

62  
Zij



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

CAMPUS " I Z T A C A L A "

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS  
BIOLOGICO-INFECCIOSOS (punzocortantes  
metálicos) EN LAS UNIDADES DE INVESTIGACION  
Y CLINICAS DE SALUD DE LA UNAM  
*Campus IZTACALA*

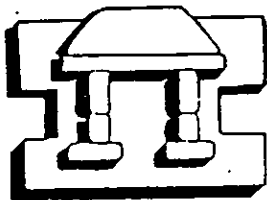
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A**

**JOEL RODRIGUEZ SERVIN**



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA,

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

276893



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a la familia Rodríguez Servín:*

*A mi padre Joel Rodríguez Gutiérrez*

*A mi madre Guadalupe Servín Villafañia*

*A mis hermanas Mónica Rodríguez Servín y Adriana Rodríguez Servín*

*A mi sobrina Karla Fernanda Rodríguez Rodríguez*

*Infinitamente estaré agradecido con ustedes*

*Agradezco a C. Argelia Cano Reveles*

*A la familia Rodríguez y a la familia Servín, en especial a mi abuela  
María de la Paz Villafañia*

*Gracias a: Alvaro, Claudia Fernanda, Mónica, Erika, Alejandro, Miguel, Maricarmen, José Antonio, Israel, Martín, Nicolás, Pedro, Laura, Julián, Rosa, Eugenia, Gerardo, Francis, Maribel, Elba, Carmen, y a un número incontable de personas a las que he tenido la fortuna de*

*conocer*

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi reconocimiento y respeto a la QFB Irma Delfin Alcalá, por haberme apoyado en la dirección del presente trabajo.

Asimismo manifiesto mi reconocimiento a los revisores de este estudio: Dr. Ignacio Peñalosa Castro, M. en C. Hector Barrera Escorcia, Biol. Maria Eugenia Heres Pulido y a la QFB. Gloria Paniagua Contreras, quienes con sus comentarios enriquecieron este trabajo.

A todo el equipo de trabajo del Anexo de Química L-424, por su incondicional apoyo.

Al equipo de PROFIA en especial al Biol. Carlos Palacios y a Celina Matus Hernández por facilitarme el equipo y materiales para concluir este trabajo, así como por su sincera amistad.

Al Instituto Mexicano del Petróleo, por el apoyo brindado y las experiencias profesionales adquiridas.

A los compañeros y compañeras de toda la vida..

GRACIAS

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. Descripción de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	3
1.1. Definición de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	4
1.2. Clasificación y Caracterización de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	5
1.3. Manejo de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	7
2. Riesgos a la salud y al ambiente provocados por los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	13
2.1. Efectos al Ambiente.....	14
2.2. Efectos sobre la Salud Humana.....	15
3. Legislación en materia de residuos Peligrosos Biológico- Infeciosos.....	17
3.1. Normatividad.....	18
ANTECEDENTES.....	19
OBJETIVOS.....	22
JUSTIFICACIÓN.....	23
MÉTODO.....	25
DESCRIPCIÓN DEL <i>CAMPUS</i> IZTACALA.....	29
RESULTADOS.....	34
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
CONCLUSIONES.....	72
ANEXOS.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	95



## **MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS (punzocortantes metálicos) EN LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN Y CLÍNICAS DE SALUD DE LA UNAM *Campus* IZTACALA**

### **INTRODUCCIÓN**

En la mayoría de los casos, el aprovechamiento de los recursos naturales sólo se ha orientado hacia la obtención de bienes de consumo, lo que si bien han traído innumerables beneficios a la población ha dejado en segundo término la recuperación del entorno natural. El descuido en el mantenimiento de la calidad del ambiente ocasionado por la falta de control en la generación de residuos, se refleja en la modificación de los ecosistemas con la consecuente pérdida de la biodiversidad, así como en la aparición de un factor de riesgo para la salud del ser humano.

Factores como el elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, las costumbres de la población orientadas al consumo de artículos desechables y su tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos, ha ocasionado modificaciones en cuanto al volumen y composición de los residuos (Sancho, 1998).

Los centros de educación y entre ellos, las universidades y los institutos de investigación, no son ajenos a este problema. Como resultado de sus actividades se generan diversos residuos sólidos y líquidos que en muchos casos no reciben el manejo adecuado en relación con su clasificación, envasado, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (Delfin, 1996). El problema es más serio cuando se considera el papel de las Instituciones que imparten licenciaturas que por su propia naturaleza utilizan (como parte de la actividad docente) materiales que después de haber sido utilizados, son caracterizados como residuos peligrosos. En este supuesto se inscribe la UNAM *campus* Iztacala.



Forman parte de esos desechos peligrosos los residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI), materiales que representan riesgos y ofrecen dificultades para su manejo debido al carácter infeccioso de sus fracciones componentes. Contribuyen a acrecentar tales riesgos y dificultades la heterogeneidad de su composición y la presencia frecuente de objetos cortantes y punzocortantes. Estos desechos no solo amenazan la salud de la población interna, sino también pueden ser causa de deterioro ambiental que trascienda los límites de la universidad, generando molestias y pérdida de bienestar a la población aledaña a la institución y constituyendo un riesgo a la salud de aquellos sectores de la comunidad que se vean expuestos al contacto directo con material infeccioso o contaminado, durante el almacenamiento o el traslado de los residuos fuera de la universidad, para su tratamiento o disposición final (Monreal, 1991).

En México la legislación vigente en materia de residuos peligrosos, es muy rigurosa, especialmente en lo que se refiere a residuos biológico infecciosos. Prueba de ello son los documentos de carácter legal que se han desarrollado, y que obligan a todos los generadores a llevar un manejo integral que abarque desde la generación misma, hasta desarrollar procedimientos de clasificación, envasado, recolección interna, almacenamiento temporal, tratamiento, recolección externa y disposición final.

El manejo de los residuos peligrosos necesita una adecuada infraestructura material y técnica y la atención de personal especializado; condiciones que en muchos casos, debido a su alto costo no se implementa en las instituciones.

Los nuevos programas de manejo de residuos sólidos contemplan entre sus objetivos:

- Procurar la minimización en la generación de residuos
- Fomentar la recuperación de materiales e insumos secundarios
- Realizar el manejo seguro de los residuos peligrosos generados
- Promover la valoración de los residuos peligrosos, orientándolos en el sector ambiental de la economía
- Integrar nuevas cadenas productivas para los residuos de alto valor comercial

(Instituto Nacional de Ecología, 1996)



Estos procedimientos se pueden realizar sólo si se conocen las áreas generadoras y los procesos que están generando residuos, lo que permite identificar a aquellos procesos que representen un mayor riesgo y sus posibles soluciones.

A continuación se hace referencia a :

1. Descripción de los residuos peligrosos biológico-infecciosos
2. Riesgos a la salud y al ambiente provocados por los residuos peligrosos biológico-infecciosos
3. Legislación en materia de residuos peligrosos biológico-infecciosos

### **1. Descripción de los residuos peligrosos biológico-infecciosos**

La generación de RPBI es un problema complejo y de difícil manejo, ya que pone en riesgo no sólo a los pacientes y al personal que labora en las Instituciones de salud, sino también afecta a la comunidad externa que pueda entrar en contacto directo con ellos y con el ambiente.

Los principales generadores de RPBI son los establecimientos que prestan servicios de atención médica, así como las unidades de investigación y enseñanza. Como generadores podemos encontrar: hospitales, clínicas generales, laboratorios clínicos, institutos de enseñanza e investigación, unidades veterinarias y centros antirrábicos. Sin descartar, a la población en general que por sus necesidades particulares contribuye con un porcentaje importante de RPBI.

Cada uno de los centros anteriormente nombrados, principalmente los de la atención a la salud, generan una variedad de residuos sólidos que por sus características intrínsecas, representan distintos riesgos a la población y el ambiente; así como ofrecen dificultades para su manejo.

Como parte de los residuos sólidos generados podemos encontrar dos tipos: los residuos sólidos municipales o generales y los residuos de difícil manejo considerados como peligrosos. Los primeros se generan como resultado de actividades humanas cotidianas. Este tipo de desechos no representan un riesgo a





la salud si son dispuestos adecuadamente, entre ellos podemos encontrar: residuos derivados de la jardinería, restos de comida, papel, cartón, plástico, textiles, vidrio, aluminio, y otros metales, etc. (Tchobanoglous, 1994), muchos de los cuales pueden ser reutilizados y transformados en nueva materia prima. Los segundos son considerados como peligrosos ya que pueden ser letales, debido a que no se degradan fácilmente y llegan a bioacumularse (Environmental Protection Agency (EPA), 1989).

Tomando en cuenta el total de residuos sólidos generados por una institución médica, el 85% corresponde a residuos municipales, entre un 10 y un 40 % son residuos biológico infecciosos (Monreal, 1991), en tanto que los residuos peligrosos tóxicos ascienden solamente a un 5% (Organización Panamericana de la Salud, 1996).

### **1.1. Definición de residuos peligrosos biológico-infecciosos**

Para que un residuo sea considerado como peligroso deberá presentar en cualquier estado físico alguna de las siguientes características: ser corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, o biológicamente infeccioso. (La norma mexicana NOM-052-ECOL-1993, maneja ésta clasificación y la abrevia como el código CRETIB).

De acuerdo al código CRETIB, los RPBI se definen como: aquellos residuos que contienen bacterias, virus, u otros microorganismos con capacidad de causar infección, o que contienen o pueden contener toxinas producidas por microorganismos que afectan directa o indirectamente la salud de los seres vivos o que repercuten en el ambiente (NOM- 087- ECOL- 1995).

En el programa de Salud Ambiental, dirigido por Monreal\* (1991), se considera que los residuos infecciosos además de contener gérmenes patógenos, necesitan estar en cantidad suficiente y con virulencia suficiente para que puedan causar al huésped una enfermedad infecciosa (\*consultor de la Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud).



La EPA (1989) define a un RPBI como aquél que es generado durante el diagnóstico, tratamiento, o la inmunización de seres humanos y animales, así como también los que se generan en los centros de investigación, producción y prueba de biológicos.

## 1.2. Clasificación y caracterización de los residuos peligrosos biológico-infecciosos

Los componentes principales que deben ser tomados en cuenta al realizar la clasificación de los RPBI son: el carácter orgánico de los residuos, su putrescibilidad, su peligrosidad infecciosa, el lugar o área donde se generan, entre otras (Cortés, 1996).

La norma mexicana NOM-087-ECOL-1995, establece la siguiente clasificación para los RPBI:

- Sangre
- Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos
- Patológicos
- Residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y de los laboratorios
- Objetos punzocortantes usados o sin usar

A continuación se describen:

- **Sangre**

Dentro de este grupo se encuentran todos los productos derivados de la sangre, incluyendo plasma, suero y paquete globular; así como todos aquellos materiales contaminados por éstos (aún cuando se hayan secado) y recipientes que los contienen o contuvieron (En el Anexo 1 se presenta una tabla con los residuos médicos y de investigación comúnmente generados).

- **Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos**

Se incluyen los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación, así como los generados en la producción de agentes biológicos. También se incluyen los instrumentos y aparatos usados para transferir, inocular y



mezclar cultivos, así como vacunas vencidas o utilizadas y filtros de áreas altamente contaminadas (Cantanhede, (Guía) 1994).

- **Patológicos**

Se considera en esta categoría a los tejidos, órganos, partes y fluidos corporales que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica. Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico e histológico. Los cadáveres de pequeñas especies animales provenientes de clínicas veterinaria, centros antirrábicos o los utilizados en los centros de investigación.

La EPA (1989) considera únicamente a los residuos provenientes de animales, entre los que incluye: cadáveres, partes de animales infectados, así como las camas o pajas usadas, provenientes de laboratorios de investigación médica, veterinaria o industrial. Se considera que los cadáveres o restos de partes anatómicas no representan un riesgo cuando van a enterrarse o a cremarse.

La Secretaría de Salud (1994) hace referencia a que los residuos como dientes, cabello o uñas, no se consideran como RPBI, si no están contaminados con algún fluido.

- **Residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y de los laboratorios**

Dentro de esta categoría se considera al equipo, material y objetos utilizados durante la atención a humanos o animales y a los equipos y dispositivos desechables utilizados para la exploración y toma de muestras biológicas.

En la clasificación alemana se incluye entre estos materiales infecciosos a las toallas sanitarias desechables y a los pañales desechables (Hueber, 1992).

- **Objetos punzocortantes**

Se refiere a todos aquellos objetos que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento; incluye: navajas, lancetas, jeringas, pipetas Pasteur, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuaje, bisturíes, cajas petri, cristalería entera o rota, porta y cubre objetos, tubos de ensayo y similares.



### 1.3. Manejo de los residuos peligrosos biológico-Infecciosos

El flujo de los residuos desde su generación hasta su disposición final debe depender de una serie de procedimientos y rutinas realizados en primer instancia por personal capacitado, involucrado directamente con el manejo de dichos residuos. El personal debe tener un conocimiento pleno del manejo adecuado, así como de las medidas de seguridad, lo que le permitirá involucrar al público en general y motivarlo a cooperar para evitar riesgos (Secretaría de Salud, 1994).

Es importante señalar que para realizar el manejo de los RPBI se tienen que tomar en cuenta las características particulares de la Institución, ya que el volumen total dependerá del tipo de servicios médicos y de investigación que se realizan, así como de la magnitud de la población involucrada en ello.

Debido al carácter peligroso de estos residuos, el costo de su manejo es muy alto. La disposición final de aproximadamente una tonelada de residuos infecciosos en 1996 costaba 1000 dólares (Teorema, 1996).

En la NOM-087-ECOL-1995, se establecen los procedimientos básicos para manejar los RPBI, mismos que se describen a continuación:

- Identificación de los residuos y de las actividades que los generan
- Envasado de los residuos generados
- Recolección y transporte interno
- Almacenamiento temporal
- Recolección y transporte externo
- Tratamiento
- Disposición final

A continuación se describen:

- **Identificación y envasado**

Identificar y envasar los RPBI es una práctica que las Instituciones realizan frecuentemente, con la finalidad de disminuir costos en el manejo interno y externo de los residuos y no con el propósito de reducir riesgos sanitarios asociados con al manejo de las fracciones infecciosas (Monreal, 1991).



En el cuadro 1 se describe la forma como deben identificarse y envasarse los RPBI.

Cuadro 1. Clasificación de los RPBI en función de sus características físicas y biológico infecciosas

TIPO DE RESIDUO	ESTADO FÍSICO	ENVASADO	COLOR
Sangre	Sólidos	Bolsa de plástico	Rojo
Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos			
Residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y los laboratorios	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
Patológicos	Sólidos	Bolsa de plástico	Amarillo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Amarillo
Objetos punzocortantes usados y sin usar	Sólidos	Recipientes rígidos	Rojo

(NOM-087-ECOL-1995)

Las bolsas deben ser de polietileno impermeables y sólo se deberán llenar al 80% de su capacidad.

Los recipientes destinados a los residuos punzocortantes deben ser rígidos, de polipropileno resistente a fracturas, indestructibles por métodos fisicoquímicos, esterilizables, con tapa de seguridad o cierre hermético, con o sin separador de agujas. Deben ser de color rojo y estar hechos de un material libre de metales pesados y cloro. Se les debe adherir una etiqueta que indique "PELIGRO. RESIDUOS PUNZOCORTANTES BIOLÓGICO INFECCIOSOS" y estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico (Anexo 2). Una vez llenos, los recipientes no deben ser abiertos ni vaciados.

Los recipientes de los residuos líquidos, deben ser rígidos, con tapa hermética, estar etiquetados con la leyenda: "PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS LIQUIDOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" y estar marcados con el



símbolo universal de riesgo biológico. Una vez llenos, los recipientes no deben ser abiertos ni vaciados.

- **Recolección y transporte interno**

Durante la recolección y el transporte de los RPBI, es necesario no poner en riesgo las áreas donde se encuentran los empleados, alumnos o público en general. Se deben establecer rutas de recolección, las cuales van a depender principalmente del volumen generado en cada unidad y de la ubicación de las zonas que pudieran sufrir contaminación, como son: áreas de alimentos, de recreación, sanitarios, etc. (Lehovec, 1996).

Es necesario contar con un horario de recolección dependiendo de la carga de trabajo. Esta actividad, por lo menos debe de realizarse una vez por turno (Secretaría de Salud, 1994).

La NOM-087-ECOL-1995 establece las características que se deben de tomar en cuenta para la recolección y el transporte:

- Se necesitan carros manuales para la recolección y depósito en el área de almacenamiento. Éstos se desinfectarán diariamente con vapor o con algún producto químico y deberán tener la leyenda "USO EXCLUSIVO PARA RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS", y estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico
- El equipo mínimo de protección del personal que efectúe la recolección consistirá, en uniforme completo, guantes y mascarilla
- No se pueden transportar los residuos por medio de ductos o tolvas de emisión (Monreal, 1991)

- **Almacenamiento**

El área destinada para el depósito de los RPBI debe tener capacidad para soportar tres veces el volumen promedio de generación por día, y únicamente servirá para almacenar este tipo de residuos.

Es importante considerar el lugar donde se localiza el área de almacenamiento, ya que éste debe de estar alejado de las áreas de cocina, comedor, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento,



oficinas, talleres y edificios generales.

Los residuos peligrosos biológicos infecciosos envasados deberán almacenarse en contenedores con tapa, rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, y portar la leyenda: "PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS"

Las características que debe de tener el área de almacenamiento son:

- Debe estar techada y ubicada donde no haya riesgo de inundación, y ser de fácil acceso
- Contar con extinguidores
- Contar con muros de contención lateral y posterior, de una altura mínima de 20 centímetros para detener derrames
- Contar con letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles
- Contar con una pendiente del 2% en sentido contrario a la entrada. No deben existir conexiones de drenaje en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de comunicación que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área

En el cuadro 2 se presenta el nivel a que corresponden los establecimientos, dependiendo de la capacidad de atención y los servicios brindados.

Cuadro 2. Se presentan los establecimientos de salud e investigación según el nivel al que corresponden

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
*Clínicas de consulta externa y veterinarias en pequeñas especies *Laboratorios clínicos que realicen de 1 a 20 análisis al día	*Hospitales que tengan de 1 a 50 camas *Laboratorios clínicos que realicen de 21 a 100 análisis al día	*Hospitales con más de 50 camas *Laboratorios clínicos que realicen mas de 100 análisis clínicos al día *Laboratorios para la producción de biológicos. *Centros de enseñanza e investigación *Centros antirrábicos

(NOM-087-ECOL-1995)



En el cuadro 3, se presenta el periodo de almacenamiento temporal a temperatura ambiente, según el tipo de establecimiento.

Cuadro 3. Determinación del tiempo según el tipo de nivel que presenten los establecimientos

Nivel I: hasta 7 días
Nivel II: hasta 96 horas.
Nivel III: hasta 48 horas.

(NOM-087-ECOL-1995)

Los residuos patológicos humanos o de animales deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4° C.

• **Recolección y transporte externo**

La recolección y el transporte externo junto con el tratamiento, son las actividades mas costosas en el manejo de los RPBI (Tchobanoglous, 1994).

Para realizar esta actividad se requiere llevar a cabo las siguientes acciones:

- Sólo se podrán recolectar los residuos que cumplan con el envasado, embalado y etiquetado
- Los residuos peligrosos biológico infecciosos no deberán ser compactados durante su recolección y transporte
- Los contenedores deben ser lavados y desinfectados después de cada ciclo de recolección
- Los vehículos recolectores deberán ser de caja cerrada hermética y contar con sistemas de captación de escurrimientos, además de sistemas mecanizados de carga y descarga. Deben contar con sistemas de refrigeración para mantener los residuos a una temperatura igual o menor a 4°C
- Los residuos peligrosos sin tratamiento no deben de mezclarse con ningún otro tipo de residuo municipal o industrial





## • Tratamiento

Se refiere a los procesos utilizados para modificar los residuos con el fin de cambiar su carácter biológico, para reducir o eliminar su potencial infeccioso.

El tratamiento tiene varios propósitos:

- Desinfectar o esterilizar los desechos para que no propaguen microorganismos patógenos
- Reducir el volumen de residuos para facilitar el almacenamiento y transporte
- Volver irreconocibles los residuos para prevención de un posible accidente físico y por razones estéticas
- Impedir la reutilización de los artículos contaminados "reciclables" (Organización Panamericana de Salud. 1996)

Para seleccionar una técnica particular de tratamiento, se deben de contemplar los siguientes factores:

- Las características físicas, químicas y microbiológicas del residuo
- La generación de los residuos
- La disposición final de los desechos resultantes
- La disponibilidad de la tecnología para los tratamientos seleccionados
- Los costos de inversión y del presupuesto disponible
- La disponibilidad del personal calificado
- La accesibilidad de partes y refacciones
- Los controles ambientales exigidos para la legislación vigente (Dávila, 1993)

Para el tratamiento de los RPBI la normatividad mexicana permite utilizar alternativas viables como: incineración, esterilización, microondas, pirólisis y otras alternativas físicas y químicas; siempre y cuando garanticen la eliminación del factor infeccioso o peligroso del residuo, que los residuos queden irreconocibles y que no se genere ningún contaminante del aire, el agua o el suelo.

En el anexo 3 se presentan las características de los métodos de tratamiento más utilizados.



