser mi amiga y ser lo que necesitaba. Gracias por estar conmigo siempre.

A Liz, por el tiempo compartido, por la amistad y las risas.

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I. MARCO TEÓRICO.....	3
I.1. Definición y clasificación de los residuos	3
I.2. Características de los residuos peligrosos.....	4
I.3. Clasificación de los residuos peligrosos.....	8
I.4. Afectaciones ambientales derivadas del manejo inadecuado de los residuos peligrosos	8
I.5. Afectaciones a la salud humana derivadas del manejo inadecuado de los residuos peligrosos	9
I.6. Legislación ambiental en materia de residuos peligrosos	11
I.6.1. Ámbito internacional.....	11
I.6.2. Ámbito Nacional.....	12
I.6.2.1. Leyes Nacionales.....	12
I.6.2.1. Normas Oficiales Mexicanas	14
I.7. Métodos de manejo de los residuos peligrosos.....	15
I.8. Situación de los residuos peligrosos en México.....	16
I.8.1 Residuos peligrosos químicos	18
I.8.2 Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	19
Capítulo II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	23
II.1. Manejo de residuos peligrosos en instituciones educativas y de investigación en ciencias biológicas y biotecnológicas.....	23
II.2. Manejo de los residuos peligrosos en el Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)	24
II.3. Manejo de los residuos peligrosos en el CEIB.....	27
II. 4. Justificación	28
Capítulo III. OBJETIVOS	29
3.1. Objetivo general	29
3.2. Objetivos particulares.....	29
Capítulo IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR	30
IV.1. Diseño del estudio	30

IV.2. Sitio de estudio.....	30
IV.3. Seguimiento del manejo actual de los residuos peligrosos generados en el CEIB	31
IV.4. Cuantificación de los residuos peligrosos en el CEIB	31
IV.5. Aplicación de cuestionarios	31
IV.6. Análisis de información y desarrollo de la propuesta de guía para el manejo de los residuos peligrosos en el CEIB	34
Capitulo V. PRINCIPALES HALLAZGOS.....	35
V.1. Generación de Residuos Peligrosos.....	35
V.2. Resultados obtenidos del Cuestionario aplicado	37
V.3. Tablas de contingencia	45
V.4. Identificación de puntos críticos en el manejo de los residuos peligrosos en el CEIB	49
Capítulo VI. CONCLUSIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXO	60
Anexo 1. Propuesta de guía para el manejo de residuos peligrosos en el centro de investigación en biotecnología.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Límites Máximos Permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT.....	5
Tabla I.2. Generación de residuos peligrosos en México.	16
Tabla I.3. Separación y envasado de los RPBI's de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-SSA-2002.	20
Tabla V.1. Generación de residuos peligrosos por año (expresados en kg).....	35
Tabla V.2. Generación de residuos peligrosos por laboratorio.	36
Tabla V.3. Especificaciones para almacenes temporales de residuos peligrosos y estatus de cumplimiento del almacén temporal del CEIB.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Generación de residuos peligrosos reportada por empresas incorporadas al PGRP por entidad federativa. Tomada de Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. SEMARNAT. México. 2013.....	17
Figura I.2. Volumen de generación de residuos biológicos infecciosos reportado por las empresas incorporadas al PGRP por estado (SEMARNAT, 2008).	18
Figura V.1. Forma incorrecta de transportar los residuos peligrosos. Foto propia. 50	
Figura V.2. Amontonamiento de bolsas de RPBI's. Foto propia (noviembre, 2017). 51	
Figura V.3. Almacén temporal de residuos peligrosos, luce descuidado. Foto propia (noviembre, 2017).	52
Figura V.4. Almacén temporal de residuos peligrosos, sigue estando descuidado. Foto propia (noviembre, 2018).	52

RESUMEN

En las Universidades, como resultado de sus diferentes actividades académicas y de investigación, se generan diferentes corrientes de residuos, incluidos aquellos denominados como peligrosos. Al interior de estas Instituciones Educativas, las Unidades generadoras de los mismos, tienen la obligación de brindarles un manejo adecuado, de acuerdo a lo establecido con la normatividad federal vigente, lo anterior con la finalidad de evitar afectaciones al ambiente y la salud humana. En el presente trabajo se realizó un análisis de la generación y manejo de los residuos peligrosos generados en un Centro de Investigación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

El Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB) cuenta con 11 laboratorios de investigación, que, debido a sus actividades inherentes, continuamente generan diferentes residuos clasificados como peligrosos en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o como agentes biológicos-infecciosos. En el presente trabajo se evaluó la generación y manejo de los residuos peligrosos generados en el CEIB.

Como estrategia metodológica, mediante recorridos y observaciones directas, se realizó un análisis del manejo actual de los residuos peligrosos en el Centro de Investigación en Biotecnología, desde su generación, transporte, registro y almacenamiento con el fin de detectar puntos críticos y oportunidades de mejora para su manejo. Posteriormente se cuantificaron los volúmenes de residuos peligrosos generados en conjunto por todos los laboratorios del CEIB para el periodo comprendido entre los años 2012 a 2017, estos datos se obtuvieron consultando los manifiestos de generación correspondientes.

Los datos de generación de residuos peligrosos para cada laboratorio del centro, se obtuvieron de las bitácoras de registro generación. Finalmente, con el objetivo de evaluar la percepción y conocimiento de los generadores el manejo adecuado de los

residuos peligrosos se aplicó un instrumento a estudiantes, técnicos académicos y profesores investigadores adscritos a los diferentes laboratorios del CEIB.

Durante los recorridos y observaciones realizadas se detectaron inconsistencias en el manejo de los residuos peligrosos, con respecto a las especificaciones establecidas en los Criterios de Operación en el Manejo Integral de Residuos Peligrosos del reglamento de la LGPGIR. Destacando que el almacén temporal de residuos peligrosos no cuenta con todos los elementos estructurales necesarios, se observó hacinamiento y mezcla de los residuos peligrosos almacenados, se encuentra alejado del edificio actual del CEIB, así como que no existe una ruta establecida y debidamente señalada para el transporte de los residuos.

De acuerdo con la información de los manifiestos de generación, en el año 2012 se generaron 2394,1 kg; en el 2013, 2295,7 kg; en el 2014, 3949,3; en el 2015, 2883,0 kg; en el 2016; 3087,6 kg y en el 2017 la generación fue de 916,5 kg. Cabe señalar que el año 2017 presenta la menor cantidad de residuos debido a que sólo se tiene el registro de 5 meses. Estos datos indican una generación promedio de poco más de 2.5 toneladas anuales, lo que clasifica al CEIB como un pequeño generador de residuos peligrosos de acuerdo con la LGPGIR.

La encuesta se realizó a 40 personas en total, entre profesores, técnicos académicos y alumnos de todos los grados académicos que realizan sus actividades académicas en el CEIB. De acuerdo con los resultados del instrumento aplicado, se detectó una necesidad de capacitación constante sobre conceptos y medidas de seguridad para el manejo adecuado de residuos peligrosos. Finalmente se elaboró una guía práctica para el manejo adecuado de los residuos peligrosos de acuerdo a las Leyes y Normas Oficiales Mexicana aplicables, que esté al alcance de todo el personal que maneje residuos peligrosos, lo que permitirá mejorar la gestión y manejo de estos residuos, así como poner en regla el almacén temporal de residuos peligrosos.

El presente estudio, permitió determinar el volumen y tipo de los residuos peligrosos generados, así como los puntos críticos en su manejo, la información recabada a su vez permitió proponer una guía para el manejo adecuado de los mismos.

Palabras clave: Investigación, generación, manejo integral de residuos, residuos peligrosos, universidades.

ABSTRACT

In Universities, as a result of their different academic and research activities, several waste streams are generated, including those denominated as hazardous. Within these Educational Institutions, the waste generating units, have the obligation to provide them with an adequate management, in accordance with what is established with the current federal regulations, with the purpose of avoiding environmental and human health impacts. In the present work an analysis of the generation and management of hazardous waste generated in a Research Center of the Autonomous University of the State of Morelos was carried out.

The Biotechnology Research Center (CEIB, acronym in Spanish) has 11 research laboratories, which, due to their inherent activities, continuously generate different wastes classified as hazardous according to their characteristics of corrosivity, reactivity, explosivity, toxicity, flammability or as biological wastes. In the present work, the generation and management of the hazardous waste generated in the CEIB was evaluated.

As a methodological strategy, through the following of routes and direct observations, an analysis was made of the current management of hazardous waste in the Biotechnology Research Center, from its generation, transportation, registration and storage in order to detect critical points and opportunities for improvement. Subsequently, the volumes of hazardous waste generated jointly by all CEIB laboratories were quantified for the period from 2012 to 2017. These data were obtained by consulting the corresponding generation manifests.

The hazardous waste generation data for each center laboratory was obtained from the generation logbooks. Finally, with the objective of evaluating the perception and knowledge of the generators, the proper handling of hazardous waste, an instrument was applied to students, academic technicians and research professors assigned to the different CEIB laboratories.

During the following of routes and the observations carried out, inconsistencies were detected in the handling of hazardous waste, with respect to the specifications established in the Operation Criteria in the Comprehensive Management of Hazardous Waste of the LGPGIR (acronym in Spanish) regulations. Noting that the hazardous waste temporary storage facility does not have all the necessary structural elements, it was observed overcrowding and mixing of the stored hazardous waste, it is far from the current building of the CEIB, as well as that there is no established route and duly indicated for the transport of waste.

According to the information of the generation manifests, in 2012, 2394.1 kg were generated; in 2013, 2295.7 kg; in 2014, 3949.3; in 2015, 2883.0 kg; in 2016; 3087.6 kg and in 2017 the generation was 916.5 kg. It should be noted that the year 2017 presents the smallest amount of waste due to the fact that there is only a 5-month record. These data indicate an average generation of just over 2.5 tons per year, which classifies the CEIB as a small generator of hazardous waste according to the LGPGIR.

The survey was conducted to 40 people in total, including professors, academic technicians and students of all academic degrees who perform their academic activities in the CEIB. According to the results of the applied instrument, a need for constant training on concepts and safety measures for the proper management of hazardous waste was detected. Finally, a practical guide was drawn up for the adequate management of hazardous waste in accordance with the applicable Mexican Official Laws and Regulations, which is available to all personnel handling hazardous waste, which will improve the management and handling of this waste, as well as putting in order the temporary warehouse of hazardous waste.

The present study, allowed to determine the volume and type of the generated hazardous waste, as well as the critical points in its handling, the collected information in turn allowed to propose a guide for the suitable handling of the same ones.

Keywords: Research, generation, integral waste management, hazardous waste, universities.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento industrial, aunado a sistemas de producción más complejos y tecnificados, ha dado como resultado una amplia variedad de residuos provenientes principalmente de la industria petrolera, minera y manufacturera. Dentro de estos residuos industriales se encuentran los residuos peligrosos los cuales poseen características que les confieren peligrosidad (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o son biológicos-infecciosos). Sin embargo, la generación de residuos peligrosos no es exclusiva de la industria, otros establecimientos como clínicas, laboratorios de enseñanza e instituciones de investigación también los generan.

El Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB) cuenta con **11 laboratorios** de investigación que debido a sus actividades inherentes continuamente generan diferentes residuos, incluidos aquellos clasificados como peligrosos. El manejo inadecuado de los residuos peligrosos puede traer graves consecuencias ambientales y afectaciones a la salud humana. Uno de los principales problemas ambientales derivado del manejo inadecuado de sustancias peligrosas es la contaminación del agua por infiltración de lixiviados. Con respecto a la salud humana la exposición constante a ciertos contaminantes puede derivar en malformaciones fetales y el cáncer, como las más importantes.

El problema de los residuos peligrosos se ha agudizado debido a la falta de consciencia y conocimientos técnicos por parte de los generadores para su manejo y disposición adecuada. Por esto es necesario que las instituciones de investigación cuenten con programas, planes o guías, que permitan y garanticen el manejo de los residuos peligrosos que generan, estos deben estar basados en la legislación ambiental en materia de residuos y estar al alcance de los actores involucrados en su generación y manejo, incluidos el personal de intendencia, técnicos académicos, investigadores y estudiantes de los diferentes niveles.

El presente trabajo está enfocado en evaluar la generación y manejo de los residuos peligrosos generados en el CEIB durante el periodo 2012-2017, con la finalidad de identificar ineficiencias, acciones mal ejecutadas y detectar los puntos críticos en su manejo, con el objetivo de proponer una guía para el manejo adecuado de los mismos, adaptada a las características y necesidades del CEIB.

Capítulo I. MARCO TEÓRICO

I.1. Definición y clasificación de los residuos

De acuerdo con la Ley general para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), son considerados como residuos todos aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos y que pueden ser susceptibles a ser valorizados o que requieren sujetarse a tratamiento o disposición final. En función de sus características los residuos se clasifican en tres grandes grupos: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP) (LGPGIR, 2018).

Residuos Sólidos Urbanos. Son los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados de otra índole.

Residuos de Manejo Especial. Son aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados RSU o RP, o que son producidos por grandes generadores de RSU.

Residuos Peligrosos. Aquellos que poseen algunas de las características CRETIB que les confieren peligrosidad (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad o son Biológicos-infecciosos). Así como los envases, embalajes y suelos contaminados de acuerdo con lo establecido en la LGPGIR.

I.2. Características de los residuos peligrosos

Los residuos peligrosos están constituidos por diferentes elementos químicos, principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno, halógenos, azufre, nitrógeno y metales pesados. De acuerdo con su composición elemental y características fisicoquímicas los RP pueden presentar corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o ser considerados como agentes biológicos-infecciosos, en la NOM-052-SEMARNAT-2005, se establecen las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos químicos (DOF, 2006), mientras que en la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, se define la clasificación y especificaciones para el manejo de los residuos peligrosos biológico infecciosos (DOF, 2003).

De acuerdo con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005, un residuo peligroso es **corrosivo** cuando es un líquido acuoso con un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.0. Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.0. Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón a una velocidad de 6.35 mm o más por año, o a una temperatura de 328°K (55°C).

Es **reactivo** cuando es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición. Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.

Es **explosivo** cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.

Es **tóxico** cuando el extracto PECT (Procedimiento de Extracción de Constituyentes Tóxicos) contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la tabla I.1 en

una concentración mayor a los límites ahí señalados, la cual deberá obtenerse según los procedimientos que se establecen en las Normas Mexicanas correspondientes, la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos y la NOM-PA-CRP-002-93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. El extracto PECT es un lixiviado a partir del cual se determinan los constituyentes tóxicos del residuo y su concentración, con la finalidad de identificar si este es peligroso por su toxicidad al ambiente.

Tabla I.1. Límites Máximos Permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT.

No. CAS ¹	Contaminante	LMP ² (mg/L)
CONSTITUYENTES INORGANICOS (METALES)		
7440-38-2	Arsénico	5.0
7440-39-3	Bario	100.0
7440-43-9	Cadmio	1.0
7440-47-3	Cromo	5.0
7439-97-6	Mercurio	0.2
7440-22-4	Plata	5.0
7439-92-1	Plomo	5.0
7782-49-2	Selenio	1.0
CONSTITUYENTES ORGANICOS SEMIVOLATILES		
94-75-7	Acido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D)	10.0
93-72-1	Acido 2,4,5-Triclorofenoxipropiónico (Silvex)	1.0
57-74-9	Clordano	0.03
95-48-7	<i>o</i> -Cresol	200.0
108-39-4	<i>m</i> -Cresol	200.0

Continuación Tabla I.1.

No. CAS ¹	Contaminante	LMP ² (mg/L)
CONSTITUYENTES ORGANICOS SEMIVOLATILES		
106-44-5	<i>p</i> -Cresol	200.0
1319-77-3	Cresol	200.0
121-14-2	2,4-Dinitrotolueno	0.13
72-20-8	Endrín	0.02
76-44-8	Heptacloro (y su Epóxido)	0.008
67-72-1	Hexacloroetano	3.0
58-89-9	Lindano	0.4
74-43-5	Metoxicloro	10.0
98-95-3	Nitrobenceno	2.0
87-86-5	Pentaclorofenol	100.0
8001-35-2	Toxafeno	0.5
95-95-4	2,4,5-Triclorofenol	400.0
88-06-2	2,4,6-Triclorofenol	2.0
CONSTITUYENTES ORGANICOS VOLATILES		
71-43-2	Benceno	0.5
108-90-7	Clorobenceno	100.0
67-66-3	Cloroformo	6.0
75-01-4	Cloruro de Vinilo	0.2
106-46-7	1,4-Diclorobenceno	7.5
107-06-2	1,2-Dicloroetano	0.5
75-35-4	1,1-Dicloroetileno	0.7
118-74-1	Hexaclorobenceno	0.13
87-68-3	Hexaclorobutadieno	0.5

Continuación Tabla I.1.

No. CAS ¹	Contaminante	
CONSTITUYENTES ORGANICOS VOLATILES		
78-93-3	Metiletil cetona	200.0
110-86-1	Piridina	5.0
127-18-4	Tetracloroetileno	0.7
56-23-5	Tetracloruro de Carbono	0.5
79-01-6	Tricloroetileno	0.5
¹ No. CAS: Número del Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)		
² LMP: Límite Máximo Permisible		

Es **inflamable** cuando es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5°C, excluyendo soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%. Cuando no es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. Cuando es un gas que a 20°C y una presión de 101.3 kPa (1 atm), arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad. O cuando es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.

De acuerdo a lo establecido en la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, los residuos **biológico-infecciosos** son aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.

I.3. Clasificación de los residuos peligrosos

La clasificación de los residuos peligrosos se establece en Normas Oficiales Mexicanas, estas especifican la manera de determinar sus características, incluyen los listados de los mismos y fijan los límites máximos de concentración de sustancias contenidas en ellos con base en los conocimientos científicos y evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo (LGPGIR, 2018). De acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005, los residuos peligrosos se clasifican de la siguiente manera:

- Clasificación por fuente específica
- Clasificación por fuente no específica
- Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones (tóxicos agudos)
- Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones (tóxicos crónicos)
- Clasificación por tipo de residuos sujeto a condiciones particulares de manejo

El problema de los residuos peligrosos se ha agudizado por la falta de consciencia y conocimiento por parte de los generadores para disponer adecuadamente de ellos, lo que genera efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana (SEMARNAT, 2008).

I.4. Afectaciones ambientales derivadas del manejo inadecuado de los residuos peligrosos

La liberación de contaminantes al ambiente puede ocurrir en cualquiera de las fases del manejo de los mismos (generación, almacenamiento, tratamiento o disposición final). Entre las afectaciones al ambiente más importantes, se encuentra la contaminación de las aguas superficiales, constituidas principalmente por lagos, ríos, lagunas y mares, esta contaminación se produce generalmente de un modo directo (Carrizales *et al.*, 1999).

La contaminación en sitios de disposición final se genera por falta de diseño adecuado de la infraestructura, por un mantenimiento inadecuado y por derrames o lixiviados sobre el suelo. Un problema importante derivado de lo anterior, es la contaminación a los mantos acuíferos, ya que estos recorren grandes extensiones llegando a límites fronterizos, ampliando el rango de la problemática (Ramos, 2006). La flora se ve afectada al absorber las aguas contaminadas y con ellas los contaminantes que pueden resultar tóxicos para la fauna que se alimenta de esta vegetación e incluso para el propio ser humano. Asimismo, los compuestos orgánicos presentes en los residuos peligrosos pueden volatilizarse y contaminar la atmósfera (Soto *et al.*, 1996).

Las vías de contaminación por residuos peligrosos pueden incluir descargas controladas tales como emisiones gaseosas, lixiviados y efluentes; descargas no controladas o derivadas de prácticas inadecuadas de tratamiento y disposición de residuos (vertidos a cuerpos de agua, enterramientos, operación inapropiada de vertederos o quema a cielo abierto); así como descargas accidentales durante el almacenamiento, transporte y operaciones de manejo especial, incluyendo incendios (Martínez *et al.*, 2005).

Según Kummerer y Hempel (2010), los impactos negativos de los residuos peligrosos derivan de tres fuentes principales: la huella de carbono, el impacto químico directo de las empresas por sí mismas y los residuos de los envases (botellas, cajas o viales) que los contuvieron. Los residuos peligrosos no controlados pueden estar al alcance de la población, por lo que no sólo representan un problema ambiental, sino también un problema de salud pública (Díaz-Barriga 1996).

I.5. Afectaciones a la salud humana derivadas del manejo inadecuado de los residuos peligrosos

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos, encontró suficiente evidencia de que los residuos peligrosos causan severos efectos sobre la salud

humana (National Research Council, 1991). El contacto de las personas con los residuos peligrosos puede provocar daños a la salud como son problemas dermatológicos, ópticos y respiratorios en intoxicaciones agudas, mientras que en intoxicaciones crónicas puede provocar daños mutagénicos, teratogénicos, inmunológicos y efectos carcinógenos (Díaz *et al.*, 1993).

En un estudio realizado en Estados Unidos donde se localizaron 593 sitios contaminados con residuos peligrosos, se observó que la población presentó una mayor incidencia de cáncer de pulmón, vejiga, esófago, estómago, en comparación con municipios control (Griffith *et al.*, 1989). El cáncer de piel se asoció a sitios contaminados con residuos mineros de acuerdo con la Agencia de Sustancias Tóxicas y registro de enfermedades de Estados Unidos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1991). Las sustancias químicas contenidas los residuos peligrosos como los plaguicidas, disolventes y metales como el plomo, cadmio y mercurio actúan como disruptores endócrinos que pueden traer como consecuencias efectos irreversibles en humanos (fetos y recién nacidos) incluido el cáncer y daños neurológicos (Smith *et al.*, 2006).

Además del cáncer y las malformaciones congénitas, que son las principales afectaciones a la salud humana derivadas de la exposición a residuos peligrosos químicos, existen otros cinco problemas de salud asociados a esta, mismas que incluyen alteraciones inmunológicas, daños renal y hepático, problemas neurológicos, enfermedades respiratorias y de pulmón (Meyer, 1982). Derivado de las problemáticas anteriores en México se han generado diferentes leyes y suscrito convenios internacionales para regular la generación, el uso y el manejo de los residuos peligrosos con el objetivo de prevenir la contaminación ambiental y los daños a la salud humana causados por la exposición a ellos.

I.6. Legislación ambiental en materia de residuos peligrosos

La legislación ambiental en materia de residuos peligrosos regula su manejo, desde su generación hasta su disposición final, además de que nos proporcionan información sobre su clasificación y características de los mismos.

I.6.1. Ámbito internacional

Existen tres convenios internacionales que abordan el tema de los residuos peligrosos. Los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo que abarcan los elementos fundamentales de los productos químicos desde su generación hasta su disposición final, a continuación, se realiza una descripción general de estos convenios internacionales.

El **Convenio de Basilea** sobre el control de los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos y su eliminación, fue decretado en 1989 y entró en vigor en 1992, es el acuerdo ambiental más exhaustivo en materia de residuos peligrosos y otros residuos. El objetivo de este convenio es proteger la salud de las personas y el ambiente debido a los efectos negativos como resultado de los movimientos transfronterizos y la gestión de los residuos peligrosos. Obliga a sus partes a que los residuos se gestionen y se eliminen de una manera ambientalmente racional. Buscando reducir al mínimo las cantidades de residuos peligrosos que se transportan, tratan y eliminan.