- **Disposición final**

Una vez tratados e irreconocibles, los RPBI se podrán eliminar como residuos no peligrosos.

Las celdas especiales deben presentar las siguientes características:

- Impermeabilización segura para evitar contaminación de los suelos cercanos y de las fuentes de agua subterránea
- Cobertura inmediata con capas de tierra de por lo menos 50 cm de espesor, para aislar los desechos
- Evitar el uso de palas mecánicas que puedan romper los recipientes y desparramar los objetos contaminados
- Acceso restringido, sólo el personal entrenado debe acercarse a estos sitios y debe usar ropa de protección

Los restos anatomopatológicos, como son las partes del cuerpo humano, pueden ser enterrados en el cementerio local. Por lo general, deben ser sometidos previamente a un tratamiento de desinfección química utilizando formol. Se requiere solicitar a las autoridades los permisos respectivos.

Los trabajos experimentales realizados para la desecación de cadáveres de animales de laboratorio con cal es viable, se ha comprobado que no se generan malos olores, ni se propagan agentes infecciosos alrededor (Flores, 1996).

## **2. Riesgos a la salud y al ambiente provocados por los residuos peligrosos biológico infecciosos**

En México se han notificado problemas ambientales y de salud derivados de una disposición inadecuada de RPBI. Al igual que en otros países, dichos residuos se han transferido de un medio a otro de manera que es difícil establecer una frontera entre aquellos que se emiten al aire, se vierten al agua, o se disponen en el suelo (Cortinas, 1997).

La evaluación de la exposición a los diferentes contaminantes está relacionada con la dosis, la frecuencia, la duración y la ruta a través de la cual se produce el contacto Residuo peligroso - Organismo (Ponciano, 1997).



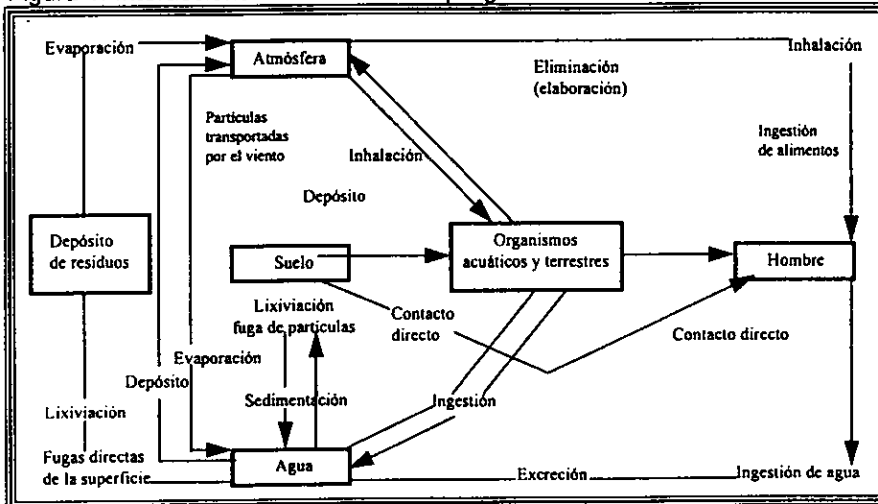
## 2.1. Efectos al ambiente

Todos los sistemas naturales tienen un límite de capacidad de acumulación o reciclaje de residuos. Cuando esta capacidad es rebasa por el incremento en la depositación de contaminantes, los efectos producidos son nocivos al ambiente y llegan a disminuir la biodiversidad de los organismos en el ecosistema.

Algunos de los residuos pueden ser transportados a distancias considerables de su fuente de origen, otros sufren cambios en su naturaleza, y otros más persisten en el lugar por largos periodos (Ponciano, 1997). Por lo general, los contaminantes pasan de los sistemas abióticos a la biota a través de diferentes vías, llegando en ocasiones a la cadena alimentaria; esto aumenta el riesgo, ya que la concentración del contaminante es cada vez mayor en cada eslabón (Bueno, 1997).

En la figura 1, se muestran las interacciones de los residuos peligrosos con los sistemas ambientales.

Figura 1. Interacciones de los residuos peligrosos con los sistemas ambientales



(National Research Council, 1991)



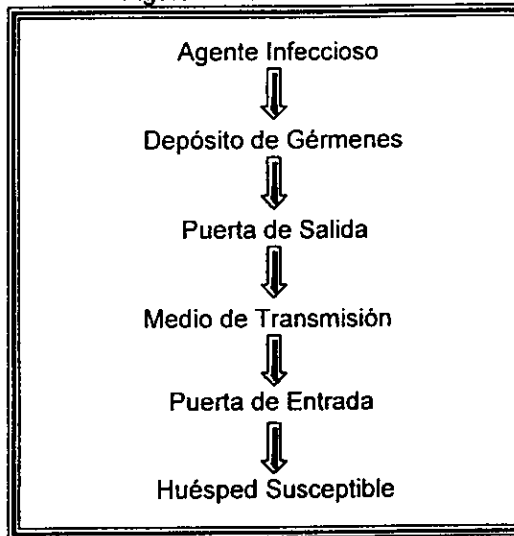
La mala disposición de los residuos peligrosos, provoca daños graves al suelo, ya que favorece la erosión y desertificación del mismo y consecuentemente la dispersión de los contaminantes, a otras zonas (Vega, 1985).

## 2.2. Efectos sobre la salud humana

Las enfermedades infecciosas son producidas por microorganismos como: bacterias, hongos, protozoarios y virus. La capacidad de estos agentes patógenos de provocar enfermedades va a depender de su potencialidad para multiplicarse en el huésped humano, de la resistencia de dicho huésped, del órgano o tejido en el que el germen penetra y de la cantidad en que se introduzca al cuerpo humano.

Para que una infección se produzca, se requiere de los siguientes elementos (figura 2), que forman lo que se denomina "cadena infecciosa":

Figura 2. Cadena infecciosa



El romper cualquiera de los eslabones de esta cadena permite controlar el brote de cualquier enfermedad (Guzmán, 1996).

Para conocer los problemas de salud que pueden causar los RPBI al ser humano, es necesario recordar las rutas de exposición a estos agentes. Las rutas



más comunes son: vía aérea, vía oral, contacto por la piel o mucosas y penetración, de acuerdo con el medio en que se encuentra el contaminante (Cuadro 4) (Ostrosky, 1997).

Cuadro 4. Contacto que puede ocurrir entre el organismo y el contaminante

TIPO DE DAÑO	CONSECUENCIAS DEL DAÑO
Inhalación	Cualquier sustancia que se encuentra en el aire puede ser inhalada, difundida por el torrente sanguíneo y alcanzar algún órgano.
Absorción por la piel	Cuando existe una lesión puede haber penetración de contaminantes, los cuales provocan desde una irritación, pueden llegar a la dermis e incluso llegar al torrente sanguíneo.
Ingestión	Consiste en la ingestión del agente biológico, que puede ser debida a la presencia de alimentos contaminados. En algunos casos la contaminación ocurre al deglutir el material que es removido por las vías respiratorias.
Penetración	Se debe a material punzocortante, el cual daña la piel y puede hacer ingresar con más facilidad al contaminante.

Los RPBI punzocortantes representan una mayor amenaza que la mayoría de los residuos peligrosos biológico infecciosos por tres razones. En primer lugar, las agujas pueden actuar como reservorios de agentes patógenos, los cuales pueden sobrevivir durante mucho tiempo. En segundo lugar, estos residuos pueden abrir una ruta directa al torrente sanguíneo al punzar la piel. En tercer lugar, existe una demanda de jeringas que muchas personas buscan en los desechos médicos (Organización Panamericana de la Salud, 1996).

Los efectos inmediatos de la exposición humana ya sea ambiental o accidental, van desde dolores de cabeza, irritaciones pulmonares y dérmicas, hasta daño serio en el funcionamiento hepático y sistema nervioso y en algunos casos hasta la muerte (Grishaw, 1996). Además del virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH) y las hepatitis B y C, los RPBI pueden transmitir otras enfermedades, ya sea por contacto con sangre o fluidos corporales contaminados. Entre estas enfermedades podemos encontrar: citomegalovirus, sífilis, brucelosis, leptospirosis, fiebre recurrente, malaria, babesiosis, infección por virus T linfotrópico, fiebre viral hemorrágica, fiebre de Lassa, entre otras (Seef, 1978).



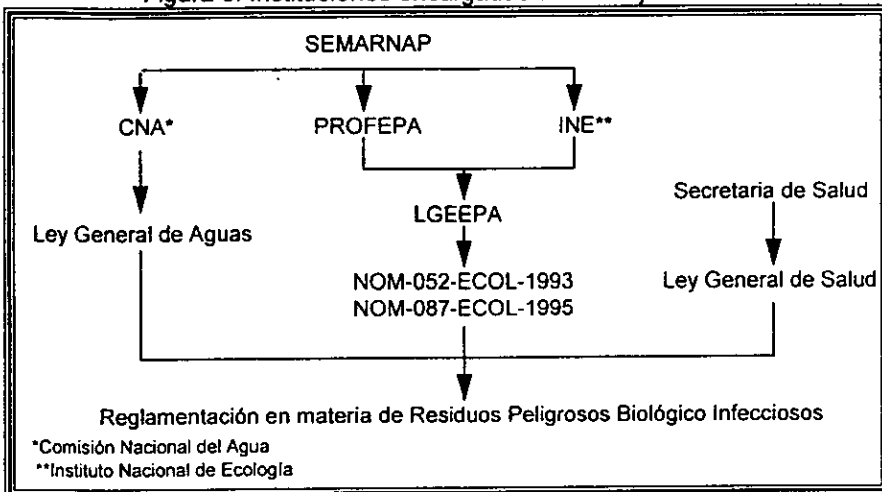
Así pues, el riesgo de contraer alguna de las anteriores enfermedades esta relacionada, con: a) la naturaleza y frecuencia de la exposición a sangre y/o fluidos corporales infectados; b) al riesgo de transmisión de la infección después de una sola exposición al patógeno y c) prevalencia de pacientes o trabajadores de la salud infectados (Ponciano, 1998).

### 3. Legislación en materia de residuos peligrosos biológico infecciosos

El marco jurídico que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos, está señalado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA), la cual entró en vigor en marzo de 1988 y se modificó por decreto en diciembre de 1996.

La Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), es la encargada, con previa opinión de otras dependencias, de expedir las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's), aplicables en cada materia (figura 3).

Figura 3. Instituciones encargadas del manejo de RPBI





### 3.1. Normatividad

La Secretaría de Desarrollo Social en el Diario Oficial de la Federación (22-X-96), publicó siete normas en materia de residuos peligrosos, entre las que destaca la Norma Mexicana NOM-052-ECOL-1993, en la que se establecen las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente. También se da a conocer el código de clasificación CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso), con el cual se reconoce a un residuo como peligroso a la salud y el ambiente.

En agosto de 1994 se publicó la Norma Mexicana NOM-087-ECOL-1994 referida particularmente a los RPBI, misma que se modificó en noviembre de 1995 dando lugar a la NOM-087-ECOL-1995. En ésta se establecen las características para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los RPBI.

En el anexo 4 se presenta el marco jurídico con los puntos más importantes acerca de los residuos peligrosos y principalmente los biológico-infecciosos; así como un breve resumen de los acuerdos internacionales en materia de residuos peligrosos en el que México participó.



## ANTECEDENTES

El interés acerca de los RPBI es una preocupación no sólo Nacional sino también Internacional; debido en gran parte a la presión que ejerce la población por sentirse en riesgo de entrar en contacto físico con materiales infecciosos depositados irregularmente (Fernández, 1996). Este interés se ha intensificado en los últimos años, ya que cada vez es mas frecuente encontrar este tipo de residuos depositados en lugares cercanos a zonas urbanas y rurales. Se conocen ejemplos de estas graves situaciones; como el caso de las bolsas con materiales punzocortantes encontradas en el Océano Atlántico y en el Golfo de México (Corona, 1996); o el depósito de estos residuos en tiraderos municipales (Excélsior, 1997; La Jornada, 1991; El Informador, 1996) y en muchos otros lugares que por sus características fisiográficas son difíciles de observar.

Se tiene conocimiento de personas dedicadas a la clasificación de residuos municipales (pepenadores) que vacían y reutilizan los contenedores de residuos punzocortantes poniendo en riesgo su salud. Asimismo, se ha documentado un negocio ilegal de materiales "desechables" como son las jeringas, las cuales se venden en clínicas rurales y otros centros de salud de zonas periféricas (Teorema, 1996). Pese a lo anterior, no se cuenta con datos de incidencia de lesiones e infecciones derivadas de estas situaciones irregulares.

En los centros de atención a la salud e investigación, el grupo más expuesto a los accidentes son los trabajadores administrativos de las áreas de atención médica (enfermeros, personal de limpieza y mantenimiento, etc.), entre los que se calcula un índice anual de 20 lesiones por cada 1,000 trabajadores, y los trabajadores del servicio de saneamiento (recolectores de basura) con un índice anual de 180 lesiones por cada 1,000 trabajadores. (Organización Panamericana de la Salud, 1996). Se ha estimado que anualmente 12,000 trabajadores de la salud desarrollan hepatitis B y de ellos aproximadamente 700 a 1,200 se vuelven portadores crónicos y 250 fallecen. Con respecto al virus de inmunodeficiencia adquirida, se ha comprobado la infección de 120 trabajadores





debido a su actividad laboral (Ponciano, 1998). Según estimaciones teóricas, el número anual de infecciones de hepatitis B en los empleados que no trabajan en hospitales, como resultado de heridas por objetos punzocortantes relacionadas con desechos médicos oscila entre 162 a 321 en comparación con un total de 300,000 para todos los casos y entre 1 a 4 casos anuales de infecciones por VIH frente a un total 35 238 casos notificados en 1989 (datos reportados en Estados Unidos) (Organización Panamericana de la Salud, 1996).

Cuando un trabajador sufre una punción con una aguja retirada de un paciente con VIH, las posibilidades de ser infectado son de 1 en 333 (Cecielski, 1990) y cuando la punción es con una aguja retirada de un paciente con hepatitis B la posibilidad es de un 6 a 30%, (Jagger, 1988 y 1990) pero alcanza un 67% cuando la fuente es además portadora de antígeno e. El riesgo de contraer la hepatitis C es de 1 a 9% (Ponciano, 1998).

Los datos que se tienen sobre posibles accidentes con RPBI en nuestro país y en el resto de América Latina, son insuficientes para poder extraer información confiable acerca de su importancia. Esto se debe a que no se ha realizado un estudio sistemático, por lo que no es posible determinar la magnitud del problema, sino sólo inferirlo a partir de la descripción de casos aislados (Cortinas, 1996).

En 1993 se dio inicio en el Instituto Nacional de Nutrición a un programa de seguimiento de accidentes, y hasta 1996 se habían registrado 236 accidentes en 222 trabajadores. Aunque no se ha documentado ninguna infección por VIH, dos trabajadores han mostrado seroconversión, uno a hepatitis B y el otro a hepatitis C (Organización Panamericana de Salud, 1996).

Se calcula que en las unidades hospitalarias del Sector Salud de la Ciudad de México se generan 136 ton / día de RPBI. Si se toma en cuenta a otros generadores, como los laboratorios, centros de investigación y clínicas veterinarias de especies menores, el volumen de estos desechos se incrementa a 200 ton / día. En toda la República Mexicana se genera un volumen promedio de 800 ton / día (Cortés, 1996).



La generación de residuos en instalaciones de salud en países latinoamericanos reporta una media de 1 a 4.5 kg. / cama / día, mientras que en los Estados Unidos se reportan hasta 8 kg. / cama / día (Cuadro 5). Es importante mencionar que esta tasa de generación tiende a aumentar con el tiempo (Monreal, 1991).

Cuadro 5. Generación estimada de RPBI en países americanos

PAÍS	AÑO DEL ESTUDIO	GENERACIÓN MÁXIMA kg./cama/día
Chile	1973	1.21
Venezuela	1976	3.71
Brasil	1978	3.80
Argentina	1982	4.20
Perú	1987	6.00
Argentina	1988	4.50
Estados Unidos	1989	6 a 8

(Monreal, 1991)

Se ha determinado que en países latinoamericanos, el contenido de residuos contaminados biológicamente fluctúa entre un 10% y un 40% del total de residuos sólidos generados por un hospital o centro de salud; en comparación con Estados Unidos en donde esta fracción varía de 5% a 10% (Monreal, 1991).

Los servicios brindados en los establecimientos dedicados a la atención de la salud y otros relacionados, presentan diferencias importantes en cuanto al volumen de residuos generado. Estas diferencias se deben tomar en cuenta para establecer el tipo de manejo particular que se debe llevar a cabo.

En México las unidades hospitalarias del sector salud son las principales generadoras de residuos médicos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Generadores de RPBI en las Unidades del Sector Salud\*

GENERADORES	PORCENTAJE DE GENERACIÓN
Pertencientes a la Secretaría de Salud	47.6
Instituto Mexicano del Seguro Social	19.8
ISSSTE	16.3
Unidades Médicas del Departamento del D.F.	8.2
Instalaciones Privadas	8.1
Total	100 %

\*Dato de alrededor de 705 unidades médicas que existen en la Ciudad de México (Cortés, 1996).



## OBJETIVOS

### Objetivo General

Proponer un esquema viable, que responda a la normatividad vigente, para el manejo integral de los objetos punzocortantes en la UNAM *campus* Iztacala; desechos que son parte de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.

### Objetivos Particulares

- Identificar las áreas generadoras de Residuos Peligrosos Biológico Infeciosos del *campus* Iztacala
- Identificar los tipos y volúmenes de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos que se generan en el *campus* Iztacala, así como la problemática de las unidades generadoras
- Diseñar, desarrollar y ensayar tratamientos destinados a eliminar la peligrosidad física y biológico-infeciosa de los objetos punzocortantes metálicos
- Proponer estrategias de manejo para los residuos punzocortantes no-metálicos



## JUSTIFICACIÓN

En diversas áreas del *campus* Iztacala se generan Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI) y hasta ahora no se han diseñado e instrumentado estrategias sistemáticas para reducir y desecharlos de manera segura acorde a la legislación vigente. La inadecuada disposición de estos residuos afecta no sólo la salud de la comunidad del *campus*, sino también a la población aledaña y a las personas que por razón de su actividad (recolección o selección de desechos sólidos) tienen contacto con este tipo de desechos, lo que puede repercutir en su salud.

La disposición final de los RPBI se realiza de forma inadecuada, ocasionando contaminación de suelos y mantos acuíferos. Asimismo, la legislación es cada vez más estricta y contempla mayores multas y sanciones para aquellas Instituciones que no tengan un manejo adecuado de estos residuos.

Por lo anterior es importante tener conocimiento de cuáles y en qué cantidad se generan estos residuos en las diversas áreas de la Institución, así como de los procedimientos que se siguen para su identificación, envasado, recolección, transporte interno y externo, almacenamiento, tratamiento y disposición final.

La norma NOM-087-ECOL-1995 obliga a la UNAM *campus* Iztacala a revisar las prácticas actuales y procurar en el corto plazo, su adecuación a la legislación establecida en el manejo y control de los RPBI.

Hasta ahora, en la Institución no se llevan a cabo los procedimientos adecuados por carecer de la infraestructura necesaria para la identificación, envasado, recolección y transporte interno externo, almacenamiento temporal, recolección, tratamiento y disposición final de los RPBI, problemática que nos impulsó a realizar un estudio que nos lleve al buen manejo de los residuos infecciosos, principalmente los punzocortantes metálicos.



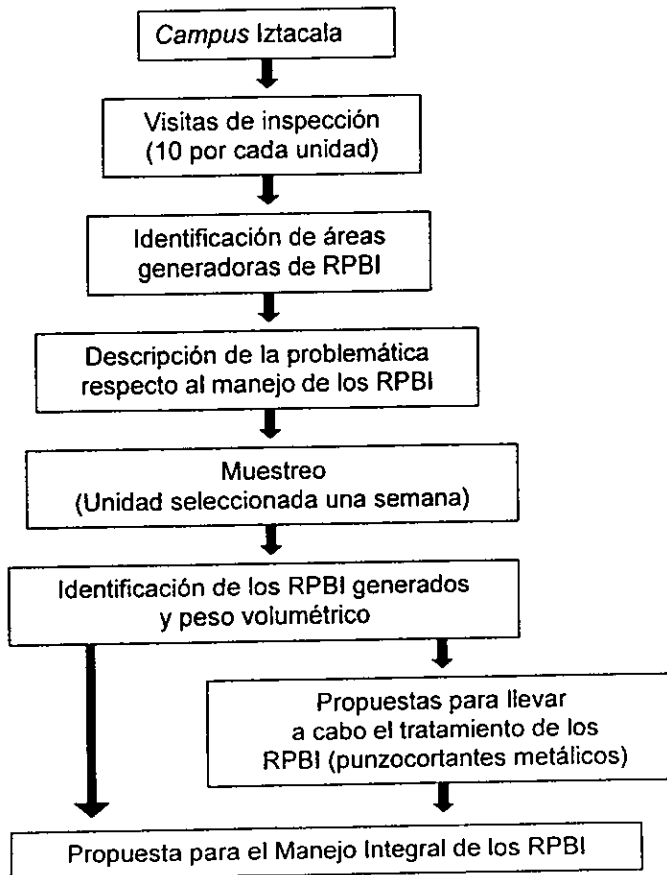
Es preciso diseñar estrategias y proponer alternativas viables de tratamiento, basadas en la legislación ambiental vigente, que pueda llevar a cabo la Institución para atenuar el peligro físico e infeccioso de los residuos punzocortantes metálicos.



## MÉTODO

### Trabajo de Gabinete

- Se revisó información bibliográfica referente al manejo de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.
- Se revisó la legislación ambiental mexicana aplicable al manejo de residuos peligrosos, en especial los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.
- Se diseñaron diversas acciones encaminadas al manejo adecuado de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, en la UNAM *campus* Iztacala, en especial sobre los desechos punzocortantes metálicos. Las actividades realizadas se muestran en el siguiente diagrama de flujo:





## Trabajo de campo

- Se visitaron las áreas identificadas como generadoras de RPBI del *campus* Iztacala, con el fin de realizar entrevistas abiertas y dirigidas (el formato se presenta en el anexo 5) para conocer su situación en cuanto a la generación de RPBI. Las personas entrevistadas desempeñan distintos cargos, todos relacionados con el manejo de los RPBI.
- Para determinar los tipos de RPBI generados, así como el volumen de éstos, se adoptó el manejo metodológico propuesto por la Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cantanhede, (Guía) 1994).
- En algunas de las unidades se realizó indirectamente el estimado de la generación de residuos infecciosos. Se cuantificó el número de materiales utilizados con el fin de determinar cuántos se convierten en residuos infecciosos.
- Se diseñó un separador de residuos punzocortantes metálicos, principalmente de agujas, con el fin de evitar el riesgo de contacto al coleccionar y trabajar con este tipo de residuos. En el anexo 7 se presentan las características del diseño.
- Se coleccionaron muestras de RPBI punzocortantes metálicos de la Clínica de Odontología para la realización de los experimentos. El muestreo se realizó diariamente durante una semana. El muestreo consistió en separar los residuos punzocortantes en contenedores, que eran pesados y clasificados diariamente.

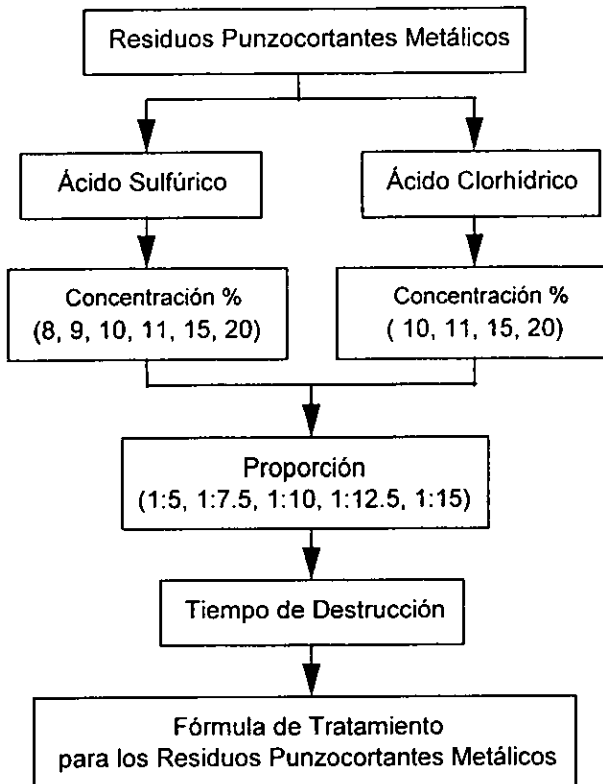
Los materiales utilizados en esta fase fueron:

- Balanza granataria
- Contenedores de plástico con una capacidad de 3 litros
- Etiquetas y marcador de tinta indeleble
- Guantes de carnaza y de plástico
- Overol



## Trabajo de Laboratorio

- Para la destrucción de los RPBI punzocortantes metálicos, por disolución se utilizaron dos ácidos fuertes, el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico
- Se probaron varias concentraciones de cada uno de estos ácidos, así como diversas proporciones. La metodología se llevó a cabo conforme al siguiente diagrama de flujo:



Las concentraciones y volúmenes que se utilizaron en los diferentes tratamientos fueron calculados estequiométricamente, considerando el peso del metal presente en la aguja. Los volúmenes tuvieron que incrementarse de manera que fueran suficientes para "cubrir" por completo al material punzocortante, incluyendo la porción de plástico.



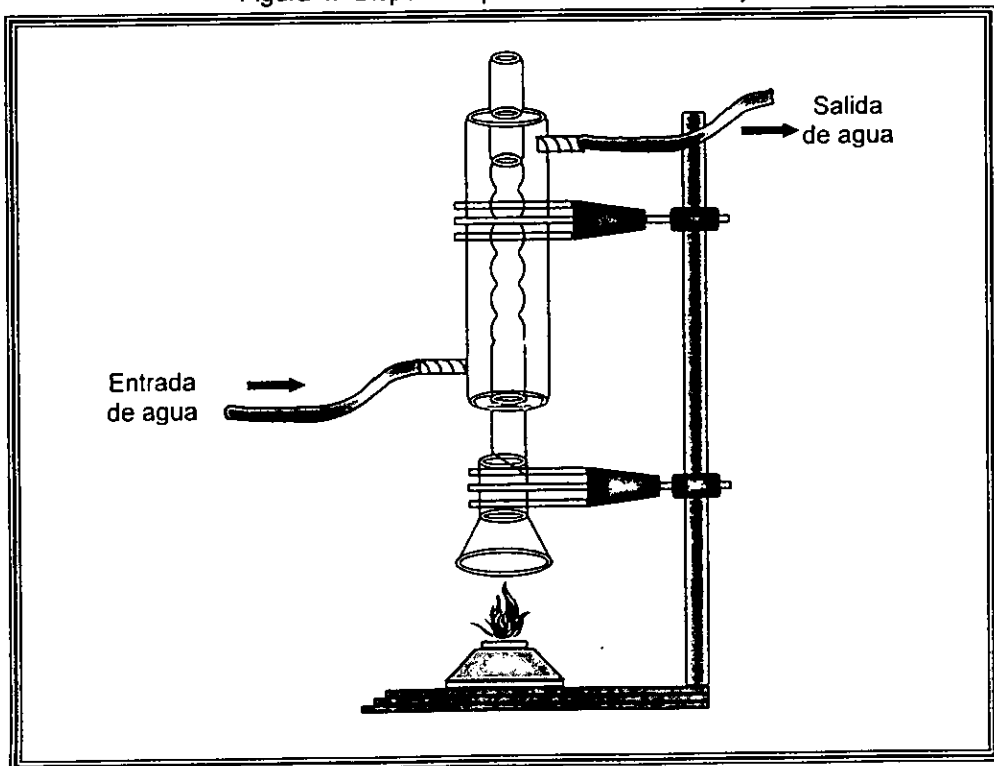


El dispositivo utilizado en el tratamiento, consistió en un sistema de reflujo el cual evitó la evaporación del agua, así como la reducción de pérdidas de ácido; lo que a su vez ayudó a que hubiera una liberación menor de gases contaminantes (Figura 4).

Cuando es muy pequeño el volumen de punzocortantes, se les puede mantener cubiertos con la solución ácida (elimina la posibilidad de contaminación biológica), en tanto se colecta una cantidad suficiente para que convenga realizar el tratamiento propuesto.

Al calcular la cantidad de solución ácida que se requiere, se debe considerar que algunos punzocortantes, por ejemplo las agujas, están hechas mayormente de un material plástico y sólo una pequeña parte de la masa total es metálica.

Figura 4. Dispositivo para el sistema de reflujo





## DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES QUE INTEGRAN EL *Campus* IZTACALA

La UNAM *campus* Iztacala es un centro de estudios multidisciplinarios que tiene como objetivo primordial la educación a nivel superior, pero también brinda diversos servicios de salud a la comunidad interna y a un número importante de visitantes externos. Además se realizan actividades culturales, deportivas y de recreación.

Las instalaciones se encuentran ubicadas en la colonia Los Reyes Iztacala del municipio de Tlalnepantla, en el Estado de México.

Las licenciaturas que se imparten son: Biología, Medicina, Odontología, Psicología, Optometría y la carrera técnica de Enfermería. La población flotante aproximada es de 10,000 personas.

### Instalaciones

El *campus* Iztacala cuenta con una diversidad de unidades, las cuales pueden dividirse en cuatro grupos:

1. las dedicadas a la asistencia médica
2. las encargadas de la reproducción y manejo de animales
3. las dedicadas a la investigación y docencia
4. las dedicadas a actividades complementarias

Considerando que muchas de las unidades mencionadas no tienen problemas en cuanto a la generación de RPBI, nos limitaremos a describir las que generan este tipo de desechos.



## **1. Unidades dedicadas a la asistencia médica**

### **1.1. Clínica de odontología**

Los servicios que se ofrecen en esta unidad de atención a la salud son brindados por alumnos de licenciatura y de posgrado de la carrera de Odontología.

El área de licenciatura concentra un mayor porcentaje de alumnos y por lo tanto realiza mayor cantidad de servicios odontológicos al año. Esta área cuenta con 48 estaciones que son utilizadas por los alumnos de los turnos tanto matutino como vespertino, quienes ahí realizan sus prácticas de formación profesional. En tanto que el área de posgrado cuenta sólo con 13 estaciones, en las cuales se realizan trabajos de las diversas especialidades.

Estas dos áreas cuentan con autoclaves que son utilizadas para esterilizar el instrumental médico que requieren alumnos y profesores en las prácticas odontológicas. También utilizan desinfectantes, de los que el mas utilizado es el cloro, para la desinfección de los materiales metálicos de las unidades de trabajo.

Los servicios se brindan a la comunidad en general, realizando diferentes tratamientos, desde obturaciones simples hasta intervenciones altamente especializadas como son el tratamientos de conductos, las rehabilitaciones y cirugías bucales y la atención especializada a la población infantil.

Además de la Clínica de Odontología ubicada en las instalaciones de la propia Institución se cuenta con otras siete clínicas periféricas, donde los alumnos de esta licenciatura realizan su preparación. Estas se encuentran en: Acatlán, Almaraz, Aragón, Cuauhtepic, Cuautitlán, Ecatepec y El Molinito.

### **1.2. Clínica universitaria de salud integral**

La clínica universitaria de salud integral (CUSI) se encuentra dividida en tres áreas: emergencia, optometría y laboratorio de análisis clínicos.

La función principal del área de emergencia, es prestar servicios generales de salud, sin llevar a cabo ninguna especialidad. Es también el lugar donde los alumnos de las carrera de medicina y enfermería realizan prácticas clínicas. Esta área cuenta con 24 consultorios de consulta externa y 8 camas en una área



especial de urgencias. Existe un almacén de materiales médicos y una autoclave donde se realiza la esterilización de los instrumentos utilizados.

El Área de Optometría es un área de reciente creación, ya que la carrera de optometría es una carrera de reciente incorporación al *campus* Iztacala. Esta área se compone solamente de cuatro sillones para la atención de los pacientes. El material utilizado es desinfectado con cloro y se esteriliza en autoclave.

El Laboratorio de Análisis Clínicos es un elemento indispensable para el diagnóstico y consecuentemente el tratamiento de los pacientes que acuden tanto a la clínica odontológica como a la clínica de medicina general. En él se realizan pruebas de biometría hemática, química sanguínea, serología, funcionamiento hepático, exámenes de orina, coprocultivos, microbiología (exudado faringeo, vaginal y urocultivos) y antibiograma. Todo el material utilizado es esterilizado mediante autoclave.

### **1.3. Consultorio médico**

El consultorio médico se encuentra dividido en dos áreas. La primera proporciona atención médica a la comunidad interna de la Escuela y la segunda realiza los exámenes médicos generales y elabora las historias clínicas de todos los alumnos de primer ingreso al *campus*. Cuenta con dos camas de atención, además de un autoclave para la desinfección del material.

## **2. Unidades encargadas de la reproducción y manejo de animales**

### **2.1. Bioterio, vivario y acuario**

En estos centros de apoyo se llevan a cabo actividades de reproducción y manejo de animales en cautiverio, mismos que son utilizados por los profesores y alumnos para los diversos proyectos de investigación.

El bioterio maneja al año alrededor de 6 000 animales, con un peso total de 1.5 toneladas. Las especies que se manejan son: ratas, ratones, conejos, palomas y hamster. Cuenta con un autoclave para la esterilización del instrumental y del aserrín que se recibe para servir como cama de los animales en cautiverio. El



bioterio es la fuente del alimento que requieren los animales del vivario.

El vivario y el acuario, además de llevar a cabo el manejo de animales en cautiverio, son utilizados como espacio de recreación en el que los visitantes pueden observar la forma de vida de los animales. Cuenta con autoclave para la esterilización del material utilizado, ya que en muchos casos se llegan a hacer cirugías menores a los animales.

### **3. Unidades dedicadas a la investigación y a la docencia**

#### **3.1. Unidad de morfología y función (UMF)**

Esta unidad está conformada por una diversidad de laboratorios, en donde se desarrollan trabajos de investigación orientados hacia diversas ramas de la biología.

Está constituida por los siguientes laboratorios: fisiología vegetal, histología, biología del desarrollo, genética, anatomía animal, inmunología, ecofisiología, biología de la reproducción, bioquímica y botánica.

Dependiendo del tipo particular de las investigaciones, no en todos los laboratorios se generan Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI), ya que sólo algunos manejan muestras provenientes de animales y humanos (histología, biología del desarrollo, genética, anatomía animal, inmunología, biología de la reproducción, bioquímica), y aún en estos laboratorios, no siempre se generan este tipo de residuos, ya que eso depende de los proyectos que se estén llevando a cabo.

#### **3.2. Unidad de investigación interdisciplinaria y ciencias de la salud (UIICSE)**

Los laboratorios que se concentran en esta unidad, se encuentran divididos conforme a los proyectos que actualmente se llevan a cabo.

Los proyectos de investigación son los siguientes: neurociencias, fisiología del esfuerzo, farmacología, conservación y mejoramiento del ambiente, análisis del agua, nutrición, investigación curricular y aprendizaje humano. Al igual que otras unidades, la generación de residuos infecciosos depende en gran parte, al



tipo de proyecto y en la mayoría de los casos, algunos proyectos solo generan residuos en determinadas fases de su desarrollo experimental.

Los recursos materiales que concentra esta unidad, son adecuados para tener un control de todas las actividades de seguridad en cuanto al manejo de los residuos infecciosos generados.

### **3.3. Unidad de investigación de biología, tecnología y prototipos (UBIPRO)**

Esta unidad de investigación es la mas joven de todas las demás unidades de investigación. Se encuentra integrada por los siguientes laboratorios: microbiología, biología molecular, ecología, fitoquímica, recursos naturales, cultivo de tejidos vegetales, edafología y fisiología vegetal. Entre éstas, el laboratorio de microbiología y biología molecular, son los que en determinados casos, dependiendo del proyecto, pueden generar residuos infecciosos.

Cuentan con todo el equipo indispensable para realizar la esterilización de los materiales utilizados.

### **3.4. Laboratorios de docencia**

El *campus* Iztacala cuenta con aproximadamente 54 laboratorios dedicados al trabajo experimental. No en todos los laboratorios se realizan cotidianamente prácticas que generen RPBI, por eso es necesario identificar cuáles son los laboratorios que representan mayor riesgo para la salud. Por ejemplo, en los laboratorios de las carrera de enfermería y medicina se realizan diversas actividades con materiales biológicos, entre las que destacan: toma de productos biológicos, esterilización, análisis clínicos (estudios de biometría hemática, química sanguínea, pruebas inmunológicas, exudado faríngeo, coprocultivos, etc.); en la carrera de biología se utilizan animales para experimentación, cultivos y cepas de agentes infecciosos, muestras biológicas de animales y humanos, etc.



## RESULTADOS

### 1. Identificación de la Unidades Generadoras de Residuos Sólidos Municipales y Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos en el *campus* Iztacala

Las unidades detectadas como generadoras de residuos sólidos, tienen como finalidad actividades diversas entre sí, lo que obliga a diseñar un procedimiento de limpieza particular para cada una de ellas. Los residuos generados son muy heterogéneos, abarcan desde residuos sólidos comunes hasta desechos que deben ser especialmente manejados, como los residuos sólidos peligrosos.

En el cuadro 7 se presentan las unidades identificadas en la UNAM *campus* Iztacala como generadoras de residuos sólidos, las que aparecen clasificadas de acuerdo a su actividad y el servicio brindado. Se indica también el tipo de residuo que generan.

Cuadro 7. Unidades que componen al *campus* Iztacala, su actividad y tipo de residuo sólido generado\*

Unidades generadoras	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS			
	Biológico infeccioso	Tóxico peligroso	Basura común	Reciclable
<b>Áreas dedicadas a la preparación de alimentos</b>				
Cafeterías y comedor			X	X
<b>Áreas dedicadas a la asistencia médica</b>				
Clínicas odontológicas	X	X	X	X
Clínica universitaria de salud integral (CUSI)	X		X	X
Consultorio médico	X		X	X
<b>Áreas dedicadas al manejo de animales</b>				
Acuario	X		X	X
Bioterio	X		X	X
Vivario	X		X	X
Continúa...				



Unidades generadoras	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS			
	Biológico infeccioso	Tóxico peligroso	Basura común	Reciclable
<b>Áreas dedicadas a la investigación y la docencia</b>				
Aulas			X	X
Laboratorios	X	X	X	X
UBIPRO	X	X	X	X
UIICSE	X	X	X	X
UMF	X	X	X	X
<b>Áreas dedicadas a servicios complementarios</b>				
Auditorio, biblioteca y oficinas			X	X
Casa de máquinas y talleres		X	X	X
Gimnasio y vestidores			X	X
MEL, TELE y DRAPA			X	X
Salas de seminarios y juntas			X	X
Sanitarios generales			X	

\*Las áreas se clasificaron conforme al manual de procedimientos para el manejo y control de residuos biológico infecciosos del Instituto Mexicano del Seguro Social, 1995

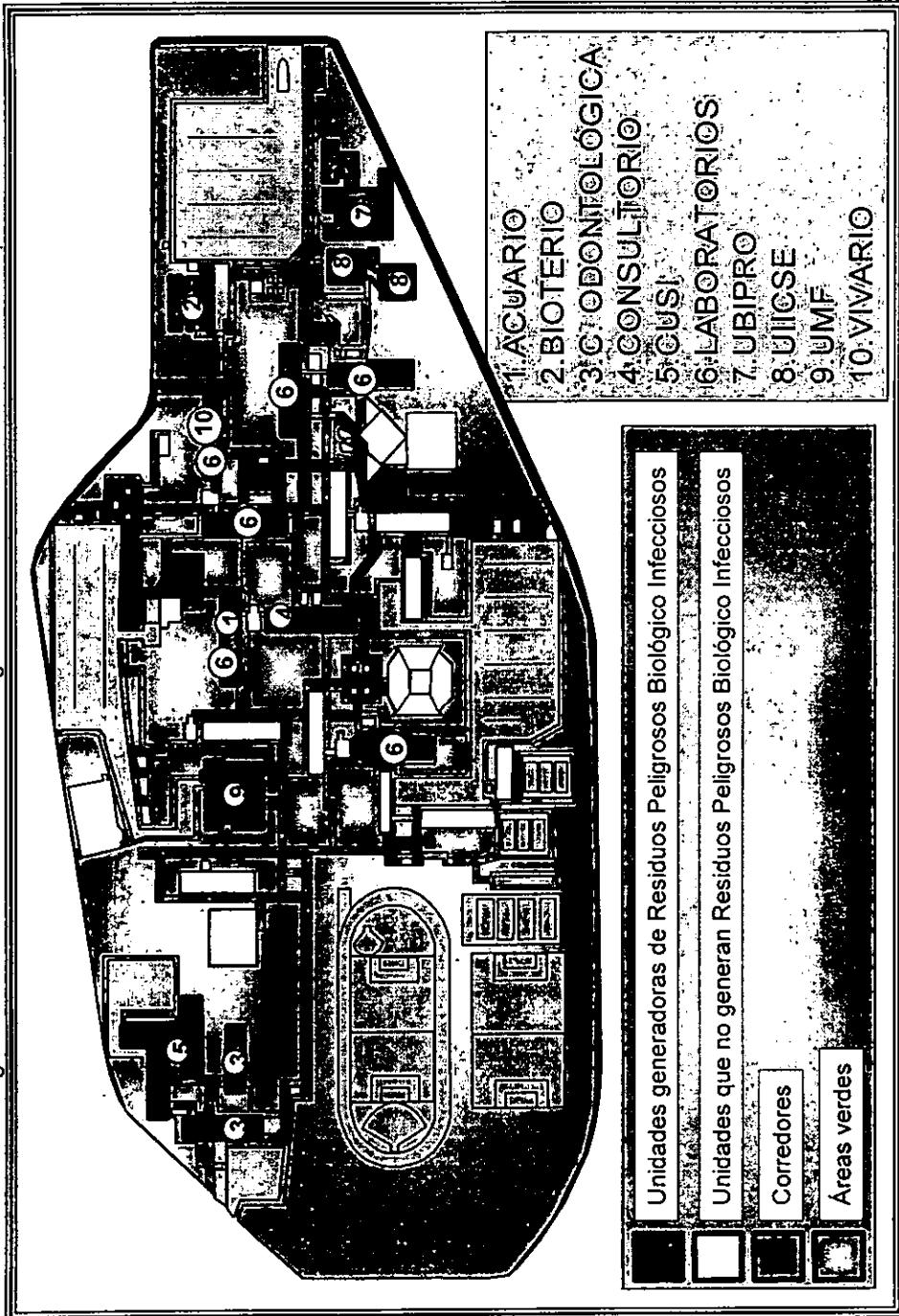
Como se muestra en el cuadro anterior, las unidades en que se generan RPBI son las siguientes:

- Bioterio, vivario y acuario
- Clínica universitaria de salud integral (CUSI)
- Clínicas odontológicas
- Consultorio médico
- Laboratorios
- Unidad de Investigación Interdisciplinaria y Ciencias de la Salud (UIICSE)
- Unidad de Morfología y Función (UMF)
- Unidad de Investigación de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO)

En la figura 5, se identifican espacialmente las unidades generadoras de RPBI, en la UNAM *campus* Iztacala.