El **Convenio de Rotterdam** sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto del comercio internacional. Este convenio fue creado en 1998 y busca promover la responsabilidad compartida de las partes en el ámbito del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos con el fin de proteger la salud humana y el ambiente de posibles daños. También promueve el intercambio de información sobre sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de las decisiones

sobre su importación y exportación para difundir estas decisiones a las partes involucradas.

El **Convenio de Estocolmo** sobre los compuestos orgánicos persistentes fue aprobado en el 2001 en Estocolmo, Suecia y entró en vigor en el 2004. El convenio fue creado para proteger la salud humana y el ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) a través de una serie de medidas destinadas a reducir y eliminar sus descargas.

I.6.2. Ámbito Nacional

En 1988 se inició en México la regulación de los residuos peligrosos con la publicación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF, 1988) y su reglamento en materia de residuos peligrosos (DOF, 2000), así como de siete Normas Técnicas Ecológicas, entre ellas la NTE-001, transformada en la Norma Oficial Mexicana número 52, en el año 1993 y reformada en 2006.

I.6.2.1. Leyes Nacionales

La Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, regula la clasificación de los residuos peligrosos en categorías adicionales para facilitar su gestión y valorización; orientación para su manejo con la finalidad de prevenir o reducir riesgos a la salud y al ambiente; y la identificación de fuentes generadoras de residuos peligrosos (LGPGIR, 2018):

Artículo 7.- Son facultades de la federación en cuestión de residuos peligrosos:

- VI. La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores, cuando estos últimos no sean controlados por las entidades federativas;

- VII. Regular los aspectos ambientales relativos al transporte de los residuos peligrosos;
- VIII. Verificar el cumplimiento de la normatividad en las materias de su competencia, e imponer las medidas de seguridad y sanciones que en su caso correspondan;
- IX. Celebrar convenios con los gobiernos de las entidades federativas para participar en la autorización y el control de los residuos peligrosos generados por microgeneradores, y brindarles asistencia técnica para ello;
- X. Autorizar el manejo integral de residuos peligrosos, así como la prestación de los servicios correspondientes, de conformidad con lo previsto en esta Ley;
- XI. Autorizar la importación, exportación o tránsito de residuos peligrosos por el territorio nacional, de acuerdo con lo previsto en esta Ley.

Artículo 10.- Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades:

- III. Participar en el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley;
- IX. Coadyuvar en la prevención de la contaminación de sitios con materiales y residuos peligrosos y su remediación.

Artículo 12.- La Federación, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), podrá suscribir con los gobiernos de las entidades federativas convenios o acuerdos de coordinación, con el propósito de asumir las siguientes funciones, de conformidad con lo que se establece en esta Ley y con la legislación local aplicable:

- I. La autorización y el control de las actividades realizadas por los microgeneradores de residuos peligrosos de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes;
- II. El control de los residuos peligrosos que estén sujetos a los planes de manejo, de conformidad con lo previsto en la presente Ley;
- III. El establecimiento y actualización de los registros que correspondan en los casos anteriores, y
- IV. La imposición de las sanciones aplicables, relacionadas con los actos a los que se refiere este artículo.

I.6.2.1. Normas Oficiales Mexicanas

La **NOM-052-SEMARNAT-2005**, establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Ha tenido reformas sucesivas desde su publicación inicial en 1988 y constituye un marco de referencia obligado para quienes generan residuos peligrosos y requieren darse de alta como generadores, manifestando el tipo de residuos que generan de conformidad, no sólo con la LGPGIR y su Reglamento, sino con esta norma (DOF, 2006).

NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo (DOF, 2003).

NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo (DOF, 2016).

NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación (DOF, 2013).

NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004, establece criterios para la caracterización y determinación de concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los criterios de remediación (DOF, 2007).

I.7. Métodos de manejo de los residuos peligrosos

El manejo de los residuos peligrosos incluye la minimización de la generación, el reciclaje, el reúso, tratamiento para reducir o minimizar su peligrosidad y el confinamiento adecuado. Las primeras tres acciones son responsabilidades de la empresa que los genera y el tratamiento puede hacerlo la misma empresa o empresas especializadas en la materia.

De acuerdo con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA, 2014), el manejo de los residuos peligrosos incluye los procesos de minimización, reciclaje, recolección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final. Existen diversas alternativas para el manejo de los residuos peligrosos, principalmente:

Reciclaje: esta es la alternativa más productiva. Los residuos peligrosos pueden volver a incorporarse mediante algún proceso específico como materias primas en otro proceso industrial diferente.

Destrucción: las cenizas resultantes de la quema de los residuos peligrosos resultan más fáciles de confinar y así son clasificados como residuos estabilizados. Un ejemplo son los medicamentos caducos.

Confinamiento: en este proceso los residuos peligrosos se detoxifican, se separan y concentran los componentes peligrosos en volúmenes reducidos y finalmente se estabilizan para evitar la generación de lixiviados.

I.8. Situación de los residuos peligrosos en México

En México durante el periodo 2004-2012, la generación de los residuos peligrosos se estimó en poco más de 1,958 miles de toneladas al año (SEMARNAT, 2012), de acuerdo con los datos proporcionados por las empresas incorporadas al Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos (PGRP) a la SEMARNAT (Tabla I.2). Estos residuos provienen de diferentes tipos de industrias como lo son la petrolera, minera y manufacturera principalmente.

Tabla I.2. Generación de residuos peligrosos en México.

Año	Generación estimada en toneladas acumuladas/año	Base de la información
2004-2009	1'699,635.04	52 mil 784 empresas
2004-2011	1'920,408.13	68 mil 733 empresas
2004-2012	1'958,231.34	75 mil 562 empresas
Tomada de Dirección General de Gestión Integral de Materiales Peligrosos y Actividades Riesgosas. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. SEMARNAT. México. 2013.		

En el 2012, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) fue la principal generadora de residuos peligrosos con 588,671 toneladas, es decir, 30% del volumen total generado. Le siguen estados como Chihuahua con 343,847 toneladas (17.6%), Campeche con 210,634 toneladas (10.8%), Tamaulipas con 149,698 toneladas (7.6%) y Nuevo León con 130,559 toneladas (6.7%). Por otra parte, los estados que reportaron menores volúmenes de generación de residuos peligrosos fueron Nayarit (1,282 toneladas), Baja California Sur (1,474 toneladas), Chiapas (1,901 toneladas) y Tlaxcala (2,273 toneladas), todos estos en conjunto representaron el 0.3% del total nacional (Figura I.1).

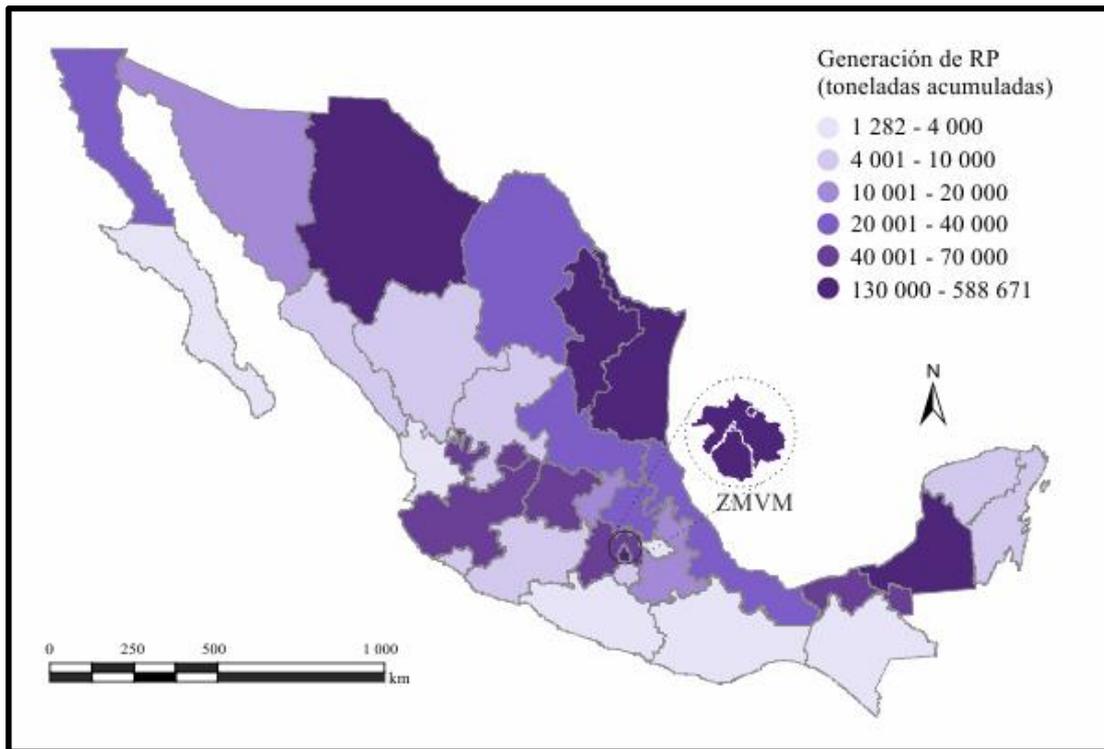


Figura I.1. Generación de residuos peligrosos reportada por empresas incorporadas al PGRP por entidad federativa. Tomada de Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. SEMARNAT. México. 2013.

Entre 1999 y el 2008 se registraron 399 empresas dedicadas al manejo de residuos peligrosos con una capacidad instalada de 14.7 millones de toneladas (Figura I.2). El 78% de estas empresas se concentró en los estados de Nuevo León (29.2%), Tabasco (17.2%), Estado de México (13.6%), Tamaulipas (11.2%) y Veracruz (7%), mientras que estados como Zacatecas, Yucatán y Nayarit tenían una capacidad inferior a las 7 toneladas cada una (SEMARNAT, 2008).

Dentro de los residuos peligrosos, los biológicos infecciosos son de particular interés por los riesgos que representan a la salud. En el 2008 fueron aproximadamente el 16% en peso de los residuos peligrosos generados con 23,383 toneladas, de éstas la ZMVM y los estados de Chiapas y Chihuahua generaron el 98% del total, por tipo de residuo biológico infeccioso, el 54% fueron “no anatómicos”, el 40% patológicos, 4.8% objetos

punzocortantes, 0.9 sangre y 0.3 cultivos y cepas. En la figura siguiente se puede apreciar la generación de residuos biológicos infecciosos por estado del año 2008 (SEMARNAT, 2008).



Figura I.2. Volumen de generación de residuos biológicos infecciosos reportado por las empresas incorporadas al PGRP por estado (SEMARNAT, 2008).

I.8.1 Residuos peligrosos químicos

Los residuos peligrosos del tipo CRETI que sean generados deben envasarse de acuerdo con su estado físico, características de peligrosidad e incompatibilidad.

Recolección y transporte interno: son los pasos que se deben seguir antes de ser llevados al almacén temporal, se deben utilizar carritos de recolección específicos para este tipo de residuos, que cumpla con las características de seguridad con el fin de evitar accidentes.

El personal a cargo de la recolección interna de residuos peligrosos químicos, deberá tener conocimiento de las características de los residuos que maneja, así como de las

medidas de seguridad para su persona. Debe portar equipo de seguridad como una bata, guantes adecuados al tipo de residuo manejado, zapatos de seguridad y lentes de protección. Se deberá evitar recolectar al mismo tiempo residuos que sean incompatibles entre sí, para prevenir accidentes.

Almacenamiento temporal: el almacenamiento temporal de los residuos químicos se realizará con base a la NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos registrados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 así como la NOM-002-SCT2-1994, que indica el listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. No se deberán colocar en el mismo embalaje residuos incompatibles entre sí.

El tratamiento se refiere a todos aquellos procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen y peligrosidad.