Figura 5. Localización de las unidades generadoras de RPBI en la UNAM campus Iztacala



Modificado del original realizado por el Arq. Montoya Jesus, 1997.



Entre los RPBI destacan los punzocortantes metálicos, ya que constituyen un alto riesgo, debido a su doble carácter que puede dar lugar a daño físico y a problemas de daño infeccioso. En todas las unidades a que se hace referencia en el cuadro 7, son utilizados y desechados punzocortantes metálicos. En algunas de ellas los volúmenes son muy elevados principalmente en las clínicas odontológicas, en la clínica universitaria de salud integral y en los laboratorios tanto de docencia como de investigación.

## **2. Cuantificación de los volúmenes generados y determinación de los tipos de residuos sólidos**

Del total de residuos sólidos generados en el *campus* Iztacala (1228 kg /día), el 80% corresponde a residuos municipales no peligrosos, el 15% a RPBI y el 5% restante a otros residuos.

De los RPBI, y como parte de ellos la subcategoría de punzocortantes metálicos, las unidades generadoras presentan diferencias en cuanto a la composición y volumen (Cuadro 8). Estas diferencias de volumen se deben no sólo al tipo de servicio brindado sino también a la utilización de un mayor número de materiales desechables en ciertas unidades (principalmente las dedicadas a la atención de la salud) y, de manera importante, al manejo inadecuado que incluye la mezcla de éste tipo de desechos (RPBI) con residuos municipales no peligrosos. En algunos casos es difícil cuantificar el volumen de residuos generados, principalmente en las áreas dedicadas a la investigación y a la docencia; ya que el volumen generado varía según las materias o los proyectos de investigación que se estén desarrollando.



Cuadro 8. Volúmenes aproximados de RPBI y de punzocortantes metálicos generados en la UNAM *campus* Iztacala

RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS				
UNIDADES	PUNZOCORTANTES METÁLICOS (kg)		TOTAL DE INFECCIOSOS (kg)	
	por mes	por día	por mes	por día
CUSI	0,643	0,021	30,194	1,006
ODONTOLOGÍA	2,573	0,085	168,75	5,625
BIOTERIO,VIVARIO, ACUARIO	0,018	0,001	6620,801	220,693
CONSULTORIO	0,213	0,007	4	0,2
TOTAL	3,447	0,114	6823,745	227,524

La norma oficial mexicana NOM-087-ECOL-1995 establece que una institución que genere más de 1 kg diario de residuos o 28 kg al mes quedará sujeta a las disposiciones de dicha norma. Los datos anteriores muestran que la UNAM *campus* Iztacala rebasa el mínimo establecido en la NOM-087-ECOL-1995, por lo que debe sujetarse a ella .

El presente trabajo revisa la problemática de los RPBI pero se enfoca principalmente al problema de los punzocortantes metálicos.

Para facilitar la organización de los datos, se clasificaron las unidades generadoras en tres categorías, de acuerdo a su actividad:

2.1 Unidades dedicadas a la atención de la salud

2.2 Unidades dedicadas a la reproducción y atención de animales

2.3 Unidades dedicadas a la investigación y la docencia

### 2.1. Unidades dedicadas a la atención de la salud

En esta categoría se incluyen las siguientes unidades:

- Clínica universitaria de salud integral
- Clínica odontológica
- Consultorio médico



En este grupo se generan mensualmente 202.9 kg de residuos biológico infecciosos; de los cuales 3.5 kg son punzocortantes metálicos. Los resultados del muestreo indican que la clínica odontológica es la que más contribuye a la generación de estos residuos (figs. 6 y 7).

Figura 6. Porcentaje de generación de los RPBI en las unidades dedicadas a la atención a la salud

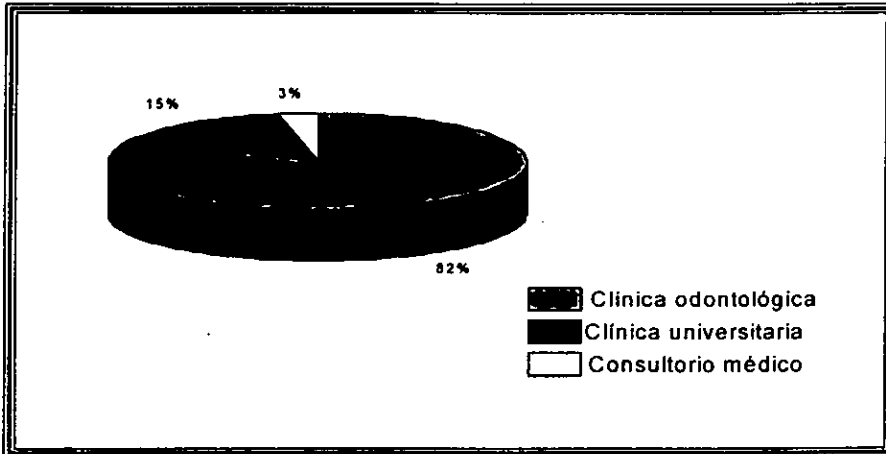
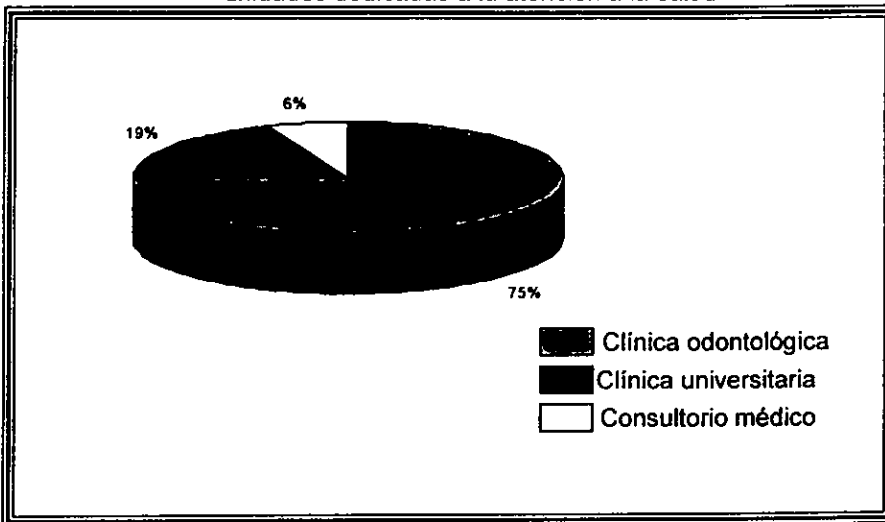


Figura 7. Porcentaje de generación de los RPBI (punzocortantes metálicos), en las unidades dedicadas a la atención a la salud





Debido a que el espectro de servicios brindados por estas unidades es muy amplio, los residuos generados también son diversos. En el cuadro 9 se muestran los tipos de RPBI generados.

Cuadro 9. Principales RPBI generados en las áreas dedicadas a la atención a la salud

UNIDADES GENERADORAS	TIPOS DE RESIDUOS INFECCIOSOS GENERADOS
Clínica universitaria de salud integral <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emergencias</li> </ul>	Objetos punzocortantes Venoclisis Sangre y sus fracciones Vendajes, gasas y algodones Yeso de fracturas expuestas Muestras biológicas para análisis. Equipo, material y objetos utilizados en diversos procedimientos. Guantes de látex, gorros y cubreboca.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optometría</li> </ul>	Objetos punzocortantes Compresas Vendajes, gasas y algodones Hisopos y abatelenguas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de análisis clínicos</li> </ul>	Objetos punzocortantes Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos. Sangre y sus fracciones. Tejidos, órganos, partes y fluidos corporales Muestras biológicas para diagnóstico Equipo, material y objetos utilizados en diversos procedimientos Guantes de látex y cubrebocas <b>Objetos punzocortantes</b> Cadáveres de pequeñas especies animales

Continúa...



UNIDADES GENERADORAS	TIPOS DE RESIDUOS INFECCIOSOS GENERADOS
Clinica odontológica	Objetos punzocortantes Sangre y sus fracciones Vendajes, gasas y algodones Yeso, alginato, silicón, ceras y hules de polisulfuro Muestras biológicas para análisis Guantes de látex y cubrebocas Equipo, material y objetos utilizados en diversos procedimientos
Consultorio médico	Objetos punzocortantes Compresas Vendajes, gasas y algodones Hisopos y abatelenguas Guantes de látex y cubrebocas

Aunque el volumen generado de punzocortantes metálicos es bajo comparado con el resto de los RPBI, su problemática es mayor debido a que presentan características físicas que los convierten en un serio riesgo para la población, principalmente en estas unidades que diariamente son visitadas por un número importante de personas.

Los principales residuos punzocortantes metálicos generados en estas unidades son resultado de las actividades específicas que se desarrollan en ellas (Cuadro 10). El volumen generado está relacionado con el número de servicios (consultas) brindados y la cantidad de materiales utilizados en ellas.

Cuadro 10. Tipos de residuos punzocortantes metálicos generados por las unidades dedicadas a la atención de la salud

RESIDUOS PUNZOCORTANTES	CUSI	CLÍNICA ODONTOLÓGICA	CONSULTORIO MÉDICO
Agujas (varios tipos)	X	X	X
Catgut crómico (varios tipos)	X		
Dermalón (varios tipos)	X		
Continua...			



RESIDUOS PUNZOCORTANTES	CUSI	CLÍNICA ODONTOLÓGICA	CONSULTORIO MÉDICO
Hojas de bisturí (varios tipos)	X	X	X
Jeringas (varios tipos)	X	X	X
Lancetas	X		X
Punzocat (varios tipos)	X		
Seda (varios tipos)	X		
Sutura	X	X	X
Vacoset	X		

En este grupo, es la CUSI quien genera una mayor variedad de RPBI y punzocortantes metálicos, ya que el espectro de servicios brindados es muy amplio, aunque debido a que el número de personas atendidas en esta unidad es menor que el de quienes acuden a la clínica odontológica, es en esta clínica donde se genera una mayor cantidad de RPBI. Además del mayor número de pacientes atendidos se debe considerar que en la clínica odontológica se genera un volumen mayor de residuos por paciente atendido, debido a que se utiliza un número considerable de materiales desechables en cada consulta.

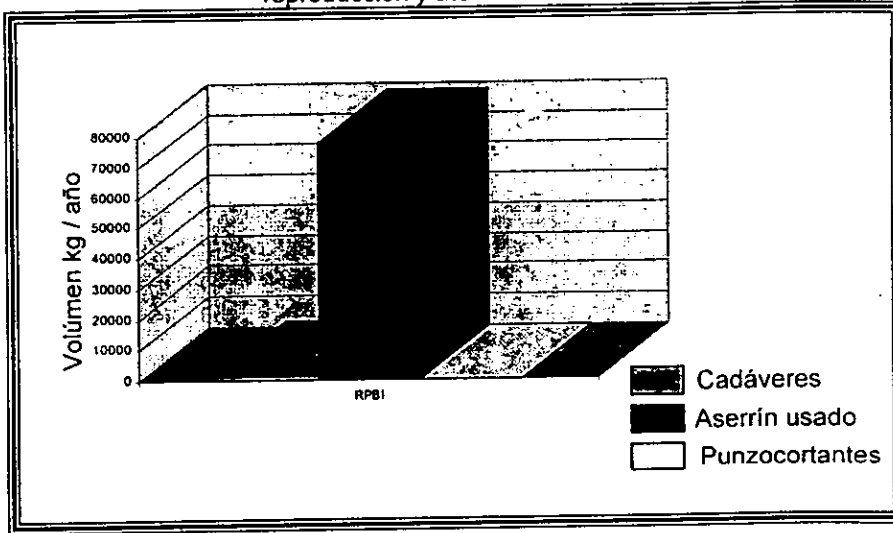
## 2.2. Unidades dedicadas a la reproducción y atención de animales

Esta categoría está integrada por tres generadores: el bioterio, espacio destinado a la reproducción de animales que serán utilizados en los proyectos de investigación. El vivario y el acuario que se encargan de preservar y reproducir animales en cautiverio.

Estos espacios generan diariamente 220.7 kg de RPBI, siendo el bioterio el generador más importante, con el 99% del total (Figura 8). Este gran volumen de RPBI se debe principalmente a que los desechos sólidos no son clasificados y separados de acuerdo a su carácter infeccioso o no infeccioso, dando por resultado que el volumen relativamente pequeño de RPBI se mezcle con desechos no infecciosos que podrían ser tratados como no peligrosos y desechados con la basura municipal (Cuadro 11).



Figura 8. Volumen generado de RPBI en las unidades dedicadas a la reproducción y atención de animales



Cuadro 11. Volumen de RPBI generado en el bioterio

RESIDUOS	VOLUMEN GENERADO (kg/día)
Aserrín	214
Restos de animales	4
Otros Infecciosos	0.5

Los punzocortantes metálicos potencialmente contaminados (agujas y jeringas de varios calibres, bisturís y suturas) que se generan en estos espacios no deberían representar un problema grave ya que el volumen que se genera diariamente es muy bajo. Estos materiales solamente se utilizan para servicios específicos como cirugías, vacunas y en algunos proyectos de investigación. Adicionalmente, en el bioterio se reutilizan muchos de estos materiales para reducir gastos.





### 2.3. Unidades dedicadas a la investigación y a la docencia

Este grupo se encuentra integrado por los laboratorios de docencia y las unidades de investigación. Estas últimas están conformadas, a su vez, por diversos laboratorios en los que se desarrollan variadas líneas de investigación. En el cuadro 12 se muestran los laboratorios de las unidades de investigación, que llegan a generar RPBI.

Cuadro 12. Generadores de RPBI dentro de las unidades de investigación

Unidades	Laboratorios generadores de RPBI	Laboratorios no generadores de RPBI
Unidad de morfología y función (UMF)	Histología, biología del desarrollo, genética, anatomía animal, inmunología, biología de la reproducción, bioquímica	Fisiología vegetal, ecofisiología, botánica
Unidad de investigación interdisciplinaria y ciencias de la salud (UIICSE)	Neurociencias, fisiología del esfuerzo, farmacología, conservación y mejoramiento del ambiente, nutrición	Análisis de aguas, investigación curricular, aprendizaje humano
Unidad de investigación de biología, tecnología y prototipos (UBIPRO)	Microbiología, biología molecular	Ecología, fitoquímica, recursos naturales, cultivo de tejidos vegetales, edafología y fisiología vegetal

En los laboratorios de docencia de las diferentes carreras que se imparten en el *campus* Iztacala se realizan prácticas muy diversas. Algunos de estos laboratorios se consideran de mayor riesgo por generar RPBI (Cuadro 13).



Cuadro 13. Laboratorios destinados a la docencia en que se generan RPBI

LICENCIATURA	UBICACIÓN DE LOS LABORATORIOS	
	Generadores de RPBI	No generadores de RPBI
Biología	L-201, L-202, L-203, L-204	L-104 L-211, L-214, L-221, L-224, , L-303, L-304, L-401, L-402, L-403, L-404, L-411, L-412, L-414, L-423, L-424, L-501, L-503, L-504, L-511, L-513, L-514, L-521, L-523, L-524
Enfermería	L-421, L-422, L-601, L-602	
Medicina		L-301, L-302, L-311, L-314, L-321, L-324
Odontología	L-101, L-102, L-103, L-111, L-112, L-113, L-114,	L-121, L-124
Optometría		L-413
Psicología		L-603, L-604, L-611, L-614, L-623, L-624, L-621, L-624

Es difícil poder determinar el volumen promedio de RPBI que se genera en las unidades de investigación y en los laboratorios de docencia, debido a que no siempre se desarrollan los mismos experimentos o los mismos proyectos, sólo en determinados periodos se imparten materias en que se realizan trabajos de laboratorio que pueden generar desechos infecciosos. En algunos de los laboratorios que no se podrían considerar generadores de RPBI, debido a la necesidad específica de algún proyecto que requiere utilizar sustancias o materiales biológicos, eventualmente esos espacios se convierten en generadores de RPBI.

En comparación con otras unidades como las dedicadas a la atención a la salud o las dedicadas a la reproducción de animales, las unidades de investigación y los laboratorios de docencia generan cantidades pequeñas de RPBI. Esto se debe a que los proyectos de investigación sólo requieren muestras biológicas pequeñas. Una situación semejante se presenta en el caso de los desechos punzocortantes metálicos, los cuales en muchos casos son reutilizados en estas unidades dado que podría considerarse que no están biológicamente



contaminados. En este grupo, los mayores generadores de RPBI y de residuos punzocortantes metálicos, son los laboratorios de docencia, ya que están sujetos a uso intensivo por parte de los alumnos y profesores de todas las carreras.

Aunque la cantidad de RPBI que este grupo genera es pequeña, existe un problema que debe atenderse en cuanto al tipo de residuos infecciosos generados; ya que muchos de ellos representan un riesgo a la salud, por ejemplo las cepas y cultivos de agentes infecciosos.



### 3. Descripción de la problemática que enfrenta la *campus* Iztacala en el manejo de los RPBI

Actualmente las unidades identificadas como generadoras de RPBI no llevan un adecuado control de sus residuos. El desconocimiento y/o la no aplicación de la forma adecuada de manejo de estos residuos, especificada en la normatividad vigente, representa riesgos a la salud y causa daños al ambiente.

A continuación se describe la problemática que ha sido identificada:

#### 3.1. Identificación y envasado

- No se cuenta con personal capacitado que se responsabilice de realizar esta actividad
- Los residuos generados no son identificados, ni rotulados, ni marcados con el Símbolo Universal de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos. Al desecharlos no se especifica su estado físico
- No se dispone de contenedores rígidos para la depositación de punzocortantes, ni de las bolsas que se describen en las normas oficiales. La única excepción es el consultorio médico en el que sí se cuenta con un contenedor para punzocortantes
- Los residuos punzocortantes se depositan en botes de plásticos junto con otras clases de desechos. Estos recipientes no tienen ningún rótulo o característica que permita identificarlos, como contenedores de RPBI ni se les da mantenimiento de limpieza y esterilización

#### 3.2. Recolección y transporte interno

- No hay horarios de recolección de los desechos ni rutas específicas para su transporte
- Los residuos son colectados por personal que no ha recibido capacitación, ni utiliza el equipo mínimo de protección
- No se cuenta con vehículos especiales para el traslado de los RPBI



### 3.3. Almacenamiento

- No existe un área diseñada para el almacenamiento de RPBI
- La mayoría de las unidades generadoras concentra sus residuos en lugares que representan un peligro, como son: los cubículos de aseo, escaleras, etc.
- Algunas unidades como el bioterio y el vivario, si bien cuentan con un área de almacenamiento, en ella los residuos infecciosos se depositan junto con residuos municipales no infecciosos. Estos últimos se convierten así, de acuerdo a la norma oficial, en RPBI
- Las "áreas de almacenamiento" presentan deficiencias en su diseño y construcción, ya que no cuentan con rampas de acceso, techo, sistemas de captación de lixiviados, letreros de advertencia, etc. Es una área que no corresponde a los volúmenes de generación diarios. Su acceso no se encuentra restringido
- En dicha área se almacenan todo tipo de residuos mezclándose los residuos peligrosos con los desechos sólidos municipales no peligrosos
- No se lleva una bitácora de entrada y salida de residuos

### 3.4. Recolección y transporte externo

- Los residuos infecciosos recolectados no se encuentran bien etiquetados ni envasados
- La recolección está a cargo del departamento de limpia del Municipio de Tlalnepantla. El servicio se realiza en unidades que no tienen las características de diseño que especifica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en materia de residuos peligrosos. Los RPBI son mezclados con los residuos municipales
- No se cuenta con una bitácora de salida de residuos peligrosos ni se llena el manifiesto correspondiente



### 3.5. Tratamiento

- No se han establecidos métodos de tratamiento para los RPBI generados
- La mayoría de los residuos generados en las distintas unidades no reciben tratamiento alguno antes de ser desechados
- En algunas de las unidades generadoras, los materiales punzocortantes son desinfectados con cloro, en otras se esterilizan en autoclave, y en la mayoría, no reciben ningún tratamiento

### 3.6 Disposición final

- Los RPBI son eliminados junto con la basura municipal.
- No se cuenta con una bitácora de salida de esos residuos
- Se desconoce el lugar de disposición final de dichos residuos. No hay un seguimiento

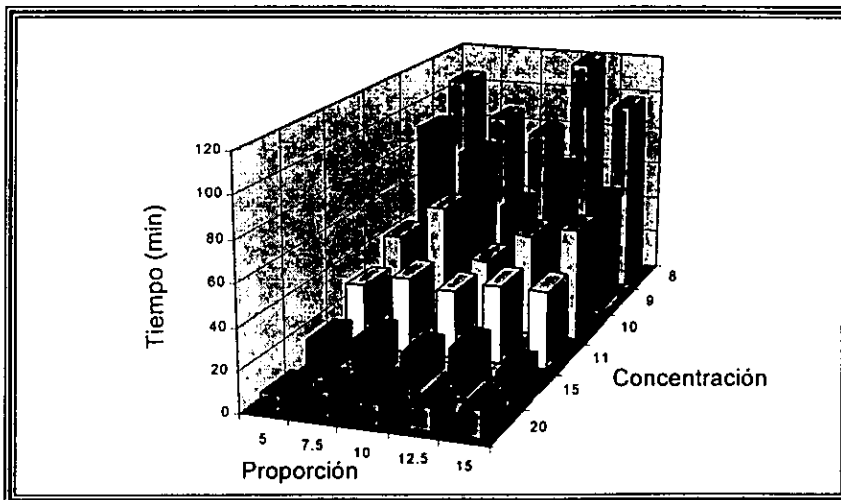


#### 4. Destrucción física y biológica de los desechos punzocortantes metálicos posiblemente contaminados

Para la destrucción física y biológica de los residuos punzocortantes metálicos se experimentó su disolución en ácidos inorgánicos. Se ensayó el tratamiento con concentraciones variables de los ácidos sulfúrico y clorhídrico, bajo diferentes condiciones de temperatura y a diferentes intervalos de tiempo de tratamiento.

Se determinó experimentalmente que las concentraciones de ácido sulfúrico más convenientes para destruir el metal (acero) de los desechos punzocortantes se encuentra en el intervalo de 15 y 20% de concentración. A esta concentración, el metal se disuelve casi por completo en menos de 20 minutos. Se experimentó también con la relación metal / volumen de ácido observándose que no hay una diferencia marcada entre las cinco proporciones con que se trabajó, aunque la proporción más baja (10 : 1) es la que requiere menos tiempo para la completa destrucción del metal (figura 9).

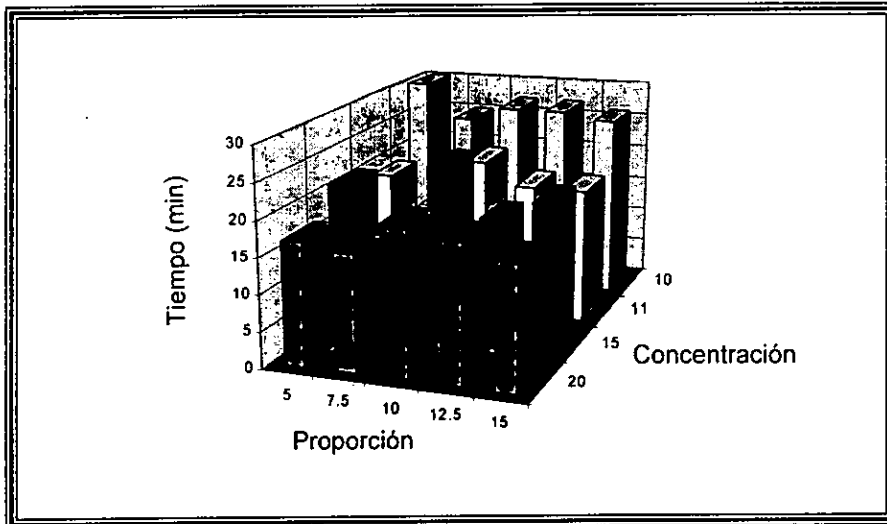
Figura 9. Tiempo de disolución de punzocortantes al utilizar ácido sulfúrico, a varias concentraciones y en diferentes proporciones con respecto al peso del metal





A partir de los resultados obtenidos con el ácido sulfúrico, se realizaron experimentos utilizando, en sustitución de dicho ácido, concentraciones equivalentes de ácido clorhídrico. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 10. Las concentraciones más eficaces para lograr la disolución de los punzocortantes están en el intervalo de 15% a 20%. La proporción metal / ácido que requirió menor tiempo para la destrucción del material fue la de 7.5.

Figura 10. Tiempos de disolución de punzocortantes al utilizar ácido clorhídrico a varias concentraciones y en diferentes proporciones con respecto al peso del metal



Partiendo del supuesto de que a mayor concentración del ácido, el tiempo de disolución del fierro sería mas corto. Y suponiendo también que una mayor proporción de ácido (con respecto al peso de la muestra de fierro) también incrementaría la velocidad de disolución del fierro, se esperaba que el incremento de la concentración del ácido sería indirectamente proporcional al tiempo de disolución del metal. Comparando esta previsión con los datos obtenidos encontramos que en los tratamientos con ácido sulfúrico se observa el





comportamiento esperado; en tanto que los resultados de los tratamientos con ácido clorhídrico no responden estrictamente a este patrón. Este comportamiento no esperado podría asignarse a una disminución en la concentración del ácido, causada por la pérdida de ácido clorhídrico durante el proceso de calentamiento. No obstante lo anterior, también en el ácido clorhídrico se observa una relación indirecta entre la concentración del ácido y el tiempo requerido para la disolución del metal (figura 9).

Las concentraciones y volúmenes que se utilizaron en los diferentes tratamientos fueron calculados estequiométricamente, considerando el peso del metal presente en la aguja. Los volúmenes tuvieron que incrementarse de manera que fueran suficientes para "cubrir" por completo al material punzocortante, incluyendo la porción de plástico. La disminución de concentración en el ácido "gastado" es mínima por lo que las soluciones podrían reutilizarse varias veces si se les refuerza con un volumen adecuado de ácido fresco. El límite de reutilización dependería de la concentración de las sales de fierro que se forman durante el tratamiento.

Es importante destacar que la norma NOM-087-ECOL-95, establece que para que un tratamiento de RPBI sea considerado "efectivo", debe no sólo eliminar el contenido infeccioso, sino dejar irreconocibles a los residuos tratados. El tratamiento propuesto cumple con ambas condiciones, cuando el residuo punzocortante metálico entra en contacto con el ácido, todos los microorganismos mueren, ya que el intervalo de sobrevivencia de los microorganismos patógenos para el hombre se encuentra en un rango de pH de 6 a 8 (Frobisher, 1974). Además del pH, la temperatura también contribuye a garantizar la eliminación de los microorganismos, ya que las muestras alcanzan una temperatura de 96 °C, muy por encima de la temperatura de sobrevivencia de los microorganismos mesófilos (los cuales resultan ser los de mayor riesgo a la salud humana) que resisten hasta un mínimo de 10 a 15 °C y un máximo de 35 a 45 °C (Frobisher, 1974) durante 5 a 10 minutos (Pelcazar, 1977).



Los Instrumentos punzocortantes metálicos están fabricados de acero inoxidable, es decir, contienen más de 95 % de hierro, metal que se disuelve con facilidad en ácidos inorgánicos. Para que la disolución ocurra en un tiempo aceptable, es necesario disponer de un exceso de ácido. La solución ácida residual debe ser neutralizada antes de descargarse al drenaje, lo que se logra tratándola con una base como los hidróxidos o los carbonatos alcalinos o alcalino-térreos (Sheppard, 1992).

En la figura 11 y 12 se muestran los álcalis que se recomiendan para neutralizar el exceso de ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, cuando estos ácidos se utilizaron como parte del tratamiento de aguas industriales de desecho. La elección se basa en la disponibilidad, bajo costo y facilidad de manejo de estos productos, que en sí mismos no representan un riesgo de contaminación ambiental. Se recomienda el uso de soluciones o lechadas (suspensiones) a concentraciones convenientes.

Figura 11. Neutralización de 1 Kg de ácido sulfúrico al 98%, por diferentes sustancias básicas

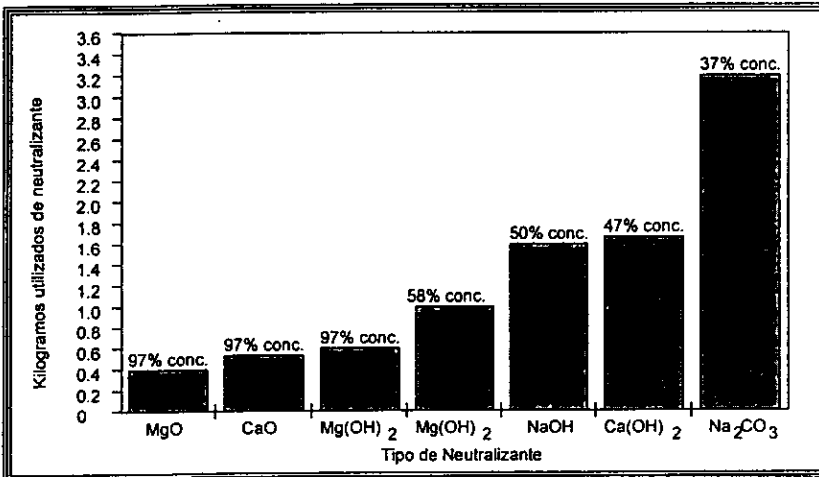
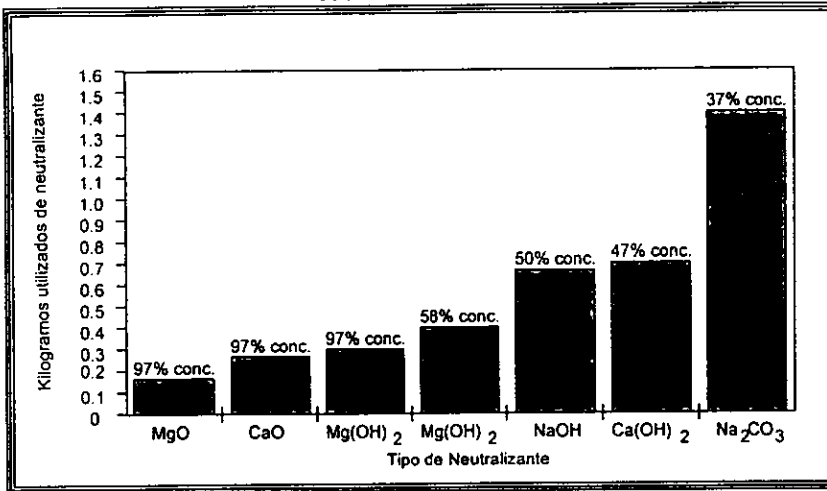




Figura 12. Neutralización de 1 Kg de ácido clorhídrico al 31%, por diferentes sustancias básicas



Datos obtenidos de Industriales Químicos Peñoles, 1995

En el *campus* Iztacala se generan 114 gramos de residuos punzocortantes metálicos diariamente, de los cuales sí se realiza una buena separación dejando solamente el acero, esta cantidad se reduce al 10% de residuos metálicos contraminados (11.4 gramos). Tomando en cuenta esta cantidad, se cuantificó los gramos de sustancias básicas requeridos para neutralizar los volúmenes ácidos obtenidos en el tratamiento (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cantidad básica requerida para neutralizar los residuos ácidos

		CLORHÍDRICO						
Concentra [ ]	Proporción	Gramos de neutralizante requeridos						
		MgO	CaO	Mg(OH) <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	NaOH	Ca(OH) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
20%	7,5	21	28	29	46	76	78	156
	10	28	37	39	61	101	104	208
	12,5	35	46	48	76	126	130	260
10%	7,5	21	28	29	46	76	78	156
	10	28	37	39	61	101	104	208
	12,5	35	46	48	76	126	130	260

Continúa...



SULFÚRICO								
Concentración (%)	Proporción	Gramos de neutralizante requeridos						
		MgO	CaO	Mg(OH) <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	NaOH	Ca(OH) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
20%	7,5	60	88	90	150	239	241	479
	10	80	118	120	200	319	321	638
	12,5	100	147	150	249	399	401	798
10%	7,5	60	88	90	150	239	241	479
	10	80	118	120	200	319	321	638
	12,5	100	147	150	250	399	401	798

En la neutralización de un residuo ácido, el hidróxido de magnesio se disocia lentamente debido a su baja solubilidad en el agua, además actúa como Buffer, ya que controla el pH en un valor de 9. En la reacción se forman sales solubles que facilitan su manejo y control.

El hidróxido de calcio es el material mas usado ya que es uno de los mas baratos. En la neutralización, por ejemplo con el ácido clorhídrico, las sales formadas son insolubles en agua lo cual ocasiona la formación de lodos. Esta base actúa rápidamente aumentando el pH de la solución.

El carbonato de sodio actúa rápidamente en la neutralización, lo que puede ocasionar un descontrol del pH, debido a la alta generación de espuma.

La sosa cáustica es otro de los alcálisis mas usados en la neutralización, sin embargo su manejo requiere de experiencia, ya que su reacción suele ser fuerte.

El amoniaco en su forma de hidróxido de amonio es también utilizado como agente neutralizante, sin embargo su manejo y peligrosidad lo hacen poco seguro para este uso (Sheppard, 1992).

En comparación con cualquier hospital, el volumen de residuos punzocortantes metálicos que se genera en el *campus* y en sus clínicas de servicio a la comunidad, es pequeño lo que permite considerar como viable el tratamiento propuesto. No habría un gran exceso de ácido que desechar ni sería muy elevada la concentración del ión férrico en los desechos líquidos ya que el



proceso de neutralización lo retira del sistema en forma de hidróxido férrico insoluble.

El material punzocortante metálico se ajusta a la norma NOM-087-ECOL-1995 desde el momento en que ya no representa un riesgo de infección, ni un riesgo de daño físico y es "irreconocible", lo que de alguna manera no requiere que esté completamente disuelto, esas condiciones se cumplen cuando se ha reducido a fragmentos de metal carentes de filos o puntas.

Al terminar un ciclo de tratamiento, en lugar de neutralizar y eliminar el ácido residual se puede optar por reutilizarlo. Para ello sólo se requiere agregarle una cantidad de ácido concentrado suficiente para que la disolución tenga nuevamente la concentración de trabajo.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La problemática principal relacionada con el manejo de los RPBI consiste en que no hay en el *campus* un grupo de personas que hayan recibido capacitación para ello, ni se cuenta con un programa de acciones para llevar a cabo el manejo integral de los mismos. La falta de planes de manejo y alternativas viables para el tratamiento y disposición adecuada de estos residuos ponen en riesgo la salud de la comunidad interna y externa y constituye una fuente de contaminación ambiental. Hasta ahora no se han canalizado recursos económicos y humanos para el manejo adecuado de los RPBI.

Esta problemática está presente en todas las áreas identificadas como generadoras de RPBI. El personal de intendencia es el encargado de coleccionar y eliminar esos desechos, pero no ha recibido capacitación en cuanto a identificar, envasar, recolectar, transportar, almacenar, dar tratamiento y disponer finalmente de estos residuos. A continuación se describen en detalle los errores y omisiones detectados a este respecto:

- Separación de los residuos infecciosos de los residuos municipales: no se lleva a cabo, lo que hace que se incremente innecesariamente el volumen total de residuos infecciosos. Este problema lo presentan todas las unidades generadoras, pero principalmente el bioterio, unidad académica que es el mayor generador de estos residuos.
- Separación del grupo de residuos infecciosos en categorías: no se lleva a cabo una separación adecuada, ya que los objetos punzocortantes se mezclan con el resto de los desechos infecciosos. Ninguna área (excepto el consultorio médico) cuenta con contenedores adecuados para depositar objetos punzocortantes contaminados. La práctica común de reusarlos (en algunos espacios) es aceptable en tanto el operador esté cierto de que no estuvieron en contacto con productos como sangre humana o microorganismos patógenos.



- Envases y contenedores: se utilizan bolsas y recipientes de plástico que no cuentan con las especificaciones requeridas. El no tener el código y leyendas que identifican a estos residuos como peligrosos puede conducir a su manejo inadecuado puesto que se desconoce qué es lo que contienen y la peligrosidad de su contenido.
- Personal responsable: no se cuenta con personal capacitado para que lleve a cabo el retiro de estos residuos de las unidades generadoras. En muchos casos, estos residuos permanecen depositados en zonas de acceso no controlado y son un riesgo para la población.
- Tratamiento: ninguna unidad del *campus* ni de las clínicas de salud, lleva a cabo en la actualidad un tratamiento confiable de los RPBI.
- Almacenamiento: los RPBI permanecen almacenados temporalmente en las mismas unidades generadoras, o son desechados en los botes destinados a desechos sólidos (basura municipal) mas cercanos a cada unidad. Esta mala disposición conduce a que los residuos infecciosos se encuentren dispersos e inadvertidos en todo el *campus*, lo cual es un serio riesgo para la salud.
- Hay un área destinada para almacenar estos RPBI, este espacio es utilizado principalmente por el bioterio, pero dado que no existen normas de manejo ni de almacenamiento, en esta área se depositan todas las clase de residuos, sin distinción. Además, el diseño y construcción de esta área presenta deficiencias relación con el uso a que se le destina y a la norma oficial NOM-087-ECOL-1995.
- Transporte: La recolección se hace en vehículos que no cuentan con las características especificadas en la normatividad vigente.
- Disposición final: se desconoce el destino final de los RPBI generados en el *campus* Iztacala pero se presume que es alguno de los basureros municipales.

De los 1228 kg. de residuos sólidos generados por día, en el *campus* Iztacala, el 15% corresponde a residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI). Cada una de las áreas identificadas como generadoras de estos desechos muestra diferencias importantes en cuanto al volumen, composición y



heterogeneidad de los residuos generados, sin embargo, tres de esas unidades se distinguen particularmente, ya que sus generan volúmenes muy elevados y/o por la diversidad de dichos residuos.

Estas tres unidades son:

- Bioterio: Es el mayor generador de RPBI. No genera gran cantidad de residuos punzocortantes metálicos.
- Clínica Universitaria de Salud Integral (CUSI): Es la que genera una mayor diversidad de RPBI.
- Clínica Odontológica: Es el mayor generador de residuos punzocortantes metálicos y en la que se genera una mayor diversidad de los mismos. Sólo se tienen datos de la clínica que se encuentra en el *campus* Iztacala, pero se puede suponer que no hay un gran error en considerar que las clínicas periféricas comparten una problemática similar

El diagnóstico realizado muestra que el volumen de residuos infecciosos punzocortantes metálicos es bajo en comparación con el del resto de los infecciosos, lo que es ventajoso ya que permite proponer tecnologías de tratamiento sencillas y de bajo costo, como la utilización de ácidos fuertes como el ácido sulfúrico o el ácido clorhídrico. Este tratamiento, además de destruir a los microorganismos patógenos presentes en los instrumentos infectados y al disolver el metal, elimina el riesgo de daño físico inherente a las puntas o filos de este tipo de materiales. Las soluciones ácidas residuales son fácilmente neutralizadas utilizando sustancias básicas de bajo costo. Los iones férricos (metal pesado) presentes en las soluciones ácidas precipitan cuando dichas soluciones son neutralizadas, por lo que pueden ser removidos por filtración.

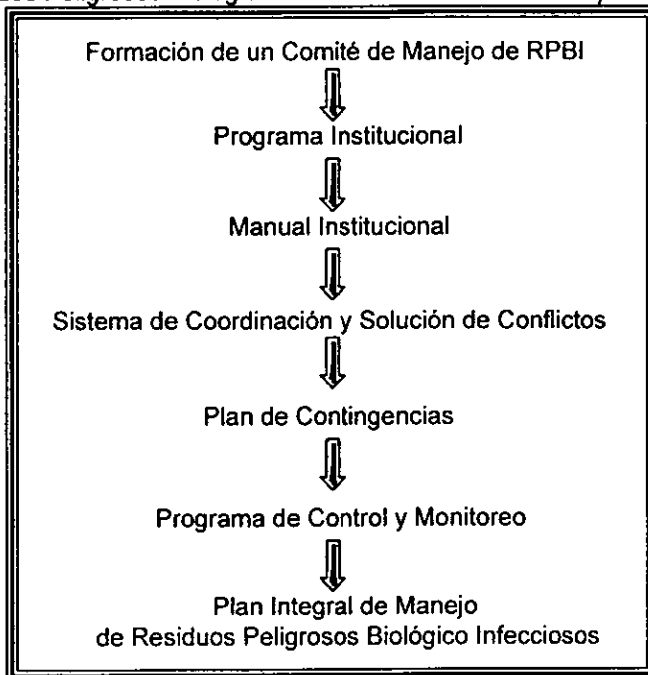




□ Se propone un **“Plan de Manejo Integral de Residuos Peligrosos Biológico” Infecciosos generados en el *campus* Iztacala”**

Para mejorar la seguridad del personal cuyas funciones están relacionadas con las unidades que integran el *campus* Iztacala, es importante conocer las actividades particulares que se desarrollan en cada una de ellas. Con base en ello será posible determinar el tipo de riesgo a que pudiera estar expuesta la población interna (dependiendo del trabajo que desarrolle) o externa (por entrar en contacto con RPBI mal dispuestos), y las posibles soluciones a dicha posibilidad de riesgo. Con vistas a lo anterior se propone seguir una secuencia de procedimientos cuyo objetivo principal sea la formulación de un “Plan Integral de Manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos” (figura 13).