I.8.2 Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos

Los residuos biológico-infecciosos (RPBI's) se generan principalmente en hospitales, instalaciones veterinarias, centros de investigación médica y veterinaria, compañías farmacéuticas, centros de atención, entre otros. Para tratar este tipo de residuos existen diferentes alternativas, como lo son la esterilización, la incineración, y la desinfección química (SEMARNAT, 2008). Estos residuos deben de envasarse de acuerdo con la NOM-087-SEMARNAT-SSA-2002 y no deberán mezclarse con otro tipo de residuo (Tabla I.3).

Tabla I.3. Separación y envasado de los RPBI's de acuerdo a la NOM-087-SEMARNAT-SSA-2002.

Tipo de residuos	Estado físico	Envasado	Color
Sangre	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
Cultivos y cepas de agentes infecciosos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Rojo
Patológicos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Amarillo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Amarillo
Residuos no anatómicos	Sólidos	Bolsas de polietileno	Rojo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
Objetos punzocortantes	Sólidos	Recipientes rígidos de polietileno	Rojo

Almacenamiento: los RPBI's deben ser almacenados temporalmente de acuerdo a las especificaciones de la Norma. El área de almacenaje debe de tener las siguientes características:

- a) Estar separada de las áreas de pacientes, almacén de medicamentos y materiales para la atención de los mismos, cocinas, comedores, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficinas, talleres y lavanderías.
- b) Estar techada, ser de fácil acceso, para la recolección y transporte, sin riesgos de inundación e ingreso de animales.
- c) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles, el acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable de estas actividades.

- d) El diseño, construcción y ubicación de las áreas de almacenamiento temporal destinadas al manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos en las empresas prestadoras de servicios, deberán ajustarse a las disposiciones señaladas y contar con la autorización correspondiente por parte de la SEMARNAT.
- e) Los establecimientos generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos que no cuenten con espacios disponibles para construir un almacenamiento temporal, podrán utilizar contenedores plásticos o metálicos para tal fin, siempre y cuando cumplan con los requisitos mencionados en los incisos a), b) y c) de este numeral.

Recolección y transporte: durante la recolección los residuos no deben ser compactados para evitar derrames y accidentes. Los vehículos recolectores utilizados para llevar los residuos al almacén temporal deben de ser de caja hermética y cerrada, contar con sistemas de captación de escurrimientos, además de contar con sistemas de enfriamiento para mantenerlos a máximo 4°C.

Tratamiento y disposición final: los RPBI's deben ser tratados por métodos físicos o químicos que garanticen la eliminación de microorganismos patógenos y deben hacerse irreconocibles para su disposición final en sitios autorizados.

- ❖ **Esterilización:** es la eliminación de todos los microorganismos presentes en un residuo. Para llevar a cabo la esterilización se usa calor húmedo y presión para destruir las estructuras celulares de las bacterias, protozoarios, hongos o cualquier microorganismo que pueda causar daños a otros seres vivos y el ambiente.
- ❖ **Incineración:** el objetivo de la incineración es reducir el riesgo asociado con los residuos peligrosos en volumen y masa para una fácil disposición final.

Los residuos son expuestos a altas temperaturas durante un tiempo adecuado para eliminar a los microorganismos peligrosos y a su vez se quema la parte combustible de dichos residuos. Las cenizas son dispuestas adecuadamente o tratadas para evitar generación de contaminantes atmosféricos.

- ❖ **Desinfección química:** para este proceso se utiliza un agente químico que mata a los microorganismos patógenos. Es muy usado para desinfectar materiales, artículos e incluso líquidos y soluciones. Se pueden usar compuestos como glutaraldehído, peróxido de hidrógeno (3-6%), formaldehído (1-8%), hipoclorito de sodio (6%), entre otros compuestos clorados (SEMARNAT, 2007).

No sólo las industrias o centros de atención médica generan residuos peligrosos, las instituciones educativas de nivel superior y de investigación generan residuos que por su naturaleza también son clasificados como residuos peligrosos, esto se debe a las actividades que se realizan en sus laboratorios de docencia o de investigación.

Capítulo II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

II.1. Manejo de residuos peligrosos en instituciones educativas y de investigación en ciencias biológicas y biotecnológicas

Las sustancias químicas son utilizadas en diversas actividades humanas como procesos productivos, en el hogar y el trabajo. Es por esto que existe una gran cantidad de ellas (Yarto *et al.*, 2003). A nivel mundial, hasta julio del 2012, se tenían registradas 67'295,000 sustancias químicas y se calcula que aproximadamente unas 15,000 nuevas son incorporadas diariamente al registro del Chemical Abstract Service (CAS) de los Estados Unidos (CAS, 2012).

En el caso de México, el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT ha trabajado en la elaboración del Inventario Nacional de Sustancias Químicas (INSQ). Han sido identificadas 5,816 sustancias químicas dentro del comercio nacional. Este inventario contiene datos sobre la identidad química, volúmenes de producción e importación y datos ecotoxicológicos.

Todas estas sustancias químicas son utilizadas para el control de plagas, preservar alimentos, generar energía, curar enfermedades y otras actividades para la generación de bienes (INE, 2003). Dentro de estas actividades se encuentran las de investigación y formación académica. Es por ello que al anterior de las instituciones educativas de nivel superior que cuenten con unidades generadoras de RP, estos se manejen y dispongan de forma adecuada para evitar afectaciones al ambiente y la salud.

Con esta finalidad, a nivel internacional, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) cuenta con un programa sobre el Manejo de Desechos Peligrosos que se genera en los laboratorios de esa institución, en el cual se busca una gestión de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia e investigación (Salas *et al.*, 2006).

En el ámbito nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México, cuenta con una guía técnica de acción para residuos químicos en la Facultad de Ciencias. En esta guía se consideran aspectos técnicos sobre la identificación, separación de residuos peligrosos químicos, su manejo adecuado, equipo de protección, bases para el almacenamiento seguro, requerimientos legales y una evaluación que permita al generador conocer su desempeño y es una herramienta de apoyo dirigida a los responsables de su manejo en cada entidad de la institución (Gavilán, 2012).

En el caso de universidades Estatales, la Universidad Autónoma de Nuevo León creó la “guía para el manejo ambientalmente adecuado de los residuos peligrosos”, documento en donde se describe el procedimiento para la clasificación de residuos peligrosos en las Facultades de esta Universidad. También incluye el procedimiento para la recolección y disposición final de esos residuos (UANL, 2016).

II.2. Manejo de los residuos peligrosos en el Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

La UAEM cuenta con centros de investigación, así como laboratorios de docencia, donde se generan residuos peligrosos. La UAEM cuenta con 12 unidades académicas que generan aproximadamente 7.3 toneladas de residuos peligrosos químicos y 1.8 toneladas de RPBI's al año.

En lo referente al manejo interno de los RP en la UAEM, de acuerdo con el Manual Verde Universitario “Para llevar a cabo los diferentes procedimientos inherentes al manejo de RP, la UAEM cuenta con un esquema de organización diseñado para el funcionamiento eficiente y la asignación de responsabilidades en materia de los RP generados en sus instalaciones”. En lo que respecta a la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS), tiene las siguientes responsabilidades:

- a) Capacitar al personal involucrado en el manejo de RP conforme a la normatividad vigente.

- b) Informar al personal encargado del manejo de RP para que asistan a las reuniones, cursos y eventos que se realicen en materia del manejo de residuos peligrosos.
- c) Con base en los listados publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y por la SEMARNAT, seleccionar a la empresa que preste sus servicios de manera eficiente a la UAEM.
- d) Verificar que las empresas subrogadas encargadas de la recolección, transporte, manejo y disposición final de los RP cumplan con la normatividad y legislación vigente.
- e) Dar a conocer el calendario de recolección de los RP con anticipación.
- f) Difundir en la comunidad universitaria las medidas de seguridad que apliquen al manejo de los RP.

En lo que respecta a la responsabilidad de los coordinadores operativos de las unidades generadoras:

- a) Responder a las notificaciones realizadas por el PROGAU.
- b) Vigilar el buen funcionamiento de los almacenes de los RP.
- c) Recibir los residuos de las unidades generadoras, cuidando que se encuentren debidamente identificados y etiquetados.
- d) Llevar el control de las entradas y salidas de los RP al almacén temporal que les corresponda, registrando tipo y cantidad en una bitácora específica.
- e) Firmar las bitácoras de las unidades generadoras de los RP.
- f) Entregar personalmente los residuos el día de la recolección de los mismos.
- g) Fijar un horario de recepción de los RP.

En lo que respecta responsabilidad de los encargados o responsables de los laboratorios:

- a) Vigilar y coordinar el manejo adecuado de los RP dentro de sus laboratorios y centros de trabajo.

- b) Entregar los RP en contenedores y envases destinados ex profeso, al 80% de su capacidad.

La UAEM a través de la DGDC coordina la gestión de los residuos peligrosos generados en el campus. La organización para el manejo de los residuos peligrosos en la UAEM se realiza de la siguiente manera:

Coordinador operativo: es la persona designada para el manejo de los RP al interior de cada Unidad Académica y responsable del almacén para el almacenamiento temporal de los residuos.

Responsables de Laboratorio: Vigilan y coordinan el manejo adecuado de los RP dentro de sus laboratorios. Registran en la bitácora correspondiente, la generación de RP y entregan los RP en contenedores y envases destinados ex profeso, al 80% de su capacidad, al almacén.

Además, el registro de los RP se hace en las bitácoras correspondientes.

- Bitácoras de generación mensual de Residuos Peligrosos Químicos (RPQ).
- Bitácoras de generación mensual de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI's).

Todos los contenedores son identificados y etiquetados adecuadamente

- Aquellos que son menores a 10L, se colocan en tambos de 200L, amortiguados con aserrín.
- Las calcomanías indican las características principales y de mayor riesgo de los residuos.
- Las garrafas de 20L y cubetas de 20L perfectamente tapados, no necesitan colocarse en contenedores más grandes.

Almacenamiento de los RP dentro de la UAEM: De acuerdo a lo establecido en la LEGEPA y la LGPGIR, los almacenes de residuos peligrosos deben de tener las siguientes características (Procedimiento de Gestión Integral de Residuos, Universidad Autónoma de Estado de Morelos):

- Tienen que estar ventilados y aislados de fuentes de calor, luz y humedad.
- Los contenedores de residuos peligrosos deben de permanecer cerrados.
- Deben de mantenerse ordenados y sin obstáculos en las zonas de paso.
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad en lugares visibles.
- Contar con sistemas de extinción de incendios, además de tener equipos de seguridad para atención de emergencias.
- Los recipientes de residuos peligrosos vacíos deben eliminarse adecuadamente.

II.3. Manejo de los residuos peligrosos en el CEIB

En el CEIB, los residuos peligrosos son manejados de manera individual en cada laboratorio. Existe un responsable de residuos que vigila que estos sean manejados adecuadamente. Los residuos generados son registrados en bitácoras de manera diferenciada: residuos químicos y residuos peligrosos biológico-infecciosos. Estas bitácoras son manejadas en cada laboratorio. En dichas bitácoras se registra el tipo de residuo, la cantidad en kilogramos y la característica CRETIB a la que corresponden.

Estos residuos son llevados a un almacén temporal, de manera semanal, donde se resguardan hasta que la empresa recolectora pasa por ellos. Esta recolección se da cada 3 meses. La cantidad de residuos que son entregados a la empresa recolectora queda registrada en un manifiesto para que se pueda tener un registro de la generación de estos residuos.

Cabe destacar que el almacén temporal de los residuos peligrosos está ubicado a un lado del antiguo edificio del CEIB, lo que dificulta la ruta de los residuos, desde el edificio actual al almacén temporal. Aunado a esto, hasta la fecha el CEIB no cuenta con una guía para el manejo adecuado de los residuos peligrosos.