Figura 13. Etapas previas al establecimiento de un Plan Integral de Manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos en la UNAM *campus* Iztacala



A continuación se describe cada uno de los pasos del diagrama:



### **A. Comité encargado del manejo de los RPBI**

El Comité estará integrado por un Responsable o Coordinador del Manejo de los RPBI, quien dirigirá el programa y vigilará el cumplimiento de sus normas y procedimientos, y por el jefe o un responsable de cada unidad o departamento académico. La formulación, implementación y cumplimiento de los sistemas de control y seguridad requeridos, serán responsabilidad del Comité.

Como primer paso, el Comité debe realizar un taller de información, de motivación y de capacitación dirigido a todo el personal que labora en la Institución. Debe ser un taller participativo en el que se puedan plantear las dudas e inquietudes de los asistentes y analizar posibles soluciones. En él se debe proporcionar a los participantes material básico de consulta y bibliografía complementaria para que adquieran un nivel mínimo de conocimientos teórico-prácticos para iniciar el programa integral de manejo de RPBI.

La capacitación constituye la base fundamental para el éxito del programa de manejo de desechos. Esta necesita contemplar los siguientes aspectos:

- Peligrosidad de los RPBI
- Riesgos ambientales: generalidades sobre microorganismos patógenos, información sobre infecciones, forma de transmisión de enfermedades, vías de acceso de microorganismos, primeros auxilios, etc.
- Métodos para prevenir la transmisión de infecciones, relacionadas con el manejo de los desechos. Principios universales para el control de infecciones: medidas generales de higiene y seguridad personal
- Cuestiones técnicas sobre separación, envasado, recolección, almacenamiento, tratamiento y eliminación final
- Métodos de desinfección y esterilización
- Métodos para enfrentar accidentes
- Mecanismos de coordinación con el resto del personal de la Institución responsable de la higiene y seguridad y de la protección civil
- El proceso de capacitación debe contar con un sistema periódico de evaluación



Como segundo paso, el Comité debe organizar y coordinar la realización de un diagnóstico integral sobre la situación actual de la Institución en relación con los RPBI (Cuadro 15). Esta información constituye la base para la elaboración del Programa Institucional y la asignación de recursos económicos para el Programa de Control y Monitoreo.

Cuadro 15. Aspectos a cubrir en el diagnóstico relacionado con los RPBI

PUNTOS DEL DIAGNÓSTICO	CARACTERÍSTICAS
Generación y composición de los desechos	Conocer el promedio diario de desechos y sus características
Manejo	Conocer las acciones que faciliten la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los RPBI
Recursos	Determinar la utilización de recursos económicos y técnicos
Conocimientos y actitudes	Identificar los conocimientos de los trabajadores en cuanto al tema
Mecanismos de control	El Comité necesita conocer si el personal está cumpliendo con sus labores adecuadamente, conforme a los reglamentos existentes

## B. Programa institucional

Para elaborar el Programa Institucional, el Comité tomará en cuenta los reglamentos existentes y los datos obtenidos en el diagnóstico. En el programa se desglosarán los procedimientos técnico-operativos y se establecerán metas. Este programa constará de:

- El diseño y aplicación del programa de capacitación y del proceso de educación continua
- Las normas internas que se elaboren con base en las características de la Institución y la legislación aplicable y que formarán parte del manual institucional
- La determinación de responsabilidades
- Un cronograma en el que consten metas progresivas y el sistema de evaluación y control

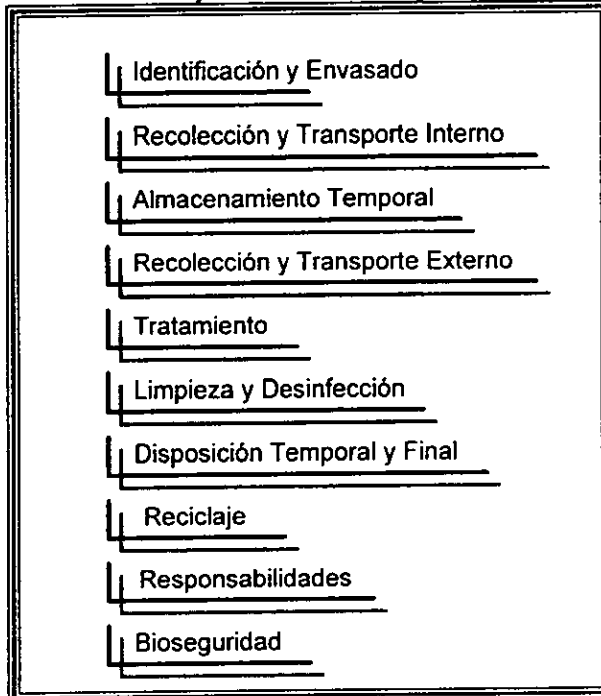


- Los programas de salud ocupacional, medicina preventiva, programa de inmunizaciones, y otros, acordes con el manejo de los RPBI, para el personal y grupos en riesgo
- Los sistemas de incentivos y sanciones

### C. Manual institucional

Teniendo como base las normas aplicables y el Programa Institucional, se elaborará un documento (Manual Institucional) en el que se detallen las técnicas, procedimientos y normas que respondan a la realidad y a las características específicas de la Institución, relacionados con cada una de las fases del manejo integral de los RPBI (Cuadro 16). En el diseño de estas normas de trabajo se incorporará la opinión y sugerencias del personal involucrado en los diferentes procedimientos.

Cuadro 16. Fases del Manejo de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos





#### **D. Coordinación y solución de conflictos**

El Comité tendrá a su cargo la coordinación de las actividades de todos los servicios y áreas de la Institución, organizaciones y empresas relacionadas con el manejo externo de los RPBI y con la provisión de materiales. Además, afrontará los problemas ocasionados por accidentes o derrames que contaminen el ambiente y pongan en riesgo la salud de los trabajadores y los pobladores de la comunidad. También deberá responder a las autoridades competentes sobre las actividades y diagnósticos realizados como: cantidad de RPBI generados y Programa Institucional. Será el responsable de la sustitución y adopción de nuevas técnicas de tratamiento y disposición final, así como de clasificar todo nuevo RPBI que se genere en la Institución. Debe establecer la conveniencia de la adquisición de materiales, del tipo de desinfectantes a utilizar así como de los procesos de desinfección y esterilización.

#### **E. Plan de contingencias**

Constituye un plan de acción para enfrentar situaciones de emergencia como: derrames, accidentes laborales, incendios, explosiones, etc. Deberá contarse con un equipo humano responsable y entrenado que provenga de varias áreas y que pueda responder en forma rápida a la contingencia. En el Anexo 5 se presenta un plan contra derrames.

Los aspectos que debe incluir un Plan de contingencias son:

- Procedimientos de limpieza y desinfección, medidas de protección e higiene del personal en caso de derrames y accidentes
- Alternativas para el almacenamiento y tratamiento de los RPBI, en caso de fallas en los equipos o en la recolección externa
- Procedimientos para el aislamiento y atención de áreas declaradas en emergencia (cuarentena)
- Sistema de diagnóstico del accidente para determinar los hechos ocurridos, el desecho involucrado y la causa



- Método de almacenamiento de información y establecimiento y rectificación de las normas que constan en el Manual Institucional
- Procedimientos para la administración del tratamiento de emergencia, primeros auxilios, lavado de ojos, vendaje, desinfección, etc.
- Procedimientos para ser ejecutados en coordinación con Bomberos o Protección Civil, en el caso de incendios o derrames masivos que afecten a la población.

#### **F. Programa de control y monitoreo**

El programa de control y monitoreo tiene por función básica establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las actividades propuestas en el Programa Institucional, además de ser una fuente importante de datos para mejorar los programas. Su propósito es:

- Comprobar que las medidas propuestas se han realizado
  - Proporcionar información para verificar los impactos
  - Comprobar la calidad y oportunidad de las medidas correctoras.
- (CANTANHEDE, (Mañal) 1994)

#### **Aspectos de recursos humanos**

El personal sujeto a este tipo de riesgos está compuesto prácticamente por toda la comunidad, por lo que es necesario realizar campañas de información con el fin de que cada miembro de la comunidad identifique sus responsabilidades. Se debe contar con profesionales, técnicos y operarios debidamente capacitados que dirijan y realicen el servicio de limpieza propiamente dicho. La dirección del sistema debe estar a cargo de un profesional y las operaciones a cargo de técnicos y personal especializado. Las acciones que se deben contemplar son: selección del personal, capacitación, y seguridad ocupacional e higiene.



### **a) Selección de personal**

El personal que formará parte del equipo de manejo de RPBI, debe ser apropiadamente seleccionado. Para ello, se deben tener en cuenta aspectos tales como sexo, edad, conocimientos y experiencia, aptitudes físicas y psicológicas y estado de salud, entre otros. Se deben efectuar:

- Exámenes pre-ocupacionales de salud, psicológicos y físicos
- Exámenes de conocimiento y destreza física
- Entrevistas personales
- Evaluación de conocimientos acerca del trabajo que se va a desarrollar

### **b) Capacitación**

Una vez seleccionado el personal, éste debe ser capacitado e integrado a las actividades de la Institución, específicamente al sistema de manejo de residuos. Es fundamental conseguir una colaboración apropiada con los compañeros de trabajo, superiores, personal a su cargo, etc.

### **c) Seguridad e higiene ocupacional**

Las medidas de higiene y seguridad permitirán que el personal, además de proteger su salud, desarrolle con mayor eficiencia su labor. Estas medidas contemplan aspectos de capacitación en el trabajo, conducta apropiada, disciplina, higiene personal y protección personal, entre otras, y son complementarias a las acciones desarrolladas para mejorar la calidad del ambiente de trabajo, tales como iluminación, ventilación, campanas para el trabajo bacteriológico, etc.

El personal involucrado en las operaciones de manejo de residuos sólidos, y en particular de RPBI debe seguir las siguientes medidas de seguridad:

- Conocer el cronograma de trabajo, su naturaleza y responsabilidades, así como el riesgo al que van a estar expuestos.
- Vacunarse contra el tétanos, tifoidea y hepatitis B
- Haber pasado un chequeo médico general que comprenda como mínimo la prueba de tuberculosis y hemoglobina para verificar su buen estado de salud



- Al laborar, encontrarse en buen estado de salud, no tener problemas gripales leves ni heridas pequeñas en las manos o brazos
- Comenzar su trabajo con el equipo de protección personal puesto, ya que los riesgos están presentes siempre. El equipo de protección personal básico estará compuesto por: guardapolvo o mameluco, guantes y botas de caucho. En el caso de manejo de RPBI, el equipo se complementará con una mascarilla.
- Usar guantes reforzados en la palma y dedos para evitar cortes y punciones, éstos deben colocarse por encima de la manga del guardapolvo o mameluco
- Sujetarse el cabello para que no se contamine; de preferencia utilizar un gorro
- Colocarse el pantalón dentro de la bota
- No comer, fumar, ni masticar algún producto durante el trabajo
- Tener a su alcance un botiquín con desinfectantes, algodón, vendas y jabón germicida
- Retirarse del lugar en caso de sentir náuseas
- Lavar la herida con agua y jabón en caso de corte o rasguño durante el trabajo, luego desinfectarla y cubrirla, y si fuera necesario, recurrir al servicio médico. En este caso siempre se debe notificar el accidente
- Tener bolsas de repuesto para introducir la rota sin dejar restos en el piso
- Desechar de inmediato los guantes en caso de rotura, los que por ningún motivo deben ser reutilizados
- Lavar y desinfectar el equipo de protección personal, especialmente los guantes, una vez terminada la rutina del día
- Bañarse, una vez terminada la jornada, en el centro de trabajo

(CANTANHEDE, (Guía) 1994)





o **Propuesta para el “Manejo Integral de los Residuos Punzocortantes Metálicos” en las unidades generadores del *campus* Iztacala**

Para poder llevar a cabo el manejo integral de los Residuos Punzocortantes Metálicos (RPM), que son parte de los RPBI, es necesario tomar en cuenta los puntos establecidos en el plan de manejo anteriormente descrito. Cualquier propuesta tendrá que estar apoyada por factores tanto económicos, como de recursos humanos, y factores técnico-operativos.

La situación actual (volumen, unidades generadoras, diversidad) de los RPM del *campus* permite establecer formas de tratamiento alternativas a las propuestas en la NOM-087-ECOL-1995, ya que los volúmenes de generación son bajos en la Institución.

La propuesta que a continuación se describe, está basada en los puntos que establece la normatividad vigente, en especial la NOM-087-ECOL-1995, y sus modificaciones.

### Identificación y envasado

Los residuos considerados como punzocortantes metálicos se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17. Residuos punzocortantes metálicos generados en el *campus* Iztacala

RÉSIDUOS PUNZOCORTANTES METÁLICOS
Agujas (varios tipos)
Catgut crómico (varios tipos)
Dermalón (varios tipos)
Hojas de bisturí (varios tipos)
Jeringas (varios tipos)
Lancetas
Punzocat (varios tipos)
Seda (varios tipos)
Sutura
Vacoset

Estos residuos deberán ser envasados en recipientes de plástico rígido, resistente a fracturas, indestructibles por métodos fisicoquímicos, esterilizables,



los cuales deben portar una etiqueta que indique "PELIGRO, RESIDUOS PUNZOCORTANTES BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" y tener el símbolo universal de riesgo biológico.

Cada recipiente estará dotado de un separador de agujas, el cual permitirá solamente el paso del metal contaminado, eliminando los materiales plásticos que no están contaminados. Los materiales plásticos no requieren ser depositados en recipientes marcados con el símbolo de RPBI.

Estos contenedores serán solamente para depositar RPM, por lo que no será necesario que contengan sustancias desinfectantes. El número de contenedores dependerá del volumen esperado de residuos.

### **Recolección y transporte interno**

Durante la recolección y el transporte de los RPBI, es necesario no poner en riesgo las áreas donde se encuentran los empleados, alumnos o público en general. Para establecer las rutas de recolección es necesario tomar en cuenta las unidades que generan un volumen mayor, en este caso la clínica odontológico y la CUSI serían los puntos de mayor riesgo. Para estas dos unidades el horario de recolección sería al término de cada turno de trabajo. Para todas las demás unidades, que generan volúmenes muy bajos en largos periodos de tiempo, los RPM pueden ser transportados cuando el contenedor correspondiente se encuentre al 80% de su capacidad. Los RPM que se generan en los laboratorios de prácticas deben ser transportados al finalizar el trabajo experimental.

Al retirar un contenedor para llevarlo al almacén temporal, se debe dejar en su lugar un contenedor vacío y esterilizado.

La utilización de carros manuales no es necesaria ya que el volumen de RPM es bajo. Sin embargo el personal que transporte los residuos debe contar con el equipo mínimo de protección (uniforme completo, guantes y mascarilla).



## Almacenamiento

El área de almacenamiento temporal será el lugar donde los RPM serán tratados para eliminar su carácter peligroso: físico e infeccioso.

Es importante considerar el lugar donde se localice el área de almacenamiento, ya que debe estar alejado de las áreas de cocina, comedor, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficinas, talleres y edificios generales. Debe contar con letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

El área de almacenamiento debe contar con el equipo necesario para realizar el tratamiento de los RPM. Además se debe contar con una bitácora, donde se anoten la unidad generadora y el peso de RPM.

Los RPM serán vaciados en recipientes de laboratorio, de vidrio, para su tratamiento.

## Tratamiento

Para llevar a cabo al tratamiento de los RPM es necesario que los contenedores sólo presenten RPM, además de que se debe conocer con cierta aproximación el peso de los residuos a tratar.

El tipo de ácido que se utilice puede ser el ácido clorhídrico o el sulfúrico, a las concentraciones y proporciones que se presentan en la metodología.

La concentración y proporción utilizada dependerá del volumen de residuos generados. Si se utilizan proporciones mayores, se tiene la ventaja de que los residuos son totalmente cubiertos por la solución, lo que facilita la disolución del acero. La solución gastada de ácido puede reforzarse y reutilizarse, dos o tres veces, en tanto no se sature con sulfato ferroso.

Cuando la solución restante ya se considere "agotada" y por tanto no reutilizable, deberá ser neutralizada antes de ser desechada. Los sólidos resultantes del tratamiento ácido y la posterior alcalinización de los líquidos pueden eliminarse en la basura municipal, al igual que los restos plásticos que fueron separados de las jeringas.



La concentración de trabajo de los ácidos sulfúrico o clorhídrico es baja por lo que no representa un riesgo para el operador que esté a cargo del tratamiento de los punzocortantes metálicos.

El transporte externo no es necesario y la disposición final de los residuos tratados pueden ser con el resto de los desechos sólidos no infecciosos (basura municipal).



## CONCLUSIONES

La Norma Oficial Mexicana, establece que los centros de enseñanza e investigación corresponden al Nivel III de generadores de RPBI, el cual es el nivel más estricto para regular la identificación, envasado, recolección y transporte interno, almacenamiento temporal, recolección y transporte externo, tratamiento y disposición final de los residuos biológico-infecciosos. Debido a esto, el *campus* Iztacala requiere establecer estrategias que regulen los procedimientos que estén relacionados con la generación y disposición de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Hasta ahora, en el *campus* Iztacala no se realiza un manejo adecuado de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, ya que se carece de un grupo dedicado a organizar y manejar estos procesos.

Como parte fundamental de las estrategias que se necesitan llevar a cabo para el manejo adecuado de dichos residuos, se encuentran en primer lugar, la minimización del volumen generado. Una acción efectiva para ello, es la separación oportuna de los residuos infecciosos de los no infecciosos, para evitar que estos últimos resulten contaminados. Esta clasificación es la clave para lograr una reducción en el volumen generado y disminuir los costos de su tratamiento. Para lograr estos objetivos es muy importante la participación y el apoyo de toda la comunidad interna y externa, ya que todos podemos estar expuestos al contacto con estos residuos peligrosos cuando no se dispone adecuadamente de ellos.

Cualquier propuesta relacionada con el manejo de los RPBI tendrá que estar apoyada por factores económicos, de recursos humanos, así como técnico-operativos. Se deben de tomar decisiones en cuanto hasta qué punto el *campus* está en condiciones de llevar a cabo el manejo exigido por la normatividad vigente y proponer a las autoridades metodologías alternativas y eficientes, al alcance de esas posibilidades.

El bajo volumen de residuos punzocortantes metálicos generados en el *campus* Iztacala, nos condujo a proponer la presente estrategia de tratamiento, que siendo eficiente para el fin buscado, no obligen a la Institución a recurrir a



tecnología que implique inversiones elevadas. La utilización de ácidos fuertes como alternativa de tratamiento para la desinfección y destrucción de los residuos punzocortantes metálicos es efectiva y puede aplicarse de inmediato ya que está al alcance de los recursos de la Institución.

El plan propuesto para llevar a cabo el manejo integral de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, ayudará a mejorar la calidad de los servicios que se brindan en el *campus* Iztacala.



## ANEXO 1

Cuadro 18. Ejemplos de residuos peligrosos biológico-infecciosos generados en las áreas médicas y de servicios complementarios

<b>SANGRE</b>
Sangre, paquete globular, plasma y suero, vacutainer con sangre, tubos con sangre, aplicadores de madera para remover coágulos, torundas con sangre, gasas con sangre, apósitos con sangre, bolsas con contenido hemático, receptales de líquidos de aspiración.
<b>CULTIVOS Y CEPAS ALMACENADAS</b>
Medios de cultivo, hemocultivos, coprocultivos, urocultivos, expectoraciones exudados, líquido cefalorraquídeo, líquido peritoneal, líquido pleural, líquido sinovial, cajas petri de plástico con medios de cultivo contaminados, hisopos, vacunas vivas o atenuadas.
<b>PATOLÓGICOS</b>
Orina, copros, líquido amniótico, líquidos de aspiración, líquido cefalorraquídeo, líquidos pleurales, líquidos peritoneales, líquido pericárdico, líquido sinovial, semen y líquido vaginal, saliva, biopsias, vísceras, placentas, miembros humanos.
<b>NO ANATÓMICOS</b>
Guantes desechables, cubrebocas, gorros, botas, algodón, gasas, apósitos, sondas desechables y de caucho, vendas, batas, sábanas, cofias desechables, abatelenguas, vacoset, matriset, pevecimetro, jelcos, catéteres, tela adhesiva, micropore, torundas, jeringas desechables, hisopos, cystoflow, portovack, bolsa para alimentación enteral, humidificador, tubo latex, tiras reactivas, bolsas de colostomía, cintas umbilicales, bolsas de diálisis peritoneal, pañal desechable, loza desechable, toallas sanitarias, tubos con residuos de medicamentos, suturas, catéteres como Swan, Gans, Tenkof, bolsas recolectoras de secreciones, electrodos temporales, sondas Levin, Foley, Nelaton, alimentación forzada.
<b>PUNZOCORTANTES</b>
Hojas de bisturí, agujas hipodérmicas, agujas vacutainer, frascos rotos, catéteres con agujas metálicas, cristalería de laboratorio rota, lancetas, ampolletas, frascos ampula, tubos capilares con sangre, portaobjetos, cubreobjetos, pipetas Pasteur, rastrillos, navajas de rasurar.

(Salinas, 1998)



ANEXO 2

SÍMBOLO UNIVERSAL DE RIESGO BIOLÓGICO



¡P E L I G R O

R E S I D U O S

BIOLÓGICO-INFECCIOSOS!





## ANEXO 3

### MÉTODOS DE TRATAMIENTO

Los RPBI deben ser tratados a fin de reducir o eliminar los riesgos para la salud, no se acepta que sean dispuestos sin tratamiento. Los tratamientos más usuales son la incineración, la esterilización o desinfección química y la esterilización en autoclave o microondas, entre otras. La selección de una de estas opciones requiere un estudio previo de las condiciones económico-ambientales del lugar. Las operaciones de tratamiento deben vigilarse constantemente a fin de evitar la posible contaminación del ambiente y riesgos a la salud y serán efectuadas por personal o empresas especializadas (CANTANHEDE, (Gufa) 1994).

Para la esterilización de los RPBI se emplean varios métodos, los cuales se dividen dependiendo de su tipo de acción:

- Térmicos: calor seco y húmedo, microondas y plasma, infrarrojo, incineración
- Químicos: cloro, derivados del cloro u otro desinfectante
- Radiación: UV, cobalto 60 (Van Ruymbeke, 1998)

Algunas tecnologías hacen combinaciones de dos o más procedimientos, como por ejemplo tratamiento químico / térmico, químico / irradiación. Algunos procesos utilizan además un sistema de molienda mecánica, ya sea antes, durante o al final del proceso y algunos otros comprimen los residuos al final del proceso. Cabe mencionar que la trituración o desmesurado y compactación no son considerados como métodos de tratamiento, pero se les utiliza para facilitar la efectividad del tratamiento o para destruir los residuos volviéndolos irreconocible y no funcionales. (Van Ruymbeke, 1998)

A continuación se describen cada una de ellas:

#### A. Incineración

La incineración es un proceso de conversión de materiales combustibles en cenizas y gases de combustión, lo que reduce el volumen y la masa inicial en 75 y 90% respectivamente, utilizando como combustible auxiliar el gas natural, gas metano, o diesel; se le llama combustible auxiliar ya se le emplea únicamente para iniciar la combustión de los residuos ya que posteriormente se utiliza el poder calorífico de los mismos (Van Ruymbeke, 1998), este tratamiento es costoso tanto en la instalación como en la operación y requiere controles especiales ya que las cenizas y los gases producidos son tóxicos. Los incineradores necesitan limpieza periódica con agua, lo que da lugar a desechos líquidos ácidos en exceso, por lo que deben neutralizarse (CANTANHEDE, (Manual) 1994).



El incinerador debe cumplir con varias normas técnicas:

- El incinerador debe disponer de una cámara de combustión primaria, una cámara secundaria en las que se alcance una temperatura de 800 y 1000°C respectivamente. En la cámara primaria se queman los desechos produciéndose cenizas y diversos gases entre los que se encuentran las dioxinas que pueden generar cáncer. En la cámara secundaria, estos gases son quemados completamente convirtiéndose en vapor de agua, CO<sub>2</sub> y restos de óxidos de nitrógeno y ácido clorhídrico.
- Estará ubicado en un sitio que no represente riesgo para los pacientes, el personal o la comunidad cercana, es decir lejos de bodegas, de tanques de oxígeno y de recipientes de sustancias combustibles o explosivas.
- Las cenizas resultantes del proceso de incineración deben considerarse como residuos peligrosos ya que contienen plomo, cadmio, cromo, mercurio y arsénico por lo que deben ser enviadas en una funda debidamente etiquetada, como residuo peligroso al relleno sanitario.

Los incineradores deben contar con dispositivos para remover y recoger las cenizas, y con un sistema de lavado de gases. Pueden incluir, además, técnicas de recuperación de la energía calórica para calentar las calderas del hospital. Por lo general, los desechos infecciosos tienen un alto valor calorífico por lo que no requieren una cantidad excesiva de combustible adicional. Por su bajo contenido calórico no es conveniente incinerar los desechos comunes, en especial los restos de alimentos, ya que esto demandará el uso de combustible extra, lo que encarecerá la operación del incinerador (CANTANHEDE, (Manual) 1994).

#### Ventajas:

- Aplicable a todos los residuos
- Reducción importante del volumen de residuos
- El calor generado puede ser utilizado para generar energía eléctrica o para la producción de vapor
- Ahorro en costos de transporte de los residuos

#### Desventajas:

- Costo elevado de inversión
- Costeable sólo para establecimientos de gran tamaño
- Emisiones tóxicas al aire si no son controladas
- Generación de cenizas que pueden tener características peligrosas (Van Ruymbeke, 1998)



## B. Desinfección Húmeda o Seca

Se efectúa por medio de un autoclave, que no es sino un son recipiente metálico de paredes resistentes y cierre hermético, que sirve para esterilizar los equipos y materiales reusables, mediante la combinación de calor y presión proporcionada por el vapor de agua (CANTANHEDE, (Manual) 1994). La temperatura mínima empleada es de 132°C, con una presión de 1.99 a 2.25 Kg/cm<sup>2</sup> y con un tiempo de permanencia de 45 minutos (Organización Panamericana de la Salud, 1996).

La esterilización por calor húmedo puede ser alcanzada a través de vapor saturado o por agua hirviendo; aunque cabe mencionar que el agua hirviendo a presión atmosférica no es un buen agente esterilizador debido a su temperatura relativamente baja. La esterilización por calor seco es relativamente lenta y requiere alta temperatura, sin embargo es aplicable a toda clase de materiales como aceites y contenedores cerrados, los cuales no son permeables a la humedad (Van Ruymbeke, 1998)

En el Cuadro 19 se muestran los microorganismos que mayormente se desactivan con estos procedimientos de esterilización

Cuadro 19. Organismos que principalmente se desactivan

ORGANISMOS	
<input type="checkbox"/> <i>Bacillus subtilis</i>	<input type="checkbox"/> <i>Cryptococcus albidus</i>
<input type="checkbox"/> <i>Bacillus stearothermophilus</i>	<input type="checkbox"/> <i>Cryptosporidium sp.</i>
<input type="checkbox"/> <i>Enterococcus faecalis</i>	<input type="checkbox"/> <i>Candida albicans</i>
<input type="checkbox"/> <i>Staphylococcus aureus</i>	<input type="checkbox"/> <i>Nocardia sp.</i>
<input type="checkbox"/> <i>Clostridium botulinum</i>	<input type="checkbox"/> <i>Mycobacterium bovis</i>
<input type="checkbox"/> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<input type="checkbox"/> Hepatitis B
<input type="checkbox"/> <i>Virus coxsackie A</i>	<input type="checkbox"/> <i>Giardia sp.</i>
<input type="checkbox"/> <i>Echo virus</i>	<input type="checkbox"/> Virus de la hepatitis de pato
<input type="checkbox"/> <i>Chrysosporium sp.</i>	

(Witold, 1996)

Los diversos microorganismos presentan diferente resistencia al calor húmedo, lo que permite clasificarlos como se observa en el cuadro 20.

Cuadro 20. Clasificación de los microorganismos de acuerdo con su resistencia térmica

GRADO DE RESISTENCIA TÉRMICA	MICROORGANISMOS DE DIFERENTE RESISTENCIA TÉRMICA
I	Todas las bacterias vegetativas (formadoras de esporas), hongos, esporas de hongos y la mayor parte de los virus
II	Esporas de <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , virus de la hepatitis A y B, virus de la viruela, esporas Hoffman, esporas del carbúnculo.
III	Esporas naturales del mantillo, esporas del <i>Bacillus stearothermophilus</i> , esporas de <i>Clostricien</i> .
IV	Esporas altamente resistentes, formadores de esporas termófilas.



El proceso de esterilización debe conducir a la muerte de todos los microorganismos de grado I a III inclusive. Las raras esporas de grado IV no son tenidas en cuenta en los procedimientos de esterilización con fines médicos ya que los gérmenes de estas esporas no son patógenos (Witold, 1996).

#### Ventajas:

- Bajo costo de puesta en marcha y operación
- Económica para pequeños establecimientos
- Operación relativamente sencilla
- No genera emisiones a la atmósfera, efluentes ni residuos peligrosos

#### Desventajas:

- La eficiencia de la esterilización depende de la correcta operación del equipo
- Ciertos envases impiden la penetración del vapor y por ende la esterilización del residuo
- Para lograr una desinfección eficaz, se requiere de una molienda o trituración preliminar
- No puede utilizarse para residuos anatómicos ni citotóxicos
- Se requiere realizar pruebas de eficiencia del proceso de esterilización mediante indicadores físicos o biológicos (esporas de *Bacillus stearothermophilus*)
- Los residuos conservan su apariencia (Van Ruymbeke, 1998)

### C. Desinfección Química

La desinfección química es un método adecuado para el tratamiento de residuos de laboratorio, de microbiología, residuos de sangre y líquidos orgánicos, partes de tejidos e instrumentos punzocortantes; no debe utilizarse para tratar residuos anatómicos humanos o animales. La desinfección química también es utilizada para descontaminar los sitios donde hubo vertimiento de RPBI (Van Ruymbeke, 1998).

La eficiencia de desinfección depende del tipo de desinfectante utilizado (Cuadro 21); se deben controlar factores como: concentración, temperatura, pH, y tiempo de contacto del desinfectante con los residuos (Van Ruymbeke, 1998).

Las secreciones y excretas de los pacientes con enfermedades infectocontagiosas graves pueden ser desinfectadas con hipoclorito de sodio o formol antes de ser evacuadas por el inodoro; el mismo procedimiento se aplica a los residuos de alimentos en las salas de aislamiento (CANTANHEDE, (Manual) 1994).

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



Cuadro 21. Actividad de distintos desinfectantes.

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE DESINFECCIÓN	B	VL	VH	M	H	E	MECANISMO DE ACCIÓN	USOS
Cloro	2:1000 (100 PPM)	intermedio/ bajo	+	+	+	+	+	-	IE, DP, IAN	pisos
Iodo	30 a 50 ppm	Intermedio	+	+	+	+,-	+,-	-	RP	botellas
Peróxido de Hidrógeno	3 - 25%	Intermedio	+	+	-	+	+	-	ROH	lentes de contacto
Alcoholes	60 - 95%	Intermedio	+	+	-	+	+	-	DP	termómetros endoscopios
Fenoles	0.4 - 5%	intermedio/ bajo	+	+	+,-	-	+,-	-	IE	
Aminas cuaternarias	0.4 - 1.6%	Bajo	+	+	-	-	+,-	-	IE, DP	pisos, muebles
Ácido paracético	0.001 - 0.2	Alto	+	+	+	+	+	+	Oxidante	equipos de diálisis
Clorhexidina	0.05%	Bajo	+	+	+,-	-	+	-	Citoplásmico	antiséptico
Glutaraldehído	2%	Esterilizante químico	+	+	+	+	+	+	Alquilación de ADN, ARN	instrumentos termolábiles

Claves: B= bacterias, VL= virus lipofílicos, VH= virus hidrofílicos, M= micobacterias, H= hongos, E= esporas, IE= inactivación enzimática, DP= desnaturalización de proteínas, IAN= inactivación de ácidos nucleicos (Organización Panamericana de la Salud, 1996)

Los volúmenes de desinfectante deben ser mayores que los del desecho contaminado, para compensar la pérdida de actividad que sufren estos productos al estar en contacto con material orgánico. La solución debe ser fresca, es decir con menos de 24 horas de preparación, y debe permanecer en contacto con los objetos a desinfectar por lo menos 20 minutos (CANTANHEDE, (Manual) 1994).

#### Ventajas:

- Costo moderado de inversión y de operación
- Económico para establecimientos de tamaño medio y grande
- Operación relativamente sencilla por la automatización del equipo

#### Desventajas:

- Los productos químicos utilizados como desinfectantes son a veces sustancias peligrosas y requieren precauciones en su manejo
- Los residuos contienen remanentes de sustancias químicas y en ciertos casos se requiere tratar los efluentes
- La desinfección puede ser incompleta cuando el contacto con el residuo es difícil (Van Ruymbeke, 1998)
- Para una completa desinfección se requiere una molienda preliminar y la trituración de los desechos, lo que a su vez evita la reutilización de las jeringas descartadas
- Puede ser ineficaz contra cepas de agentes patógenos que sean resistentes al producto químico utilizado (Organización Panamericana de la Salud, 1996)



#### D. Microondas

Son equipos que utilizan la energía de las microondas para esterilizar los desechos. Se utilizan dos frecuencias predominantes, 915 y 2450 Mhz durante un periodo de 20 minutos. Previamente debe realizarse una trituración y además requiere un nivel específico de humedad (CANTANHEDE, (Manual) 1994).

El sistema de desinfección por microondas incluye:

- Tolva de alimentación
- Unidad de molienda
- Transportador de tornillo
- Generador de microondas que desinfecta los residuos durante el transporte (Van Ruymbeke, 1998)

Ventajas:

- Reducción del 30% en volumen de los residuos
- No se producen emisiones atmosféricas, ni descargas de líquidos
- Costos de operación y mantenimiento bajos
- El personal responsable de la operación no está expuesto a posibles contagios

Desventajas:

- Requiere de la selección previa de los residuos
- No admite residuos voluminosos, ni ferrosos de gran tamaño
- Requiere personal especializado en la operación
- Los residuos deben presentar un contenido máximo de 10% de humedad
- No procesa residuos patológicos
- El consumo de energía es alto (Flores, 1995)

#### E. Infrarrojo

Las unidades de calentamiento son lámparas infrarrojas con filamento de tungsteno o cobalto 60 que funcionan a una temperatura del filamento de aproximadamente 2500°C (Van Ruymbeke, 1998).

El calentamiento infrarrojo se utiliza comúnmente a temperaturas moderadas, por debajo de 315°C, para la desecación de materiales laminares y granulares y para la cocción de acabados superficiales. Las lámparas infrarrojas estándares tienen una clasificación de potencia de 125 a 1000 wats (Van Ruymbeke, 1998).



## F. Irradiación

Estos métodos utilizan la radiación mediante onda corta, aceleradores lineales, radiación gamma o ultravioleta (CEPIS, 1999 manual). Estos procesos de desinfección utilizan rayos X o gamma y pueden ser muy eficaces. Se efectúa una molienda o trituración preliminar, no sólo por razones estéticas, sino para mejorar la desinfección (Organización Panamericana de la Salud, 1996).

### Ventajas:

- Es un método limpio que produce un mínimo de molestias y de contaminación
- No requiere vapor

### Desventajas:

- Es un método costoso
- Requiere personal altamente capacitado
- No reduce el volumen de los residuos
- Problemas con la disposición final de la fuente radioactiva (Organización Panamericana de la Salud, 1996)

## G. Plasma Térmico

Es un tratamiento que convierte la electricidad en calor, en cualquier medio gaseoso, ejemplo, aire, oxígeno, nitrógeno, argón, helio, hidrógeno, etc.

### Ventajas:

- Puede tratar cualquier tipo de residuos (madera, aceites, pinturas, lodos, etc.)
- Los materiales inorgánicos son simultáneamente vitrificados a metales o a lava
- Únicamente se generan dos subproductos: gases de combustión y lava de fundición
- Los metales y vidrios son inertes y pueden ser reciclados como materiales de construcción
- La economía del proceso del plasma es significativamente mejorada por los gases de pirólisis convertidos a metanol (combustible) o a electricidad

### Desventajas:

- Elevada inversión inicial
- Requerimiento de personal capacitado (Van Ruymbeke, 1998)



## ANEXO 4

### MARCO JURÍDICO

#### LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

El marco jurídico que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos esta señalado en la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente*, la cual entró en vigor en marzo de 1988 y se modificó por decreto en diciembre de 1996. Consta de seis títulos, de los cuales el primero y el cuarto reglamentan a los RPBI. A continuación se presenta un resumen.

#### TÍTULO PRIMERO

##### Disposiciones generales

#### CAPÍTULO I

##### Normas preliminares

#### Artículo 1

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección del ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Entre sus objetivos están:

I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

VI. La prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo.

#### Artículo 3

Para los efectos de esta Ley se entiende por:

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

#### CAPÍTULO II

##### Distribución de competencias y coordinación

#### Artículo 5

Son facultades de la Federación:

VI.- La regulación y control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias.





**TITULO CUARTO**  
**Protección al ambiente**  
**CAPÍTULO I**  
**Disposiciones generales**

**Artículo 109 bis**

La Secretaría, deberá integrar un inventario de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales en cuerpos receptores federales o que se infiltren en el subsuelo, materiales y residuos peligrosos de su competencia, coordinar los registros que establezca la Ley y crear un sistema consolidado de información basado en las autorizaciones, licencias o permisos que en la materia deberán otorgarse.

**CAPÍTULO IV**  
**Prevención y control de la contaminación**

**Artículo 134**

Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

V. En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que pueden ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

**CAPÍTULO VI**  
**Materiales y residuos peligrosos**

**Artículo 150**

Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación.

Contendrán los criterios y listados que clasifiquen los materiales y residuos peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando sus características y volúmenes. Corresponde a la Secretaría la regulación y el control de los materiales y residuos peligrosos

La Secretaría establecerá los requisitos para el envase, etiquetado de materiales y residuos peligrosos, así como para la evaluación de riesgo e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo.

**Artículo 151**

La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. Si se contratan los servicios de manejo y disposición final de residuos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos son entregados a dichas empresas, la responsabilidad por la operación será de éstas.

En las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de residuos peligrosos, solo se incluirán los residuos que no puedan ser técnica y económicamente sujetos de reuso.



reciclamiento o destrucción térmica o fisicoquímica y no se permitirá el confinamiento de residuos peligrosos en estado líquido.

**Artículo 151bis**

Requiere autorización previa de la Secretaría:

I.- La prestación de servicios a terceros que tenga por objeto el manejo integral de los residuos peligrosos

II.- La instalación y operación de sistemas para el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos

III.- La instalación y operación, por parte del generador de residuos peligrosos

**Artículo 152**

La Secretaría promoverá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como a estimular su reuso y reciclaje.

**Artículo 152bis**

Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

**Artículo 153**

La importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal.

---

## LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL ESTADO DE MÉXICO

Esta ley se autorizó en febrero de 1998. A continuación se presentan algunos de los puntos más importantes:

**Artículo 6**

XII. Se establece como responsable al Estado de México para regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos que no estén considerados como peligrosos. Los residuos peligrosos son de facultad federal.

---

**NORMAS DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

<b>NOM-002-SCT2-1993</b>	Listado de sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados
<b>NOM-003-SCT2-1993</b>	Etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos
<b>NOM-004-SCT2-1994</b>	Identificación de unidades destinadas al transporte de residuos peligrosos
<b>NOM-005-SCT2-1994</b>	Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos
<b>NOM-006-SCT2-1994</b>	Revisión ocular de la unidad destinada al transporte.
<b>NOM-007-SCT2-1994</b>	Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos
<b>NOM-009-SCT2-1994</b>	Compatibilidad para el almacenamiento y transporte
<b>NOM-012-SCT2-1994</b>	Peso y dimensiones máximas de los transportes
<b>NOM-018-SCT2-1994</b>	Carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos
<b>NOM-019-SCT2-1994</b>	Limpieza y control de remanentes de residuos peligrosos en las unidades
<b>NOM-021-SCT2-1994</b>	Transporte de materiales no peligrosos en unidades para peligrosos
<b>NOM-023-SCT2-1994</b>	Para transportes de más de 450 litros, especificaciones de placas informativas
<b>NOM-024-SCT2-1994</b>	Construcción y reparación de envases y embalajes.
<b>NOM-043-SCT2-1995</b>	Documentos de embarque

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

<b>NOM-052-ECOL-1993</b>	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
<b>NOM-053-ECOL-1993</b>	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos
<b>NOM-054-ECOL-1993</b>	Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto



---

	los radioactivos
<b>NOM-055-ECOL-1993</b>	Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos
<b>NOM-056-ECOL-1993</b>	Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos
<b>NOM-057-ECOL-1993</b>	Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos
<b>NOM-058-ECOL-1993</b>	Establece los requisitos de operación de celdas de confinamiento de residuos peligrosos
<b>NOM-087-ECOL-1993</b>	Establece el manejo integral de los residuos peligrosos biológico infecciosos
<b>NOM-001-ECOL-1993</b>	Descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
<b>NOM-003-SSA2-1994</b>	Para la disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos
<b>NOM-010-SSA2-1994</b>	Para la prevención y control del SIDA
<b>NOM-013-SSA2-1994</b>	Prevenir y controlar las enfermedades bucales

---

---

### REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD

Este reglamento está basado en el control sanitario de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos. Considera a la incineración como una opción para la destrucción de órganos, tejidos, productos y cadáveres de seres humanos.

#### Artículo 116

Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

#### Artículo 117

La formulación y conducción de la política de saneamiento ambiental corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

---



---

**REGLAMENTO DE LA COMISIÓN MIXTA DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL PERSONAL  
ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Este reglamento se publicó en la Gaceta UNAM en septiembre de 1991, con el fin de definir las bases para la seguridad del trabajador, así como establecer las actividades riesgosas mas importantes. A continuación se presentan algunos de los puntos más destacables:

**Capítulo I  
De la Integración y Competencia de la Comisión**

**Artículo 8**

Se autoriza la creación de una subcomisión mixta paritaria de higiene y seguridad en cada dependencia en la que labore personal académico. Esta subcomisión no tendrá facultades ejecutivas para la resolución de los problemas, pero deberá enviar sus observaciones para lo que proceda.