II. 4. Justificación

En las Universidades, durante el proceso de enseñanza e investigación se producen diferentes tipos de residuos peligrosos como son: reactivos excedentes y caducos, residuos de solventes, animales de experimentación, residuos contaminados con agentes infecciosos y medicamentos. El CEIB, como unidad académica de docencia e investigación, genera diferentes tipos de residuos peligrosos, que son transferidos a una empresa autorizada para su tratamiento y/o disposición final, quedando como constancia los manifiestos correspondientes. Sin embargo, a la fecha no se ha realizado un estudio enfocado a determinar cuáles son los tipos de RP que son generados en mayor proporción y sus volúmenes de generación, analizar su manejo, capacitación y el conocimiento técnico al respecto del personal, estudiantes y profesores que tienen contacto con estos residuos, con el fin de establecer estrategias para el adecuado manejo de residuos peligrosos.

Capítulo III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar un análisis de la generación y tipo de los residuos peligrosos del Centro de Investigación en Biotecnología y proponer la creación de una guía para el manejo de los residuos peligrosos de acuerdo con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-087-ECOL-SSA1-2002 y NOM-018-STPS-2015.

3.2. Objetivos particulares

1. Cuantificar y describir los tipos residuos peligrosos generados en el CEIB durante el periodo 2012-2017, mediante la consulta en bitácoras y manifiestos.
2. Identificar los puntos críticos en el manejo de los residuos peligrosos.
3. Evaluar el conocimiento del personal del CEIB con respecto a los residuos peligrosos.
4. Proponer estrategias para el adecuado manejo de los residuos peligrosos.

Capítulo IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

IV.1. Diseño del estudio

La metodología se desarrolló por etapas. Primero se realizó un análisis del manejo actual de los residuos peligrosos en el Centro de Investigación en Biotecnología, desde su generación, transporte, registro y almacenamiento, con el fin de detectar puntos críticos, esto se realizó mediante recorridos y observación directa. En un segundo momento se cuantificaron los residuos peligrosos generados al año y su tipo consultando los manifiestos y en las bitácoras internas de cada laboratorio. Finalmente, se elaboró un cuestionario sobre la percepción y conocimiento que se tiene de los residuos peligrosos por parte de algunos profesores y estudiantes.

IV.2. Sitio de estudio

El CEIB es una institución educativa y de investigación que tiene por objeto generar investigación básica de frontera, así como las aplicaciones tecnológicas enfocadas a diferentes sectores industriales, además de la implementación y transferencia de tecnologías entre los diferentes campos que conforman esta multidisciplinaria. La comunidad del CEIB cuenta con **11 laboratorios** divididos de la siguiente manera:

Departamento de Biotecnología Ambiental

- Laboratorio de Biotecnología Ambiental
- Laboratorio de Biología Molecular de Hongos
- Laboratorio de Fisiología Molecular de Plantas
- Laboratorio de Investigaciones Ambientales
- Laboratorio de Neurofarmacología
- Laboratorio de Estudios Ecogenómicos
- Laboratorio de Biología de Sistemas e Ingeniería Metabólica

Departamento de Biotecnología de Productos Naturales

- Laboratorio de Botánica Estructural
- Laboratorio de Control Biológico
- Laboratorio de Estructura-Función e Ingeniería de Proteínas
- Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales

IV.3. Seguimiento del manejo actual de los residuos peligrosos generados en el CEIB

Para hacer el seguimiento del manejo de los residuos peligrosos se realizó un recorrido por cada laboratorio donde son generados dichos residuos. Se investigó sobre los días en que son recolectados y la ruta que siguen dichos residuos hasta el almacén temporal. Esto incluyó la manera de cómo son transportados y colocados en el almacén.

IV.4. Cuantificación de los residuos peligrosos en el CEIB

Un aspecto fundamental para el adecuado manejo los residuos peligrosos es su identificación, pues de su naturaleza y características de peligrosidad determinarán las acciones y precauciones debidas para su manejo. La cuantificación hace referencia a la cantidad y tipo de residuos que son generados en cada uno de los laboratorios. Para alcanzar dicho objetivo se hizo un recorrido con el permiso necesario por cada laboratorio para obtener esta información de las bitácoras de registro. Se realizó un conteo de los residuos generados en un periodo de 5 años, basándose en los manifiestos. Los responsables de cada laboratorio fueron informados previamente de este recorrido.

IV.5. Aplicación de cuestionarios

Se aplicó un cuestionario a profesores y a algunos estudiantes para conocer la percepción y conocimiento que se tiene sobre los residuos peligrosos. Los resultados

fueron analizados estadísticamente con el programa SPSS (se anexa el formato del cuestionario).

Formato de la encuesta aplicada a los responsables de cada laboratorio y a algunos estudiantes del CEIB.

	<p>Este estudio sobre Generación y Manejo de Residuos Peligrosos en el Centro de Investigación en Biotecnología forma parte de un proyecto de investigación de la Especialidad en Gestión Integral de Residuos, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. La información obtenida es de carácter estrictamente confidencial y será utilizada con fines exclusivamente científicos. Por lo que solicitamos su colaboración contestando el presente cuestionario.</p>				
	<p>Folio P1</p>				

P1. Sexo	P3. Nivel Escolar (último terminado)			P4.	Nombre del Laboratorio				
Masculino	1	Preparatoria		P5.	¿Hace cuánto tiempo trabaja en esta institución?				
Femenino	2	Universidad			1. Menos de un año	2. Menos de 5 años	3. Menos de 10 años	4. Menos de 20 años	5. Más de 20 años
P2. Edad	3	Maestría		P6. Cargo que desempeña					
	4	Doctorado							

		Totalmente en Desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De Acuerdo	Totalmente de Acuerdo
PR 1.	El concepto de Residuo es un material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en cualquier estado y puede ser susceptible de valorización, tratamiento o disposición final	1	2	3	4	5
PR 2.	Los Residuos se clasifican de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas	1	2	3	4	5
PR 3.	El termino de Residuo Biológico Infeccioso (RBI) se refiere a cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes o en ambiente propicio	1	2	3	4	5
PR 4.	Existen Normas Oficiales Mexicanas que regulan el manejo integral de los Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 5.	Ha leído las Normas Oficiales que establecen el manejo Integral de Residuos Peligroso	1	2	3	4	5

PR 6.	Los Residuos Peligrosos poseen características que definen su peligrosidad	1	2	3	4	5
PR 7.	El manejo Integral de los Residuos Peligrosos es de suma importancia	1	2	3	4	5
PR 8.	El significado del acrónimo CRETIB hace referencia a las características de un RPBI	1	2	3	4	5
PR 9.	En su área de trabajo no existen contenedores especiales para los Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 10.	Existe personal calificado para identificar y clasificar los Residuos Peligrosos desde su origen	1	2	3	4	5
PR 11.	Se cuenta con el servicio de una empresa recolectora de Residuos Peligrosos autorizada	1	2	3	4	5
PR 12.	En su área de trabajo cuenta con información disponible para asistirle en la toma de decisiones relativa al manejo de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 13.	En el último año ha recibido capacitación sobre el Manejo Integral de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 14.	En el Centro de Investigación existe personal encargado del manejo integral de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 15.	El trabajo que realizo rutinariamente no implica ningún riesgo con respecto al manejo de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 16.	Conozco los diferentes tipos de Residuos generados en el centro de investigación	1	2	3	4	5
PR 17.	Tengo conocimiento sobre los recipientes necesarios para el correcto envasado de los Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 18.	Los encargados cuentan con carros guías para transportar los Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 19.	Conoce el equipo de protección que debe usar para el Manejo y transporte de Residuos	1	2	3	4	5
PR 20.	El Centro de Investigación se cuenta con un almacenamiento temporal de residuos peligrosos	1	2	3	4	5
PR 21.	Existe una ruta preestablecida para trasladar los Residuos en forma segura y rápida desde las áreas generadoras hasta el área de almacenamiento temporal	1	2	3	4	5
PR 22.	Conozco los horarios y periodicidad establecidos para realizar la recolección y transporte de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5

PR 23	El manejo inadecuado de los Residuos Peligrosos provoca impactos ambientales y a la salud humana	1	2	3	4	5
PR 24	El Centro de Investigación necesita un Plan de Manejo Integral de Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5
PR 25	Estoy dispuesto a colaborar en las actividades que me correspondan para lograr un Manejo Integral a los Residuos Peligrosos	1	2	3	4	5

Gracias por su colaboración

IV.6. Análisis de información y desarrollo de la propuesta de guía para el manejo de los residuos peligrosos en el CEIB

Después de analizar metodológica y estadísticamente la información obtenida de los recorridos, los datos en las bitácoras y los cuestionarios, se identificaron los puntos críticos en el manejo de los residuos peligrosos, así como las debilidades y fortalezas del Centro para poder desarrollar un guía para el manejo adecuado de los residuos peligrosos.

Capítulo V. PRINCIPALES HALLAZGOS

V.1. Generación de Residuos Peligrosos

Después de revisar las bitácoras y los manifiestos de generación de residuos peligrosos en el CEIB, entre los años 2012-2017 hubo un total de **14,955.31 kg** de residuos peligrosos generados, divididos de la siguiente manera: En el año 2012 se generaron 2394,1 kg; en el 2013, 2295,7 kg; en el 2014, 3949,3; en el 2015, 2883,0 kg; en el 2016; 3087,6 kg y en el 2017 la generación fue de 916,49 kg. Cabe señalar que el año 2017 presenta la menor cantidad de residuos debido a que sólo se tiene el registro de 5 meses. Los residuos químicos, el material acuoso, los residuos no anatómicos, las cepas y cultivos fueron los principales tipos de residuos generados, tal como lo muestra la tabla V.1.

Tabla V.1. Generación de residuos peligrosos por año (expresados en kg).

TIPO DE RESIDUO	AÑOS					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
QUÍMICOS	514,05	66,93	382,06	656,26	787,7	111,13
MATERIAL ACUOSO	0	0	166,04	383,81	99,5	0
VIDRIO CONTAMINADO	119,45	23,35	0	0	0	0
VIDRIO ROTO	0	0	166,04	108,18	149,5	7,64
LÁMPARA DE NEÓN	3	0	0	0	0	366,93
MEZCLA DE SOLVENTES	1.020	0	0	0	0	0
BROMURO	20	0	0	0	0	0
CULTIVOS Y CEPAS	660,65	1.102,40	1.614,63	1.393,25	1.552,60	247
NO ANATÓMICOS	34,75	1.102,40	1.614,63	332,9	477,19	173,79
PUNZOCORTANTES	22,2	0,64	1,59	2,68	14,46	10
CUBETA CONTAMINADA	0	0	4,32	4	4,39	0
BOTE VACÍO	0	0	0	1,96	2,1	0

La generación de residuos peligrosos se muestra en la tabla V.2. Todos los laboratorios generan RPBI's y residuos peligrosos químicos. Los residuos mayormente generados son los medios de cultivos, no anatómicos y solventes, lo cual coincide con lo registrado en los manifiestos.

Tabla V.2. Generación de residuos peligrosos por laboratorio.