**Artículo 11**

La comisión mixta de higiene y seguridad tendrá la obligación de conocer las condiciones de trabajo del personal académico, determinar qué labores pueden clasificarse como insalubres o peligrosas, proponer medidas para prevenir y/o corregir estos problemas, realizar la vigilancia para que todas las acciones se cumplan y mantener informado al personal sobre higiene y seguridad.

**Artículo 12**

La subcomisión tendrá que elaborar un Proyecto de Reglamento Interno de Higiene y Seguridad, para su propia dependencia y vigilar el cumplimiento del mismo. Así también debe notificar todos los casos de accidente a las autoridades administrativas

**Capítulo II  
De los riesgos de trabajo y las condiciones de higiene y seguridad**

**Artículo 14**

Se entiende por riesgo de trabajo, los accidentes y enfermedades a que están expuestos los miembros del Personal Académico en ejercicio o con motivo del trabajo.

---

**LEY GENERAL DEL TRABAJO**

Reglamento de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (art. 85 y 89).

---



**CÓDIGO PENAL PARA EL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA DE FUERO COMÚN, Y PARA  
TODA LA REPÚBLICA EN MATERIA DE FUERO FEDERAL**

**TÍTULO VIGÉSIMO QUINTO  
Capítulo Único  
Delitos ambientales**

**Artículo 414**

Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veintemil días de multa a quien sin contar con las autorizaciones respectivas o violando las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo 147 de la LGEEPA, realice, autorice u ordene actividades que conforme a ese mismo ordenamiento se consideren altamente riesgosas y que ocasionen daños a la salud pública, los recursos naturales o a los ecosistemas.

**Artículo 415**

Se impondrá pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veintemil días de multa a quien sin la autorización de la autoridad competente o contraviendo los términos en que haya sido concedida, realice cualquier actividad con material o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud, los recursos naturales o los ecosistemas.

---

**CONVENIOS INTERNACIONALES**

A partir de 1994, México se ha constituido como miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); lo cual implica asumir una responsabilidad en el área ambiental sobre las trece decisiones adoptadas por el Consejo. Cuatro de estas decisiones se refieren al manejo de residuos peligrosos y su movimiento transfronterizo:

- Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos
- Exportación de desechos peligrosos desde el área de la OCDE
- Reducción de movimientos transfronterizos de desechos
- Movimientos transfronterizos destinados a actividades de recuperación (Cuadri, 1994)

**Convención de Basilea**

La Convención de Basilea sobre Movimientos Transfronterizos de Residuos peligrosos fue adoptada en marzo de 1989. En marzo de 1994 se realizó la segunda reunión de las partes en Ginebra, en la cual se integraron los siguientes términos:

- Prohibir de inmediato todos los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de estados de la OCDE a estados que no forman parte de esa organización, destinados a su eliminación definitiva
- A partir de 1997 prohibir los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de estados de la OCDE a estados que no formen parte de esa organización, destinados a operaciones de



reciclado y de recuperación (Cuadri, 1994)

#### **Acuerdo de la Paz**

En 1983 se firmó el acuerdo entre México y Estados Unidos sobre cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente, el cual, en su Anexo III, establece condiciones relacionadas con el movimiento fronterizo de residuos peligrosos (Cuadri, 1994).

---

### **DOCUMENTOS MAESTROS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

- ✓ Manifiesto para el registro de empresas generadoras de residuos peligrosos.
- ✓ Manifiesto de entrega, transporte, recepción de residuos peligrosos.
- ✓ Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclado, confinamiento o disposición final.



## ANEXO 5

### Procedimientos Generales para la Limpieza de Derrames

- Evaluar el área inmediatamente
- Proporcionar tratamiento médico a quienes se hayan expuesto (si se garantiza la naturaleza de la exposición)
- Determinar la naturaleza y extensión del derrame (por ejemplo agentes químicos o biológicos), su concentración, calidad y localización
- Asegurar el área de derrame, posteriormente, proveer prevención adicional a la exposición
- Contener el derrame (formar un dique o cubrir con material absorbente)
- Descontaminar el material salpicado de inmediato y de ser necesario ( si es prudente la descontaminación del material derramado antes de su transporte)
- Transportar el material derramado:
  - Sólido: Emplear medios mecánicos (escobetillas, pinzas), desechar como residuo infeccioso, peligroso o radiactivo
  - Líquidos: Absorber el derrame, desechar como residuo infeccioso, peligroso o radiactivo
  - Vidrio roto y otros punzocortantes: Emplear medios mecánicos (escobetillas, pinzas), nunca las manos, desechar como punzocortantes
- Absorber y descontaminar el área
- Si es necesario, limpiar el área y absorber junto con los componentes de limpieza
- Disposición de materiales de limpieza: disponer los objetos desechables como residuos infecciosos, peligrosos o radioactivos; descontaminar objetos utilizables tal como pinzas, cepillos, etc.
- Remoción del equipo de protección personal: descontaminar objetos utilizables tales como guantes de trabajo, botas, etc., antes de su limpieza o envío a la lavandería
- Lavar a conciencia toda la piel expuesta
- Obtener tratamiento médico y seguir las indicaciones apropiadas a cada tipo de exposición (Lara, 1998)





## ANEXO 6

## Formato de Encuesta

Entrevista	
Datos Generales	
Fecha:	No Entrevista:
Nombre del Encuestado:	
Cargo:	
<input type="checkbox"/> Administrador. <input type="checkbox"/> Personal de limpieza. <input type="checkbox"/> Médico. <input type="checkbox"/> Supervisor. <input type="checkbox"/> Investigador. <input type="checkbox"/> Otro. <input type="checkbox"/> Enfermero.	
Area de la Entrevista:	
<input type="checkbox"/> Áreas dedicadas a la atención y manejo de animales. <input type="checkbox"/> Áreas dedicadas a la salud. <input type="checkbox"/> Áreas de investigación y docencia. <input type="checkbox"/> Áreas dedicadas a la preparación de alimentos. <input type="checkbox"/> Áreas dedicadas a la investigación y docencia.	
Lugar de la entrevista:	
Servicio:	Profesión:
Manejo de los residuos	
10. Que tipo de residuos sólidos se generan.	
<input type="checkbox"/> Residuos comunes. Residuos Infecciosos. <input type="checkbox"/> Sangre y materiales contaminados con sangre. <input type="checkbox"/> Bacteriológicos. <input type="checkbox"/> Patológicos. <input type="checkbox"/> Punzocortantes. <input type="checkbox"/> Otros. <input type="checkbox"/> Residuos Peligrosos.	
11. ¿Como clasifican los Residuos Infecciosos sólidos que se generan?	
12. Como se lleva a cabo el envasado de los residuos.	
Envase	Tipo                      Color                      Tamaño
<input type="checkbox"/> bolsas	_____
<input type="checkbox"/> recipientes	_____
<input type="checkbox"/> cajas	_____
<input type="checkbox"/> otros	_____
13. ¿Considera que los contenedores son suficientes:	
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
14. ¿El tamaño de los contenedores es el adecuado?	
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
15. ¿Con que frecuencia son retirados o vaciados los recipientes?	
<input type="checkbox"/> una vez al día. <input type="checkbox"/> varias veces al día. <input type="checkbox"/> cada semana. <input type="checkbox"/> cuando se solicita.	
16. ¿Con que frecuencia son lavados y desinfectados los recipientes contenedores?	
_____ Que procedimiento se utiliza	

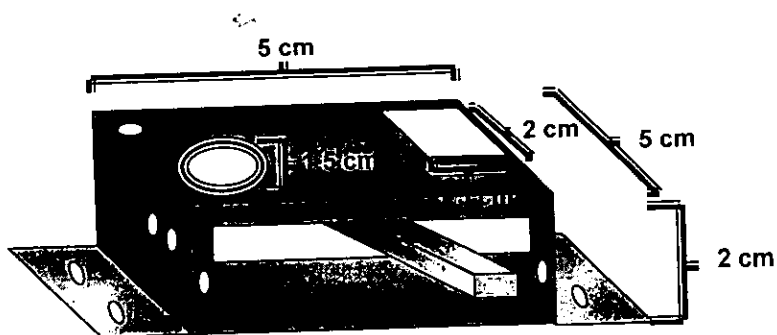


Que soluciones desinfectantes se utilizan	
17. ¿Existen recipientes adecuados para la disposición de punzocortantes?	( ) Sí ( ) No Características del recipiente
18. ¿Se realiza algún tipo de tratamiento a los residuos antes de ser eliminados?	( ) Sí ( ) No Cuales
19. ¿Cual es el tipo de transporte interno que se utiliza para desplazar los residuos hacia el almacén temporal?	
20. ¿Son utilizados estos medios de transporte para otros usos? _____	( ) Sí ( ) No Cuales
21. Conque frecuencia se asea el área:	( ) una vez al día. ( ) varias veces al día. ( ) cada semana. ( ) cuando se solicita.
22. ¿Existe un área de almacenamiento temporal para depositar los residuos generados?	( ) Sí ( ) No Que características presenta
23. ¿Quien proporciona el servicio de recolección y transporte externo?	( ) Empresa subrogada. ( ) ENEP Iztacala. ( ) Mantenimiento. ( ) Otras.
Seguridad del Personal	
24. ¿Conoce la normatividad vigente en cuanto al manejo de Residuos Infecciosos.	( ) Sí ( ) No
25. ¿Que tipo de protección personal utilizan las personas encargadas de realizar la limpieza?	( ) guantes. ( ) tapabocas. ( ) bata. ( ) ninguno. ( ) Otros:
26. ¿Que ocurre cuando faltan las personas del aseo?	( ) son remplazadas por otras. ( ) el trabajo no se realiza.
27. ¿El servicio de aseo es?	( ) bueno. ( ) regular. ( ) malo.
28. ¿En caso de emergencia, existe un Manual de Seguridad?	( ) Sí ( ) No
29. ¿Existen cursos de capacitación para el personal que tiene contacto con los residuos infecciosos?	( ) Sí ( ) No Conque frecuencia son impartidos

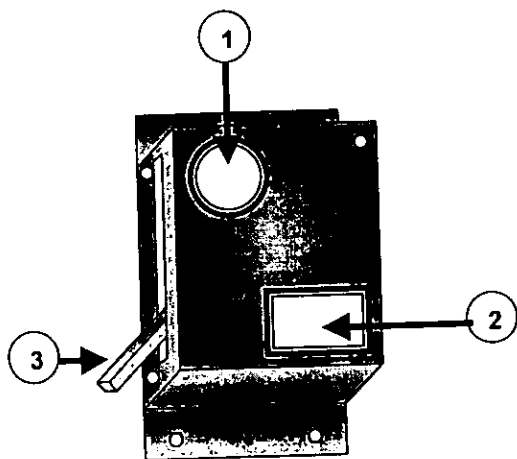
(Centro Interamericano de Seguridad Social, 1998)

## ANEXO 7

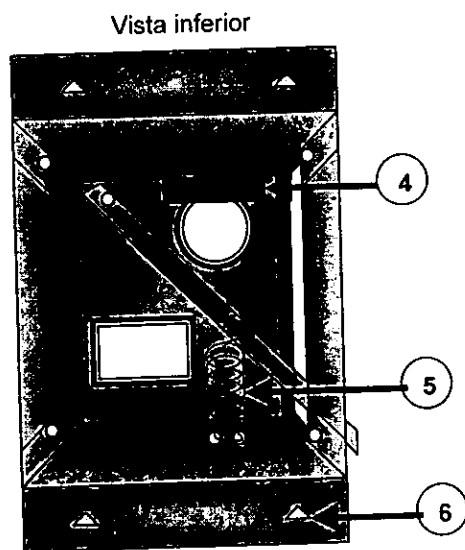
Diseño del separador de residuos peligrosos biológico infecciosos  
punzocortantes metálicos



Vista lateral



Vista superior



1. Entrada para la separación de agujas
2. Entrada para la depositación de los demás residuos punzocortantes
3. Palanca de separación
4. Tope de separación
5. Resorte de la palanca
6. Dientes para sujetar el dispositivo en el contenedor



## BIBLIOGRAFIA

- BUENO, J.; ALEXANDER, H.; MAZARI, M., (1997). LOS RESIDUOS PELIGROSOS Y SU IMPACTO EN LOS ECOSISTEMAS. PONCIANO, R.G.; RIVERO, S.O.; GONZÁLEZ, S.M. (Edc.); Los residuos peligrosos en México. PUMA, UNAM, México, pp 43-53.
- CECIELSKI, C.A., (1990). WHWN A HOUSE OFFICE GETS AIDS. Journal Medical, Vol 322: 1156, N. England.
- CENTRO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD SOCIAL, (1998). GUÍA DE OBSERVACIÓN DE SALUD Y SEGURIDAD. Manual del curso, "Manejo Integral de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos", PUMA, UNAM, México.
- CANTANHEDE, Alvaro; MONGE, Gladys; TELLO, Pilar; Wharwood, Gina, (1994). GUIA PARA EL MANEJO INTERNO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CENTROS DE ATENCIÓN DE SALUD. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS); Peru. pp34-36.
- CANTANHEDE, Alvaro; MONGE, Gladys; TELLO, Pilar; Wharwood, Gina, (1994). MANUAL PARA EL MANEJO DE DESECHOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS); Peru, pp 36-39.
- CORONA, Cantú Cristina, (1996). MANEJO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS. México, pp 1-8.
- CORTÉS, Caballar Fidel, (1996). MARCO REGULATORIO DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS EN MÉXICO. Memoria Segundo Coloquio Binacional México Japón Sobre Gestión Ambiental: Residuos Peligrosos, Instituto Nacional De Ecología, Agenda de Cooperación Internacional del Japón, Centro Nacional de Investigación y Capacitación. SEMARNAP, México, pp 89-92.



- CORTINAS, Nava Cristina, (1996). LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO. Residuos Peligrosos, Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM, México.
- CORTINAS, Nava Cristina, (1997). LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO. Residuos Peligrosos, PUMA, UNAM, México, pp 177-195.
- CUADRI, G., (1994). REFLEXIONES PARA UNA POLÍTICA DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO. Retos de la Ecología en México. Porrúa; México.
- DÁVILA, Villareal A., (1993). Ponencia "TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES", Facultad de ingeniería, UNAM; México, 233-257.
- DELFÍN, Alcalá Y., (1996) MANUAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS. UNAM ENEP Iztacala; México.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, (1993). NOM-052-ECOL-93, viernes 22 de octubre de 1993.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, (1995). NOM-087-ECOL-95, viernes 7 de noviembre de 1995.
- EL INFORMADOR, (1996). EL TIRADERO DE MATATLAN REPRESENTA UN GRAVE PELIGRO PARA LOS TAPATIOS. Octubre 5, Guadalajara, Jalisco, México.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), (1989). REGLAMENTO DE LA EPA SOBRE RESIDUOS HOSPITALARIOS. Estados Unidos Americanos, pp 352-390.
- EXCÉLSIOR, (1997). ARROJAN A TIRADEROS DESECHOS HOSPITALARIOS TÓXICOS Y CONTAMINANTES. México D.F. 29 de julio.



- FERNÁNDEZ, Bremauntz Adrián, (1996). INSTRUMENTOS PARA CARACTERIZAR LOS RESIDUOS GENERADOS EN HOSPITALES DE SGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO. Memoria Primer Simposio Nacional Sobre Residuos Peligrosos, PUMA, UNAM, México, pp 54-70.
- FLORES, Torres Angélica, (1996). TRATAMIENTO DE CADÁVERES DE ANIMALES (principalmente ratas) GENERADOS EN LABORATORIOS. DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DESECACIÓN CON CAL. Memoria Primer Simposio Nacional Sobre Residuos Peligrosos, PUMA, UNAM, México
- FROBISHER; HINS DILL, GRABTREE; GOODHEART, (1974). FUNDAMENTALS OF MICROBIOLOGY. Ed. Saunders, 9 de.; EUA.
- GOBIERNO DE MÉXICO, (1995). CÓDIGO PENAL PARA EL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA DE FUERO COMÚN, Y PARA TODA LA REPÚBLICA EN MATERIA DE FUERO FEDERAL., México.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, (1998). LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL ESTADO DE MÉXICO. México
- GRISHAW, (1996). J.W., HEALTH ASPECTS OF THE DISPOSAL OF WASTE CHEMICALS, Pergamon Press, Nueva York, EUA.
- GUZMÁN, R. R., (1996). ANTEPROYECTO DE UN ESTUDIO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN UN HOSPITAL. Programa de Salud para los Trabajadores (PROSAT). México.
- HUEBER, Dietrich, (1992). MANEJO DE DESECHOS HOSPITALARIOS EN VENEZUELA. Organización Panamericana de la Salud. Caracas, Venezuela.
- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL, (1995). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO Y CONTROL DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, TÓXICO PELIGROSOS COMÚNES Y RECICLABLES. IMSS, Archivo Histórico, México, pp 136.



- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE), (1996). PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS. Gaceta Ecológica, No 35; México.
- JAGGER, J., HUNT, E.H., (1990). ESTIMATED COST OF NEEDLESTICK INJURIES FOR SIX MAJOR NEEDLE DEVICES. Infect Control Hospital, Epidemiology, 11: 584-588; N. England.
- JAGGER, J., HUNT, E.H., BRAND, E. J., (1988). RATES OF NEEDLE-STICK INJURY CAUSED BY VARIOUS DEVICES IN A UNIVERSITY HOSPITAL. Journal Medical, 319: 284-288; N. England.
- LA JORNADA, (1997). SE ARROJAN A TIRADEROS MUNICIPALES 400 TONELADAS DE DESECHOS HOSPITALARIOS AL MES. México, D.F., 15 de noviembre.
- LARA, G. J., (1998). PREPARACIÓN DE EMERGENCIAS POR MATERIALES PELIGROSOS. Manual del curso. Manejo Integral de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos, UNAM, México.
- LEHOVEC, Guarrero Ana Rosa, (1996). PROCEDIMIENTOS BÁSICOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO- INFECCIOSOS EN HOSPITALES DEL I.S.S.S.T.E. UNAM, ENEP Zaragoza, Tesis de Licenciatura; México, pp1-85.
- MONREAL, Julio, (1991). CONSIDERACIONES SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS DE HOSPITALES EN AMÉRICA LATINA. Programa de Salud Ambiental OPS / OMS, México, pp 29.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (1991). PUBLIC HEALTH AND HAZARDOUS WASTES. National Academy Press, EUA, Washington.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, (1996). PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES HOSPITALARIAS. Manuales Operativos Paltex, Vol. I al IV, México, pp 144.



- OSTROSKY, P.; RODRÍGUEZ, R.; GUTIÉRREZ, H., (1997). EFECTOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SOBRE LA SALUD. PONCIANO, R.G.; RIVERO, S.O.; GONZÁLEZ, S.M. (Edc.); Los residuos peligrosos en México. PUMA, UNAM, México, pp 55-78.
- PELCAZAR, J. Michel; ROGER, D. Reid, (1977). MICROBIOLOGÍA. Mc Graw Hill; México
- PONCIANO, R.G. (1998) MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS. Manual del curso, PUMA, UNAM, México.
- PONCIANO, R.G., (1997). SITUACIÓN ACTUAL DE MÉXICO. PONCIANO, R.G.; RIVERO, S.O.; GONZÁLEZ, S.M. (Edc.); Los residuos peligrosos en México. PUMA, UNAM, México, pp 11-47.
- QUIMICOS INDUSTRIALES PEÑOLES, (1995). NEUTRALIZANTE DE EFLUENTES ÁCIDOS. Industriales Peñoles, México.
- SANCHO, Cervera Jaime; ROSILES, Castro Gustavo, (1988). SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO. Rev. Federalismo y Desarrollo; abril-mayo-junio, Banobras; México.
- SECRETARIA DE SALUD, (1994). MANUAL TÉCNICO PARA EL CONTROL Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS EN UNIDADES MÉDICAS DE PRIMER, SEGUNDO Y TERCER NIVEL. Programa nacional de Salud 1989 - 1994, Vol 2, México.
- SECRETARIA DE SALUD, (1997). REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD. Ed. Porrúa, Tomos I y II, México.
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA, (1996). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE. SEMARNAP, México.
- SECRETARIA DEL TRABAJO, (1995). LEY GENERAL DE TRABAJO. México.
- SEEF, (1978). L.B., Wright EC, Zimmerman Hj. ETAL: TYPE B HEPATITIS AFTER NEEDLESTICK EXPOSURE: PREVENTION WITH HEPATITIS B IMMUNE GLOBULIN. *Intern med.*; 239:68.





- SHEPPARD, T. Powel, (1992). MANUAL DE AGUAS PARA USOS INDUSTRIALES. Vol. I y IV. Ed. Noriega Editores, México.
- TCHOBANOGLOUS, George, (1994). GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Mc Graw Hill, Vol. I y II, Madrid España, pp 1087.
- TEOREMA, (1996). DESECHOS HOSPITALARIOS, SURGIMIENTO DE UN MERCADO. Revista Teorema, sep/Nov, No 10; México, D.F.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO, (1991). REGLAMENTO DE LA COMISIÓN MIXTA DE HIGIENE Y SEGURIDAD. Gaceta UNAM, México.
- VEGA, S., (1985). CINÉTICA Y EFECTO DE LOS CONTAMINANTES TÓXICOS EN EL AMBIENTE. Toxicología Y. Evaluación epidemiológica causados por agentes químicos ambientales. Metepec, Edo. de Méx., Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, ECO/OPS.
- WITOLD, Kopytynski, (1996). DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SAS - Y. Buenos Aires, Argentina.