LABORATORIO	RESIDUOS	
Botánica estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Colorantes • Xilol 	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de cultivo • No anatómicos
Investigación en plantas medicinales	<ul style="list-style-type: none"> • Metanol • Acetona • Acetonitrilo • Cloroformo 	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de cultivo • Punzocortantes • Ratones • Bromuro de etidio
Biología molecular de hongos	<ul style="list-style-type: none"> • Isopropanol • Ácido sulfúrico • Bromuro • Ácido clorhídrico • Cloroformo 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos • Acetona • Nitrato de níquel • Colorantes • Medios de cultivo • No anatómicos
Estudios ecogenómicos	<ul style="list-style-type: none"> • Bromuro • Fenol 	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de cultivo
Investigaciones ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Plaguicidas • Ácido sulfúrico • Ácido fosfórico • Diésel • Acetato de etilo 	<ul style="list-style-type: none"> • Molibdato de amonio • Metales • Medios de cultivo • No anatómicos
Estructura-función e ingeniería de proteínas	<ul style="list-style-type: none"> • Metanol • Acetona • Ácido acético • Acrilamida 	<ul style="list-style-type: none"> • Agarosa • Medios de cultivo • No anatómico
Control biológico	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Ácido sulfúrico • Plata 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercurio • Fungicidas • Medios de cultivo
Fisiología molecular de plantas	<ul style="list-style-type: none"> • Bromuro • Cloroformo • Metilo • Hidróxido de sodio • Acrilamida • Metanol 	<ul style="list-style-type: none"> • Lugol • Glucosamina • Peroxidasa • Oxidasa • Medios de cultivo • No anatómicos
Neurofarmacología	<ul style="list-style-type: none"> • Metanol • Ácido acético • Colorantes • Acetato de sodio • Acrilamida • Fosfato de sodio 	<ul style="list-style-type: none"> • Xilol • Etanol • Medios de cultivo • Punzocortantes • Ratones • No anatómicos
Biotecnología ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Químicos acuosos • Medios de cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> • No anatómicos

De acuerdo con un estudio sobre el diagnóstico de la generación, manejo y disposición final de RP en la Universidad Veracruzana, la generación de RP fue variada en tipos de residuos, similar a este estudio. En su mayoría se generaron medios de cultivo, solventes, inflamables, ácidos, bases y punzocortantes. Las cantidades no fueron exactas debido que sólo el 32% de las unidades académicas cuenta con bitácoras de registro (Universidad Veracruzana, 2011).

En la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), los residuos peligrosos son manejados como residuos químicos y RPBI's con separación en las bitácoras (Zelaya, 2015), al igual que en el CEIB.

Tanto la Universidad de Sevilla, la Universidad de Honduras, la Universidad Veracruzana y el CEIB coinciden en la gran variedad de residuos peligrosos generados en el proceso de enseñanza (Rico, 2010; Universidad Veracruzana, 2011; Zelaya 2015).

V.2. Resultados obtenidos del Cuestionario aplicado

La encuesta se realizó a 40 personas en total, entre profesores, alumnos y técnicos académicos, de todos los grados académicos, y de todas las edades, los cuales estudian y trabajan en el CEIB. El número de encuestados resultó de aplicarse a al menos 3 personas de cada laboratorio.

Puesto: Del total de personas encuestadas, el 62% fueron estudiantes, el 30% profesores y el 7.5% técnicos académicos.

Sexo: El 52.5% de los encuestados fueron mujeres y el 47.5% hombres.

Grado académico: El último grado escolar de los encuestados va desde la preparatoria hasta el doctorado. La mayoría, el 42.5% tienen estudios de

universidad, le sigue el 25% con doctorado, el 20% con maestría y el 12.5% con preparatoria.

Con respecto al análisis estadístico sobre las frecuencias de las respuestas, estos fueron los resultados:

PR.1 El concepto de Residuo es un material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en cualquier estado y puede ser susceptible de valorización, tratamiento o disposición final.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	En Desacuerdo	1	2,5
	Indiferente	5	12,5
	De acuerdo	21	52,5
	Totalmente de Acuerdo	13	32,5
	Total	40	100,0

PR.2 Los Residuos se clasifican de acuerdo con Normas Oficiales Mexicanas.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	4	10,0
	Totalmente de Acuerdo	36	90,0
	Total	40	100,0

PR.3 El término de Residuo Peligroso Biológico Infeccioso (RPBI) se refiere a cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes o en ambiente propicio.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	En Desacuerdo	4	10,0
	Indiferente	5	12,5
	De acuerdo	8	20,0
	Totalmente de Acuerdo	23	57,5
	Total	40	100,0

PR.4 Existen Normas Oficiales Mexicanas que regulan el manejo integral de los Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	11	27,5
	Totalmente de Acuerdo	29	72,5
	Total	40	100,0

PR.5 He leído las Normas Oficiales que establecen el manejo Integral de Residuos Peligroso.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	8	20,0
	En Desacuerdo	4	10,0
	Indiferente	3	7,5
	De acuerdo	24	60,0
	Totalmente de Acuerdo	1	2,5
	Total	40	100,0

PR.6 Los Residuos Peligrosos poseen características que definen su peligrosidad.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	9	22,5
	Totalmente de Acuerdo	31	77,5
	Total	40	100,0

PR.7 El manejo Integral de los Residuos Peligrosos es de suma importancia.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	9	22,5
	Totalmente de Acuerdo	31	77,5
	Total	40	100,0

PR.8 Conozco el significado del acrónimo CRETIB y como hace referencia a las características de un Residuo Peligroso Biológico Infeccioso (RPBI).

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	2	5,0
	En Desacuerdo	1	2,5
	Indiferente	12	30,0
	De acuerdo	14	35,0
	Totalmente de Acuerdo	11	27,5
	Total	40	100,0

PR.9 En su área de trabajo existen contenedores especiales para los Residuos Peligrosos, correctamente etiquetados y con colores distintivos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Indiferente	4	10,0
	De acuerdo	7	17,5
	Totalmente de Acuerdo	29	72,5
	Total	40	100,0

PR.10 Existe personal calificado para identificar y clasificar los Residuos Peligrosos desde su origen de generación en el Laboratorio.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	1	2,5
	En Desacuerdo	11	27,5
	Indiferente	5	12,5
	De acuerdo	14	35,0
	Totalmente de Acuerdo	9	22,5
	Total	40	100,0

PR.11 En el CEIB se cuenta con el servicio de una empresa recolectora de Residuos Peligrosos autorizada.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Indiferente	9	22,5
	De acuerdo	16	40,0
	Totalmente de Acuerdo	15	37,5
	Total	40	100,0

PR.12 En su área de trabajo cuenta con información disponible para asistirle en la toma de decisiones relativa a la clasificación y manejo de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	6	15,0
	En Desacuerdo	8	20,0
	De acuerdo	17	42,5
	Totalmente de Acuerdo	9	22,5
	Total	40	100,0

PR.13 En el último año ha recibido capacitación sobre el Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	20	50,0
	En Desacuerdo	10	25,0
	Indiferente	5	12,5
	De acuerdo	2	5,0
	Totalmente de Acuerdo	3	7,5
	Total	40	100,0

PR. 14 En el Centro de Investigación existe personal encargado del manejo integral de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Totalmente desacuerdo	3	7.5	7.5
	Indiferente	2	5.0	5.0
	De acuerdo	26	65.0	65.0
	Totalmente de Acuerdo	9	22.5	22.5
	Total	40	100.0	100.0

PR.15 El trabajo que realizó rutinariamente implica algún riesgo con respecto al manejo de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	En Desacuerdo	4	10,0
	Indiferente	7	17,5
	De acuerdo	24	60,0
	Totalmente de Acuerdo	5	12,5
	Total	40	100,0

PR. 16 Conozco los diferentes tipos de Residuos Peligrosos generados en el centro de investigación.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	En Desacuerdo	2	5,0
	Indiferente	3	7,5
	De acuerdo	28	70,0
	Totalmente de Acuerdo	7	17,5
	Total	40	100,0

PR. 17 Tengo conocimiento sobre los recipientes necesarios para el correcto envasado de los Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	4	10,0
	En Desacuerdo	2	5,0
	Indiferente	2	5,0
	De acuerdo	14	35,0
	Totalmente de Acuerdo	18	45,0
	Total	40	100,0

PR.18 Los encargados cuentan con carros guía es para transportar los Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Totalmente desacuerdo	14	35.0	35.0
	En Desacuerdo	12	30.0	30.0
	Indiferente	4	10.0	10.0
	De acuerdo	4	10.0	10.0
	Totalmente de Acuerdo	6	15.0	15.0
	Total	40	100.0	100.0

PR. 19 Conoce el equipo de protección que debe usar para el Manejo y Transporte de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	1	2,5
	En Desacuerdo	3	7,5
	Indiferente	2	5,0
	De acuerdo	15	37,5
	Totalmente de Acuerdo	19	47,5
	Total	40	100,0

PR. 20 En el CEIB se cuenta con un lugar de almacenamiento temporal de residuos peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	7	17,5
	Totalmente de Acuerdo	33	82,5
	Total	40	100,0

PR.21 Existe una ruta preestablecida para trasladar los Residuos en forma segura y rápida desde las áreas generadoras hasta el área de almacenamiento temporal.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	4	10,0
	En Desacuerdo	8	20,0
	Indiferente	10	25,0
	De acuerdo	9	22,5
	Totalmente de Acuerdo	9	22,5
	Total	40	100,0

PR.22 Conozco los horarios y periodicidad establecidos para realizar la recolección y transporte de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Totalmente desacuerdo	5	12,5
	En Desacuerdo	4	10,0
	Indiferente	18	45,0
	De acuerdo	13	32,5
	Total	40	100,0

PR.23 El manejo inadecuado de los Residuos Peligrosos provoca impactos ambientales y a la salud humana.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	De acuerdo	9	22,5
	Totalmente de Acuerdo	31	77,5
	Total	40	100,0

PR.24 El Centro de Investigación necesita un Plan de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Indiferente	6	15,0
	De acuerdo	25	62,5
	Totalmente de Acuerdo	9	22,5
	Total	40	100,0

PR.25 Estoy dispuesto a colaborar en las actividades que me correspondan para lograr un Manejo Integral a los Residuos Peligrosos.

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Indiferente	8	20,0
	De acuerdo	9	22,5
	Totalmente de Acuerdo	23	57,5
	Total	40	100,0

V.3. Tablas de contingencia

Se elaboraron tablas de contingencia en el programa SPSS, para analizar la relación entre dos variables. Se seleccionaron las variables de mayor interés para este estudio.

PR.3. El término de Residuo Peligroso Biológico Infeccioso (RPBI) se refiere a cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes o en ambiente propicio.

NIVEL ESCOLAR	Término RPBI				Total
	En Desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	
Doctorado	0	3	1	6	10
Maestría	2	2	1	3	8
Preparatoria	0	0	0	5	5
Universidad	2	0	6	9	17
Total	4	5	8	23	40

PR.4. Existen Normas Oficiales Mexicanas que regulan el manejo integral de los Residuos Peligrosos.

NIVEL ESCOLAR	Existen Normas para el manejo de RP		Total
	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	
Doctorado	1	9	10
Maestría	5	3	8
Preparatoria	0	5	5
Universidad	5	12	17
Total	11	29	40

PR. 5. He leído las Normas Oficiales que establecen el manejo Integral de Residuos Peligroso.

NIVEL ESCOLAR	Lectura de normas de Manejo Integral de RP			
	Totalmente desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De acuerdo
Doctorado	0	2	3	5
Maestría	0	0	0	8
Preparatoria	5	0	0	0
Universidad	3	2	0	11
Total	8	4	3	24

PR. 13. En el último año ha recibido capacitación sobre el Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

NIVEL ESCOLAR	Capacitación en el último año sobre el manejo sobre MIRP		Total
	Totalmente de Acuerdo		
Doctorado	0	10	10
Maestría	0	8	8
Preparatoria	3	2	5
Universidad	0	17	17
Total	3	37	40

PR. 25. Estoy dispuesto a colaborar en las actividades que me correspondan para lograr un Manejo Integral a los Residuos Peligrosos.

NIVEL ESCOLAR	Dispuesto a colaborar en actividades para lograr un MIRP			Total
	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	
Doctorado	0	1	9	10
Maestría	1	2	5	8
Preparatoria	4	0	1	5
Universidad	3	6	8	17
Total	8	9	23	40

PR. 24. El Centro de Investigación necesita un Plan de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

TIEMPO TRABAJANDO	El CEIB necesita un Plan de MIR			Total
	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	
< 1 año	0	3	0	3
< 10 año	0	0	1	1
< 20 año	0	5	0	5
<1 año	0	5	8	13
<10 años	0	3	0	3
<5 años	6	9	0	15
Total	6	25	9	40

PR. 14. Tengo conocimiento sobre los recipientes necesarios para el correcto envasado de los Residuos Peligrosos.

CARGO	Conocimiento sobre recipientes para el correcto envasado de RP				
	Totalmente desacuerdo	En Desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo
Estudiante	4	2	2	9	8
Profesor	0	0	0	5	7
Técnico Académico	0	0	0	0	3
Total	4	2	2	14	18

Todos los encuestados estuvieron de acuerdo sobre el concepto de residuo peligroso, al igual que la clasificación de estos está basada en Normas Oficiales Mexicanas y que estas Normas establecen el manejo integral de residuos peligrosos. Sin embargo, sólo el 60% está de acuerdo con que han leído las NOM's, el 10% está en desacuerdo y el 20% totalmente desacuerdo. Esto nos indica que, aunque todos los encuestados saben lo que es un residuo peligroso, es necesario que obtengan información de las NOM's que hablan sobre residuos peligrosos para que puedan ampliar su conocimiento acerca de ellos. Los encuestados coinciden en que los residuos peligrosos tienen ciertas características que les confieren peligrosidad, pero el 7.5% de las personas no conocen el significado del acrónimo CRETIB y el 30% es indiferente ante este significado.

El 57.5% manifiesta que en su área de trabajo existe personal calificado para la identificación y manejo de los RP. El 30% está en desacuerdo con dicha afirmación, pero el 75% dice no haber recibido capacitación para su manejo. Este mismo porcentaje reconoce que su trabajo implica algún riesgo con respecto a los RP, a pesar de que un 70% desconoce todos los tipos de residuos que se generan en todo el Centro de Investigación. En el estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma Honduras (UNAH) sobre conocimiento, medidas de prevención y percepción del riesgo, el 88% de los encuestados reconocen el riesgo de los RP implicado en su

trabajo, resultado parecido a este estudio. El 77.5% están totalmente de acuerdo con la afirmación de que el manejo inadecuado de los RP causa daños a la salud y al ambiente. Esto nos indica una adecuada percepción con respecto a este tema, al igual que el estudio en la UNAH donde el 84% reconoce que el mal manejo de los RP causa daños a la salud humana y ambiental (Zelaya, 2015).

La población encuestada en el CEIB sabe la existencia del almacén temporal, pero el 30% está en desacuerdo respecto a que exista una ruta definida para el transporte de los RP, el 44.5% está de acuerdo que sí existe esta ruta y el 25% es indiferente. Finalmente, todos coinciden que se necesita un guía de manejo de los RP, el 62.5% está de acuerdo y el 22.5% totalmente de acuerdo. Algo importante de mencionar, es que en el CEIB se tienen bitácoras de registro de los RP, con esto se tiene un mejor control de la cantidad de los residuos generados, a diferencia de otras instituciones educativas como lo es la Universidad Veracruzana donde no se cuenta con estas bitácoras y por lo tanto se desconocen las cantidades que se generan en la institución (Universidad Veracruzana, 2011).

En cuanto a las tablas de contingencia, se muestran resultados variados. En general, la mayoría tiene conocimiento básico sobre los residuos peligrosos, en todos los cargos y a todos los niveles educativos. Cabe destacar que a algunos estudiantes les hace falta leer sobre Normas Oficiales y demás información sobre los residuos peligrosos. Es necesario que se les proporcione información básica y capacitación sobre el tema. También es necesario motivarlos a participar en el manejo adecuado de los residuos ya que algunos se mostraron indiferentes a colaborar en actividades relacionadas con un manejo integral de residuos peligrosos.

V.4. Identificación de puntos críticos en el manejo de los residuos peligrosos en el CEIB

En general, tanto estudiantes como profesores y técnicos académicos mostraron los conocimientos básicos sobre residuos peligrosos, sin embargo, es necesario brindar

capacitaciones y/o actualizaciones en todos los niveles. Algo importante de mencionar es que en la ruta desde el edificio del CEIB hasta el almacén temporal no está definida, además de que no se cuenta con carros guías para el transporte de los residuos, por lo que las bolsas y demás contenedores son llevados en la mano hasta el almacén. Además de que algunas personas al llevar los residuos, manejan las bolsas inadecuadamente con el riesgo de que las bolsas se rompan y se puedan lastimar y/o infectar (Figura V.1).



Figura V.1. Forma incorrecta de transportar los residuos peligrosos. Foto propia.

El almacén temporal de residuos peligrosos no cumple con las especificaciones que dicta la LGPGIR, la LGEEPA y las NOM's (Tabla V.3).

Tabla V.3. Especificaciones para almacenes temporales de residuos peligrosos y estatus de cumplimiento del almacén temporal del CEIB.

Especificaciones de almacenes temporales de residuos peligrosos	Almacén temporal de residuos peligrosos del CEIB
Aislados de fuentes de calor	Cumple ☉
Aislados de luz	No cumple ✘
Aislados de humedad	No cumple ✘
Ordenados y sin obstáculos	No cumple ✘
Señalamientos y letreros alusivos	Parcialmente ☺
Sistemas de extinción de incendios	Parcialmente, cuenta con un extintor ☺
Equipos de seguridad	No cumple ✘
Canaletas para lixiviados	No cumple ✘
Alarmas contra accidentes	No cumple ✘

En el almacén temporal además suele presentarse amontonamiento de bolsas, las cuales pueden romperse y derramarse (Figura V.2). Además de que luce descuidado (Figura V.3 y V.4). Es necesario y urgente prestar atención a este problema.



Figura V.2. Amontonamiento de bolsas de RPBI's. Foto propia (noviembre, 2017).



Figura V.3. Almacén temporal de residuos peligrosos, luce descuidado. Foto propia (noviembre, 2017).

Debe de existir una vigilancia en todas las etapas del manejo de los residuos peligrosos por parte de alguna persona que sea asignada como responsable para este fin, esto para resguardar la salud de quienes manipulen los residuos. Hace falta motivación para participar en actividades que impliquen el manejo correcto de los residuos peligrosos, ya que en algunos casos falta información sobre el impacto de los residuos peligrosos para el ambiente y para la salud humana.

A)



B)



Figura V.4. Almacén temporal de residuos peligrosos, sigue estando descuidado. Foto propia (noviembre, 2018).

Por lo antes mencionado se propone crear una guía de manejo de residuos peligrosos en el CEIB, como estrategia para informar a toda la población de la institución. Dicha guía deberá estar basada en las Leyes y Normas Oficiales que hablen sobre este tipo de residuos. Tendrá que contener desde conceptos básicos hasta los pasos para lograr un manejo integral de residuos. Es importante que esté escrita en un lenguaje claro, al alcance de todo el público.

Capítulo VI. CONCLUSIONES

Este estudio de generación y manejo de residuos peligrosos permitió de detectar puntos críticos y problemas que existen en el proceso de todo el manejo de RP, con el fin de darles solución. De acuerdo con los principales observaciones y resultados de este estudio, el punto crítico más relevante a atender, para el manejo adecuado y acorde a la legislación de los RP generados en el CEIB, es el almacén temporal de residuos peligrosos, debido a que no cumple con las especificaciones de seguridad e higiene que establecen la LGEEPA y la LGPGIR.

Otro punto importante es gestionar que la empresa recolectora pase por los residuos con más frecuencia ya que el amontonamiento de bolsas y contenedores puede provocar derrames de RP y poner en riesgo la integridad de la población del CEIB y las áreas aledañas al almacén.

Se debe conocer los RP generados en todos los laboratorios, así como los riesgos a los que se pueden exponer si hacen un manejo inadecuado. Deben de establecerse rutas específicas y bien señalizadas, así como horarios establecidos para el transporte de los RP desde el CEIB hasta el almacén temporal el cual no está cerca del Centro de investigación.

En el caso del CEIB, existen algunas personas que desconocen todo el proceso de recolección, manejo y almacenamiento de los RP, y aunque son las menos, se necesita dar capacitación y/o actualización general a las personas que tienen contacto con estos residuos. Esta capacitación debe comprender desde las definiciones básicas hasta la disposición final de los mismos.

El CEIB, al ser generador de residuos peligrosos, debe contar con una guía para el manejo de residuos peligrosos, y estar al alcance tanto de investigadores como estudiantes. Estas acciones deben estar basadas en la legislación ambiental en materia de residuos.

Con los resultados obtenidos se puede establecer una base para la elaboración de una guía de manejo de residuos peligrosos en el CEIB, que sea de fácil acceso y con un lenguaje claro y sencillo al alcance de cualquier persona que tenga contacto con ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Biennial report 1989 and 1990. Atlanta: ATSDR, US Department of Health and Human Services, 1991.
- Blashki, G., Armstrong, G., Berry, H. L., Weaver, H. J., Hanna, E. G., Bi, P., ... & Spickett, J. T. (2011). Preparing health services for climate change in Australia. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 23(2_suppl), 133S-143S.
- Botello, A. V., Gonzalez, C., & Diaz, G. (1991). Pollution by petroleum hydrocarbons in sediments from continental shelf of Tabasco State, Mexico. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 47(4), 565-571.
- Botello, A. V., Ponce, G., Toledo, A., Díaz, G., & Villanueva, S. (1992). Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. *Ciencia y desarrollo*, 17(102), 28-48.
- Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED). (1995). Guía para el tratamiento y disposición final de medicamentos y fármacos caducos. Primera edición 1995.
- Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2011). Tratamientos de suelos contaminados. México D.F.: Secretaría de Gobernación, Centro Nacional para la Prevención de Desastres, 2011.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., Friel, S., Groce, N., Johnson, A., Kett, M., Lee, M., Levy, C., Maslin, M., McCoy, D., McGuire, B., Montgomery, H., Napier, D., Pagel, C., Patel, J., de Oliveira, J.A., Redclift, N., Rees, H., Rogger, D., Scott, J., Stephenson, J., Twigg, J., Wolff, J. and Patterson, C. (2009), *Managing the health effects of climate change*: Lancet and University College London Institute for Global Health.
- Díaz-Barriga, F., Santos, M. A., Yáñez, L., Cuellar, J. A., Ostrosky-Wegman, P., Montero, R., ... & Gomez, H. (1993). Biological monitoring of workers at a recently opened hazardous waste disposal site. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology*, 3, 63-71.
- DOF (1994). NOM-CRP-002-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

- DOF (1994). NOM-CRP-002-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- DOF (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2003.
- DOF (2003). NOM-087-SEMARNAT-SSA. 2002. Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que presentan atención médica. México D.F.: Secretaría de Salud y Asistencia, 2002.
- DOF (2003). NOM-087-SEMARNAT-SSA. 2002. Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que presentan atención médica. México D.F.: Secretaría de Salud y Asistencia, 2002.
- DOF (2006). NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- DOF (2006). NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- DOF (2007). NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004, establece criterios para la caracterización y determinación de concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los criterios de remediación.
- DOF (2007). NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004, establece criterios para la caracterización y determinación de concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los criterios de remediación.

- DOF (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.
- DOF (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.
- DOF (2016). NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo.
- DOF (2016). NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo.
- Gavilán, G.I. (2012). Guía técnica de acción para residuos químicos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Griffith, J., Duncan, R. C., Riggan, W. B., & Pellom, A. C. (1989). Cancer mortality in US counties with hazardous waste sites and ground water pollution. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 44(2), 69-74.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kümmerer, K. (2010). Why Green and Sustainable Pharmacy?. In *Green and sustainable pharmacy* (pp. 3-10). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ley 7438. (1989). Convenio De Basilea Sobre El Control De Los Movimientos Transfronterizos De Los Desechos Peligrosos Y Su Eliminación, 1989.
- Martínez, J., Mallo, M., Lucas, R., Álvarez, J., Ssalvarrey, A., Gristo, P. Guía para la gestión integral de residuos peligrosos, fundamentos tomo I. centro coordinador del convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.
- Naciones Unidas. Programa para el medio ambiente. Convenio de Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación final. Acta Final. Nairobi, 1989.
- Ramos Alvariño, C. (2006). Los residuos en la industria farmacéutica. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 37(1), 25-31.

- Salas, J.C. y Quesada, H. Manejo de desechos peligrosos en el ITCR. Segunda Fase: Evaluación Preliminar. Informe Final Proyecto de Investigación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 2006.
- Salomón, A. (2006). La industria farmacéutica en México. *Comercio exterior*, 56(3), 219-223.
- Sardiñas Peña, O., Trujillo, C., García Melián, M., & Fernández Novo, M. (2001). Evaluación de riesgos para la salud por exposición a residuos peligrosos. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 39(2), 144-146.
- SEMARNAT (2008). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008.
- Singleton, J. A., Nissen, I. M., Barter, N., & McIntosh, M. (2014). The global public health issue of pharmaceutical waste: what role for pharmacists?. *Journal of Global Responsibility*, 5(1), 126-137.
- Smith, C. A., & McCauley, J. R. (2006). *U.S. Patent No. 7,096,161*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Soto, F., Obaya, A., & Guerrero, C. (1996). Clasificación e identificación de residuos peligrosos. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 40(3), 123-130.
- SSA (2003). Guía para el manejo y tratamiento de residuos biológico infecciosos en unidades de salud. México D.F.: Secretaria de Salud, 2003.
- Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL (2016). Programa institucional para el manejo y gestión de residuos.

ANEXO

Anexo 1. Propuesta de guía para el manejo de residuos peligrosos en el centro de investigación en biotecnología.

GUÍA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

Pamela González Fuentes
Alexis J. Rodríguez Solís

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR, 2018), los residuos peligrosos son aquellos que poseen características que les confieren peligrosidad (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o son biológicos-infecciosos). Además de la industria, otros establecimientos como clínicas, laboratorios de enseñanza e instituciones de investigación también los generan.

El Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB) cuenta con **11 laboratorios** de investigación que debido a sus actividades inherentes continuamente generan diferentes tipos de residuos, incluidos aquellos clasificados como peligrosos, los cuales son clasificados internamente como residuos peligrosos químicos y residuos peligrosos biológico-infecciosos. Durante el periodo 2012-2017, los diferentes laboratorios del CEIB generaron cerca de 15 toneladas de residuos peligrosos. Debido al contacto con residuos peligrosos al que está expuesto el personal de la institución es imprescindible manejarlos correctamente apegándose a las Normas Nacionales.

El problema del manejo inadecuado de los residuos peligrosos se ha hecho más agudo debido a la falta de consciencia y conocimientos técnicos por parte de los generadores para su manejo y disposición adecuada. Por lo que es necesario que las instituciones de investigación cuenten con programas, planes o manuales para el manejo de residuos peligrosos que generan, basados en legislación ambiental en materia de residuos, mismos que deben estar al alcance de los actores involucrados en su generación y manejo, personal de intendencia, técnicos académicos, investigadores y estudiantes de los diferentes niveles. La presente guía está diseñada para que las personas que tienen contacto con los residuos peligrosos puedan consultarla y poner en práctica lo mencionado en ella.

OBJETIVO

El objetivo de la presente guía es establecer el procedimiento para el manejo adecuado de los residuos peligrosos generados en el Centro de Investigación en Biotecnología, minimizando los riesgos a la salud y al ambiente cumpliendo con la normatividad aplicable.

MARCO LEGAL

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Reglamento de la Ley general del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-118-STPS-2015, Establece el sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

MARCO DE REFERENCIA

Residuos peligrosos

Son aquellos que poseen algunas de las características **CRETIB** que les confieren peligrosidad (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad o son Biológicos-infecciosos). Así como los envases, embalajes y suelos contaminados de acuerdo con lo establecido en la Ley General Para la Gestión Integral de Residuos (LGPGIR, 2018).

Clasificación de los Residuos peligrosos

La clasificación de un residuo peligroso (tabla 1) se establece en las Normas Oficiales Mexicanas, estas especifican la manera de determinar sus características, incluyen los listados de los mismos y fijan los límites máximos de concentración de sustancias contenidas en ellos con base en los conocimientos científicos y evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo (LGPGIR, 2018).

Tabla 1. Tipos, descripción y pictogramas de los Residuos Peligrosos.

Tipo de Residuos	Descripción	Pictograma
Corrosivo	Es un líquido acuoso con un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.0. Un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.0. Un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón a una velocidad de 6.35 mm o más por año, o a una temperatura de 328°K (55°C).	
Reactivo	Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición. Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.	
Explosivo	Cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.	

Continuación Tabla 1.

<p>Tóxico</p>	<p>Cuando el extracto PECT contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la tabla 1 en una concentración mayor a los límites ahí señalados, la cual deberá obtenerse según los procedimientos que se establecen en las Normas Mexicanas correspondientes.</p>	
<p>Inflamable</p>	<p>Cuando es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5°C, excluyendo soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%. Cuando no es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos</p>	
<p>Biológico-infeccioso</p>	<p>Son aquellos materiales generados durante los servicios de atención médica que contengan agentes biológico-infecciosos y que puedan causar efectos nocivos a la salud y al ambiente.</p>	

Residuos peligrosos químicos

Otra forma de identificarlos es de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000 que establece un sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo (Figura 1). Con ayuda de este código se puede asegurar la identificación de los residuos peligrosos químicos.



Figura 1. Modelo de rombo para sustancias peligrosas de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000.

Este modelo fue eliminado en la actualización de 2015 (DOF, 2015) de la NOM-018-STPS-2000, y se sustituyó por los pictogramas de peligro correspondientes (Figura 2), sin embargo, aún existen recipientes con sustancia químicas al interior de CEIB, fabricadas antes de 2015, que utilizan el modelo de rombo.



Figura 2. Pictogramas de peligro de acuerdo a la actualización 2015 de la NOM-018-STPS-2000.

Para lograr una buena clasificación de los residuos peligrosos deben de identificarse correctamente desde el momento de su generación.

- ✚ Es necesario que los contenedores cuenten con etiquetas que describan al residuo, mencionando las características CRETIB del mismo, la incompatibilidad con otros residuos de acuerdo a lo descrito en la NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos registrados como peligrosos y las medidas de seguridad para manipularlos.

Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos

Para el manejo de los RPBI deben de separarse de acuerdo a su clasificación y estado físico en los recipientes o bolsas adecuadas de acuerdo a lo que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Envasado y recipientes para residuos peligrosos biológico infecciosos.

Clasificación	Estado físico	Envasado	Tipo de envase	Color
Sangre	Líquido	Recipientes herméticos		
Cultivos y de cepas de agentes infecciosos	Sólido	Bolsas de polietileno		
Patológicos	Sólidos/líquidos	Bolsas de polietileno y Recipientes herméticos	 	
Residuos no anatómicos	Sólidos/líquidos	Bolsas de polietileno y Recipientes herméticos	 	
Objetos punzocortantes	Sólidos	Envases de polipropileno		

Identificación de residuos

-  La etiqueta debe ir pegada en el contenedor en un lugar visible, indicando sus características de peligrosidad. Los contenedores deben ser de un material resistente que no se deforme al contacto con los residuos.
-  Los contenedores no deben sobrepasar el 80% de su capacidad para evitar derrames en el traslado desde el lugar de su generación hasta el almacén temporal de residuos peligrosos.

✚ Cada laboratorio debe de contar con una bitácora de registro de la generación de residuos peligrosos. De acuerdo a lo indicado por el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos debe contar con la siguiente información:

- Área generadora de residuos
- Cantidad desechada (peso o volumen)
- Fecha de generación
- Nombre del residuo generado
- Características de peligrosidad del residuo
- Firma del responsable

Manejo interno

Cada laboratorio es responsable de manejar, desechar y etiquetar correctamente los residuos peligrosos. Siempre que se tenga contacto con los residuos peligrosos se debe usar el Equipo de Protección Personal (EPP) (Tabla 3).

Tabla 3. Equipo de protección personal para el manejo de residuos peligrosos

Equipo	Ejemplos
Guantes de nitrilo o guantes para manejo de ácidos	
Bata de manga larga y de algodón	
Zapatos cerrados	

Almacenamiento temporal de residuos peligrosos

Una vez envasados, los residuos peligrosos deben ser llevados al almacén temporal (tabla 4), donde permanecerá un periodo corto de tiempo para después ser llevados por la empresa recolectora. Los residuos peligrosos deben almacenarse cuidadosamente evitando que se mezclen residuos incompatibles, siguiendo la NOM-054SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos registrados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 y por la NOM-002-SCT2-1994, que indica el listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

Tabla 4. Características especificaciones para el almacén temporal de Residuos Peligrosos

Especificaciones de almacenes temporales de residuos peligrosos
Aislados de fuentes de calor
Aislados de luz
Aislados de humedad
Ordenados y sin obstáculos
Señalamientos y letreros alusivos
Sistemas de extinción de incendios
Equipos de seguridad
Canaletas para lixiviados
Alarmas contra accidentes

Referencias bibliográficas

DOF (2003). NOM-087-SEMARNAT-SSA. 2002. Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que presentan atención médica. México D.F.: Secretaría de Salud y Asistencia, 2002. DOF 17-02-2003.

- DOF (2006). NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicada DOF 23-06-2006.
- DOF (2018). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicada DOF 19-01-2018.
- SEMARNAT (2008). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008.
- SSA (2003). Guía para el manejo y tratamiento de residuos biológico infecciosos en unidades de salud. México D.F.: Secretaria de Salud, 2003.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

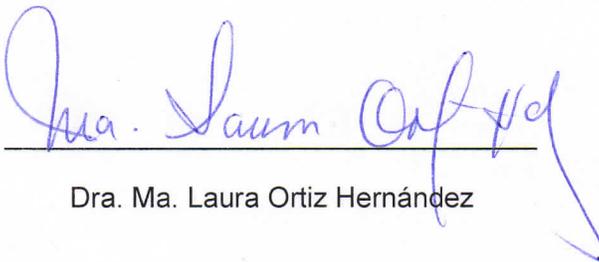
Cuernavaca, Morelos, 20 de noviembre de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

Como miembro del Jurado de la alumna **C. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES** con número de matrícula **10010299**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada “**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA-UAEM**”, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



Dra. Ma. Laura Ortiz Hernández



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 20 de noviembre de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado de la alumna **C. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES** con número de matrícula **10010299**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada "**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA-UAEM**", considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

Dra. Patricia Mussali Galante



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 20 de noviembre de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado de la alumna **C. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES** con número de matrícula **10010299**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada “**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA-UAEM**”, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

Dr. Alexis J. Rodríguez Solís



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 20 de noviembre de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado de la alumna **C. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES** con número de matrícula **10010299**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada “**DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA-UAEM**”, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

M.MRN. Benedicta Macedo Abarca



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

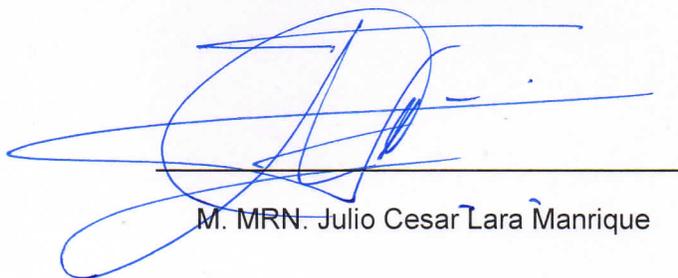
Cuernavaca, Morelos, 20 de noviembre de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado de la alumna **C. PAMELA GONZÁLEZ FUENTES** con número de matrícula **10010299**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA-UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



M. MRN. Julio Cesar Lara Manrique